

**ПРОГРАММА РАЗРАБОТЧИКОВ ЕГЭ**

**ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ**

**«ФИПИ»**

**32**  
ВАРИАНТА

**Е. В. Лукашева, Н. И. Чистякова**

**ФИЗИКА**

**ЕГЭ**

**ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ  
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ  
ЗАДАНИЙ**

- **ПОДРОБНЫЙ РАЗБОР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ОДНОГО ВАРИАНТА**
- Инструкция по выполнению экзаменационной работы
- Бланки ответов
- Критерии оценивания
- Ответы и решения



**Издательство  
ЭКЗАМЕН®**

Е. В. Лукашева, Н. И. Чистякова

# ФИЗИКА

**ЕДИНЫЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН**

**ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ  
ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ЗАДАНИЙ**

**ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ ОЦЕНКУ  
ФГБНУ «ФИПИ»**

*32 варианта заданий  
Подробный разбор выполнения  
заданий одного варианта  
Инструкция по выполнению  
экзаменационной работы  
Бланки ответов  
Критерии оценивания  
Ответы и решения*

*Издательство  
«ЭКЗАМЕН»*

МОСКВА  
2020

УДК 372.8:53  
ББК 74.262.22  
Л84

Имена авторов, название и содержание произведений используются в данной книге в учебных целях в объёме, оправданном целью цитирования (ст. 1274 п. 1 части четвёртой Гражданского кодекса Российской Федерации).

**Лукашева Е. В.**

Л84 ЕГЭ 2020. Физика. 32 варианта. Типовые варианты экзаменационных заданий / Е. В. Лукашева, Н. И. Чистякова. — М. : Издательство «Экзамен», 2020. — 350, [2] с.

ISBN 978-5-377-14943-9

Пособие содержит 32 типовых варианта экзаменационных заданий Единого государственного экзамена по физике.

Назначение пособия — предоставить возможность обучающимся отработать навыки выполнения заданий, аналогичных заданиям, предоставленным в демонстрационной версии ЕГЭ по физике.

Пособие адресовано учителям для подготовки учащихся к Единому государственному экзамену, а учащимся-старшеклассникам — для самоподготовки и самоконтроля.

Приказом № 699 Министерства образования и науки Российской Федерации учебные пособия издательства «Экзамен» допущены к использованию в общеобразовательных организациях.

**УДК 372.8:53**  
**ББК 74.262.22**

---

Формат 60×90/8. Гарнитура «Школьная».

Печать офсетная. Бумага типографская.

Уч.-изд. л. 18,62. Усл. печ. л. 44. Тираж 15 000 экз. Заказ №638.

---

ISBN 978-5-377-14943-9

© Лукашева Е. В., Чистякова Н. И., 2020  
© Издательство «**ЭКЗАМЕН**», 2020

# СОДЕРЖАНИЕ

Инструкция по выполнению работы.....	4
Вариант 1 .....	9
Вариант 2 .....	17
Вариант 3 .....	25
Вариант 4 .....	33
Вариант 5 .....	42
Вариант 6 .....	50
Вариант 7 .....	59
Вариант 8 .....	67
Вариант 9 .....	75
Вариант 10.....	83
Вариант 11.....	91
Вариант 12.....	99
Вариант 13.....	107
Вариант 14.....	115
Вариант 15.....	123
Вариант 16.....	131
Вариант 17.....	139
Вариант 18.....	147
Вариант 19.....	156
Вариант 20.....	165
Вариант 21.....	174
Вариант 22.....	183
Вариант 23.....	192
Вариант 24.....	201
Вариант 25.....	209
Вариант 26.....	217
Вариант 27.....	225
Вариант 28.....	233
Вариант 29.....	242
Вариант 30.....	251
Вариант 31.....	260
Вариант 32.....	269
Система оценивания экзаменационной работы по физике на примере варианта 7 (разбор решений) .....	277
Ответы.....	296

# ИНСТРУКЦИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ<sup>1</sup>

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ

Бланк

Ответ: -2,5 м/с<sup>2</sup>.

-	2	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ

Бланк

Ответ: 

А	Б
4	1

4	1																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенному ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ

Бланк

Ответ: ВПРАВО.

В	П	Р	А	В	О														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведенным ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Бланк

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

3	8	9	4																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ:  $(1,4 \pm 0,2) \text{ Н}$ .

1	,	4	0	,	2														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими черными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

**Желаем успеха!**

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

<sup>1</sup> Использованы материалы сайта <http://www.fipi.ru>

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

#### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м} / \text{с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

#### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150\,000\,000 \text{ км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

#### Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Астрономические величины**

средний радиус Земли

$$R_{\oplus} = 6370 \text{ км}$$

радиус Солнца

$$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8 \text{ м}$$

температура поверхности Солнца

$$T = 6000 \text{ К}$$

**Плотность**

		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

**Удельная теплоемкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	$2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

**Удельная теплота**

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг

**Нормальные условия**давление  $10^5$  Па, температура 0 °С**Молярная масса**

азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль



Единый государственный экзамен - 2020

# Бланк ответов № 1

Код региона

Код предмета

Название предмета

С порядком проведения  
единого государственного экзамена (см. приложение 2).  
Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

Резерв - 4



Заполнять гелевой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ и ЦИФРАМИ по следующим образцам:

А Б В Г Д Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ь Ы Э Ю Я  
А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z , -  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 А А А О О Е Е Е Е I I U Y P C

**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

1	<input type="text"/>	21	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	22	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	23	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	24	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	25	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	26	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	27	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	28	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	29	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	30	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	31	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>	32	<input type="text"/>
13	<input type="text"/>	33	<input type="text"/>
14	<input type="text"/>	34	<input type="text"/>
15	<input type="text"/>	35	<input type="text"/>
16	<input type="text"/>	36	<input type="text"/>
17	<input type="text"/>	37	<input type="text"/>
18	<input type="text"/>	38	<input type="text"/>
19	<input type="text"/>	39	<input type="text"/>
20	<input type="text"/>	40	<input type="text"/>

Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

<input type="text"/> - <input type="text"/>	<input type="text"/> - <input type="text"/>
<input type="text"/> - <input type="text"/>	<input type="text"/> - <input type="text"/>
<input type="text"/> - <input type="text"/>	<input type="text"/> - <input type="text"/>

Заполняется ответственным организатором в аудитории:

Количество заполненных полей «Замена ошибочных ответов»

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка





Единый государственный экзамен - 2020

# Бланк ответов № 2 лист 1

Код региона  
□□

Код предмета  
□□

Название предмета  
□□□

Резерв - 5 □□□□□□

Бланк ответов № 2  
(лист 2)

□□□□□□□□□□□□□□□□

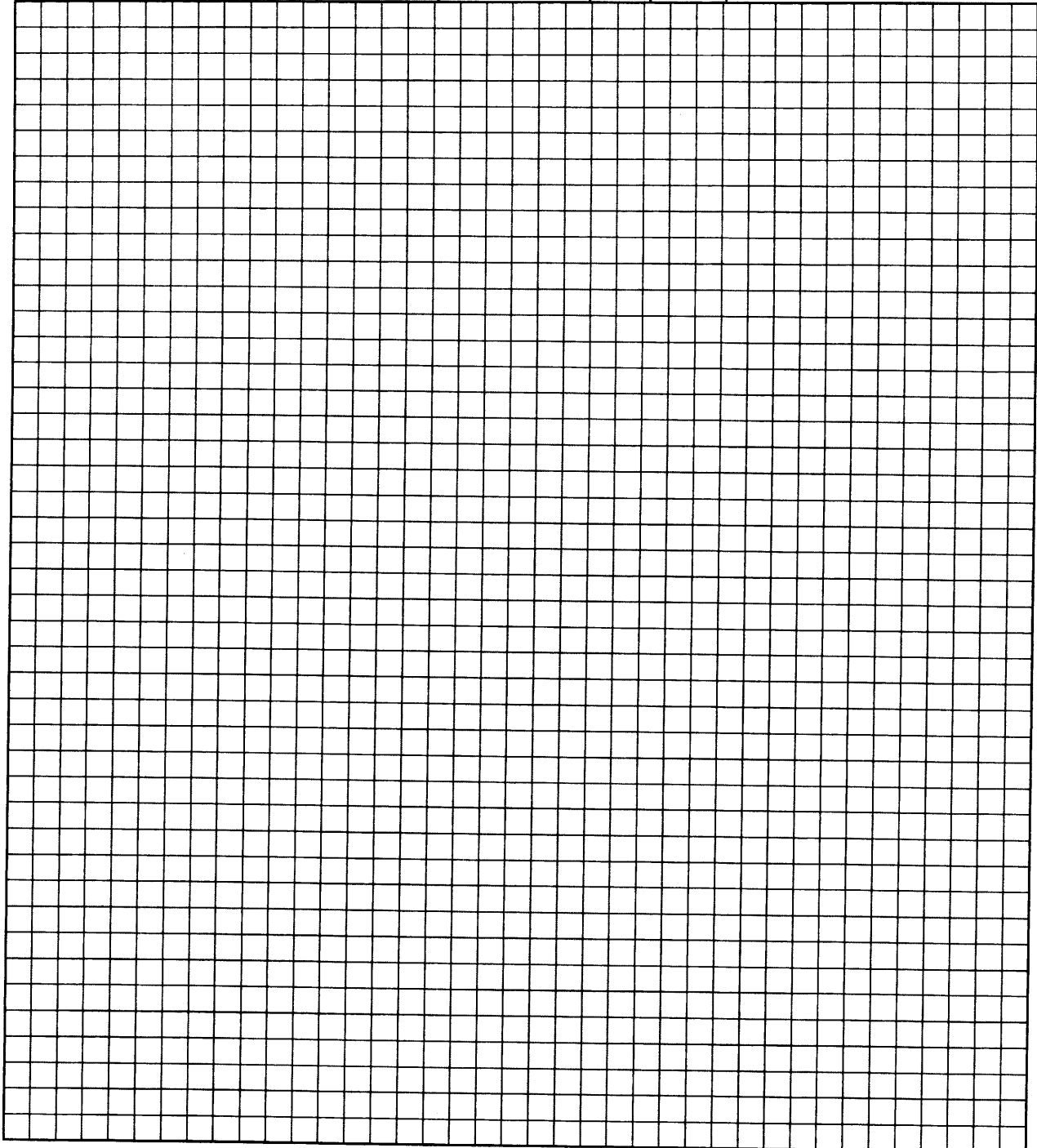
Лист □□□



Перепишите значения полей "Код региона", "Код предмета", "Название предмета" из БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.  
Отвечая на задания с РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.  
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете, например, 31.  
Условия задания переписывать не нужно.



**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте



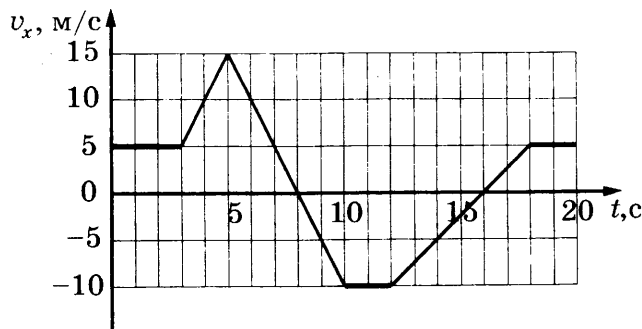
Оборотная сторона бланка НЕ ЗАПОЛНЯЕТСЯ. Используйте бланк ответов № 2 (лист 2).

# ВАРИАНТ 1

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна  $a_x$  проекция ускорения тела на ось  $Ox$  в интервале времени от 5 до 10 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Определите силу, под действием которой пружина жесткостью 200 Н/м удлинится на 5 см.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

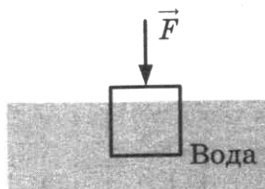
3. Шарик массой 150 г начинает падать с высоты 20 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Скорость звука в воздухе 330 м/с. Длина звуковой волны 0,33 м. Какова частота колебаний источника звука?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5. В таблице приведены результаты опытов по определению модуля силы  $\vec{F}$ , с которой нужно вертикально вниз действовать на деревянный кубик с ребром 10 см, для того чтобы погрузить его в воду. Перед началом опытов кубик плавал в воде. Погрешность измерения силы составила 0,1 Н. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице. Считать, что в каждом из опытов кубик покоился.



№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль силы, $F$ , Н	0,2	0,8	1,8	3,0	4,0	5,0	6,0	6,0

- 1) В опыте № 6 сила Архимеда, действующая на кубик, меньше, чем в опыте № 2.
- 2) В опыте № 8 кубик погружен в воду полностью.
- 3) Масса кубика равна 0,6 кг.
- 4) В опыте № 4 кубик погружен в воду на половину своего объема.
- 5) Плотность кубика равна  $400 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ: 

--	--

6. Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как изменятся с набором высоты модуль ускорения камня и горизонтальная составляющая его скорости?

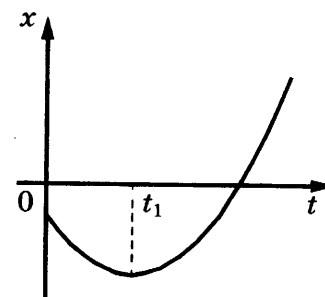
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

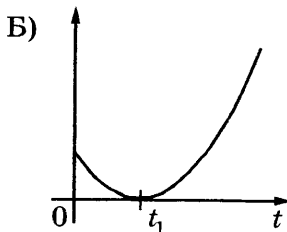
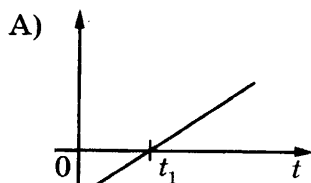
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения камня	Горизонтальная составляющая скорости камня

7. На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А) и Б) представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) модуль импульса тела
- 2) проекция скорости тела на ось  $Ox$
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) модуль ускорения тела

Ответ: 

А	Б

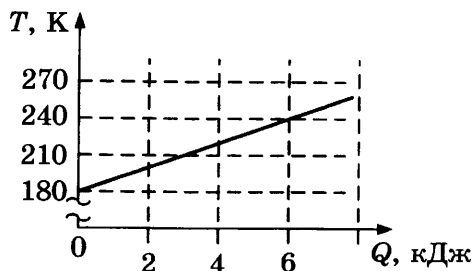
8. Разреженный углекислый газ изобарно сжимается. Масса газа постоянна. Во сколько раз нужно уменьшить абсолютную температуру газа, чтобы его объем уменьшился в 4 раза?

Ответ: уменьшить в \_\_\_\_\_ раз (раза).

9. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 60%. Какой будет относительная влажность, если объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 1,5 раза?

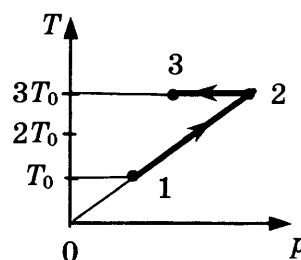
Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. На графике представлена зависимость температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Масса тела 0,2 кг. Чему равна удельная теплоемкость вещества в этом процессе?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

11. Зависимость температуры одного моля одноатомного идеального газа от давления показана на рисунке. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого эксперимента.



- 1) В процессе 1–2 объем газа увеличился в 3 раза.
- 2) В процессе 2–3 газ совершал работу.
- 3) В процессе 2–3 внутренняя энергия газа уменьшалась.
- 4) В процессе 1–2 от газа отводили тепло.
- 5) Концентрация газа в состоянии 1 равна концентрации газа в состоянии 2.

Ответ:

12. Объем сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое, выпустив половину газа и поддерживая температуру газа в сосуде постоянной. Как изменятся в результате этого давление газа в сосуде и его внутренняя энергия?

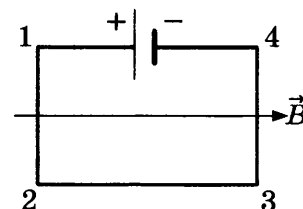
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

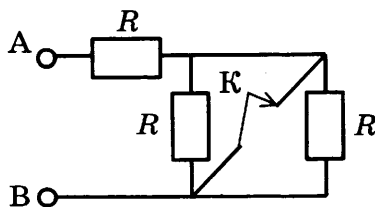
Давление газа	Внутренняя энергия газа

13. Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции которого  $\vec{B}$  направлен горизонтально вправо (см. рисунок). Куда направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 3–4? Ответ запишите словом (словами).



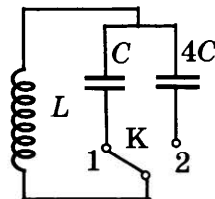
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Определите сопротивление участка цепи АВ, изображенного на рисунке, если ключ К замкнуть. Сопротивление каждого резистора равно 3 Ом.



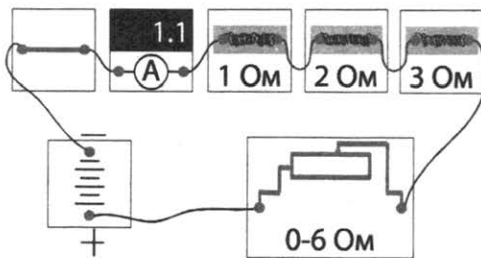
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. В колебательном контуре, показанном на рисунке, период колебаний силы тока равен 2 мкс. Каким будет период колебаний напряжения на конденсаторе, если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

16. На рисунке представлена электрическая цепь. Показания включенного в цепь амперметра даны в амперах. Какие **два** утверждения верно отражают результаты этого опыта? Сопротивления батарейки, ключа и амперметра пренебрежимо малы.



- 1) Если идеальный вольтметр подключить параллельно резистору с сопротивлением 3 Ом, то его показания будут равны 3 В.
- 2) На резисторе с сопротивлением 2 Ом за 1 минуту выделяется 145,2 Дж теплоты.
- 3) При перемещении ползунка реостата вправо показания амперметра увеличиваются.
- 4) При перемещении ползунка реостата влево напряжение на резисторе с сопротивлением 1 Ом увеличивается.
- 5) Общее сопротивление цепи равно 6 Ом, если ползунок реостата находится в крайнем правом положении.

Ответ:

17. Плоский конденсатор с диэлектриком между пластинами подключен к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом энергия конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

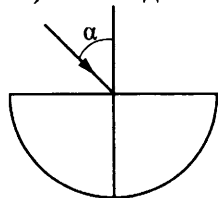
Энергия конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

18. Исследовались возможные способы наблюдения полного внутреннего отражения. В первом из них узкий пучок света шел из воздуха в стекло, во втором — из стекла в воздух. (Показатель преломления стекла в обоих случаях  $n$ .) При каких углах падения возможно наблюдение этого явления?

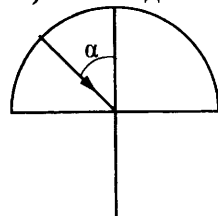
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**СПОСОБ НАБЛЮДЕНИЯ**

А) свет идет из воздуха в стекло



Б) свет идет из стекла в воздух



**УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ**

- 1) наблюдать нельзя ни при каких углах падения
- 2) наблюдается при  $\alpha > \alpha_0$ , где  $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$
- 3) наблюдается при  $\alpha < \alpha_0$ , где  $\sin \alpha_0 = \frac{1}{n}$
- 4) наблюдается при  $\alpha > \alpha_0$ , где  $\sin \alpha_0 = n$

Ответ:

А	Б

19. Сколько протонов и нейтронов содержит частица  $X$ , которая образуется в результате реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + X$ ?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. В образце имеется  $2 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа цезия  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ , имеющего период полураспада 26 лет. Через сколько лет останутся нераспавшимися  $0,25 \cdot 10^{10}$  ядер данного изотопа?

Ответ: через \_\_\_\_\_ лет.

21. Выберите среди приведенных во втором столбце ядерных реакций те, которые являются примерами реакций альфа- и бета-распада.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВИД ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ**

- А) альфа-распад
- Б) бета-распад

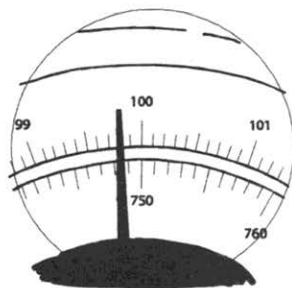
**ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ**

- 1)  ${}^{176}_{77}\text{Ir} \rightarrow {}^{172}_{75}\text{Re} + {}^4_2\text{He}$
- 2)  ${}^{178}_{71}\text{Lu} \rightarrow {}^{178}_{72}\text{Hf} + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}_e$
- 3)  ${}^{238}_{92}\text{U} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{256}_{102}\text{No} + 4 {}^1_0n$
- 4)  ${}^{113}_{48}\text{Cd} + {}^1_0n \rightarrow {}^{114}_{48}\text{Cd} + \gamma$

Ответ:

А	Б

22. В паспорте барометра указано, что погрешность прямого измерения давления не превосходит 3 мм рт. ст. Чему равно давление в комнате согласно показаниям барометра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мм рт. ст.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить сопротивление резистора. Для этого школьник взял батарейку, резистор и соединительные провода. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) реостат
- 2) вольтметр
- 3) конденсатор
- 4) линейка
- 5) амперметр

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую некоторые характеристики планет Солнечной системы. Размеры и параметры орбит даны в сравнении с планетой Земля.

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1,9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Линейная скорость движения по орбите у Сатурна больше, чем у Урана.
- 2) Ускорение свободного падения на Венере составляет примерно  $3,1 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Угловая скорость вращения Марса относительно собственной оси вращения больше, чем у Земли.
- 4) Средняя плотность Венеры почти в 10 раз меньше средней плотности Сатурна.
- 5) Вторая космическая скорость для Нептуна больше, чем для Урана.

Ответ: \_\_\_\_\_.

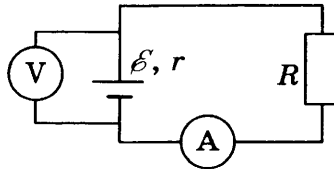


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В цепи, изображенной на рисунке, ЭДС источника 5 В, а его внутреннее сопротивление 2 Ом. Источник нагружен на сопротивление 3 Ом. Какова сила тока в цепи?



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

26. Предмет расположен перпендикулярно главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой 10 дптр. Расстояние от предмета до линзы равно 30 см. Определите расстояние от линзы до изображения предмета.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображенного на рисунке 1. Пролетая сквозь закрепленное проволочное кольцо, стержень создает в нем электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рисунке 2.

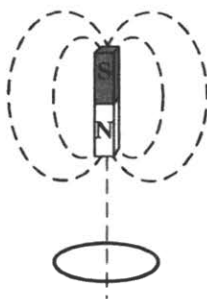


Рис. 1

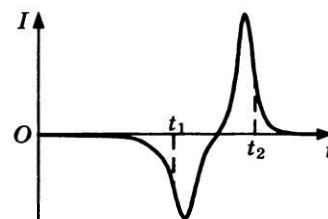


Рис. 2

Почему в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  ток в кольце имеет различные направления? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

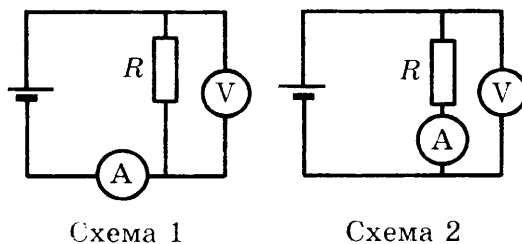


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Столкнулись два одинаковых пластилиновых шарика, причем векторы их скоростей непосредственно перед столкновением были взаимно перпендикулярны и вдвое отличались по модулю:  $v_1 = 2v_2$ . Какой была скорость более быстрого шарика перед абсолютно неупругим столкновением, если после него величина скорости шариков стала равной 1,5 м/с?
29. От груза, неподвижно висящего на невесомой пружине жесткостью  $k = 400$  Н/м, отделился с начальной скоростью, равной нулю, его фрагмент, после чего оставшаяся часть груза поднялась на максимальную высоту  $h = 3$  см относительно первоначального положения. Какова масса  $m$  отделившегося от груза фрагмента?



30. В теплоизолированный сосуд, в котором находится 1 кг льда при температуре  $-20$  °С, налили 0,2 кг воды при температуре  $10$  °С. Определите массу льда в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоемкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.
31. Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (см. рисунок). Сопротивление резистора равно  $R$ , сопротивление амперметра  $\frac{1}{10}R$ , сопротивление вольтметра  $9R$ . Каковы показания вольтметра в первой схеме, если во второй схеме они равны  $U_2$ ? Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.



32. Металлическую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 531$  нм. Каков максимальный импульс фотоэлектронов, если работа выхода электронов из данного металла  $A_{\text{вых}} = 1,73 \cdot 10^{19}$  Дж?



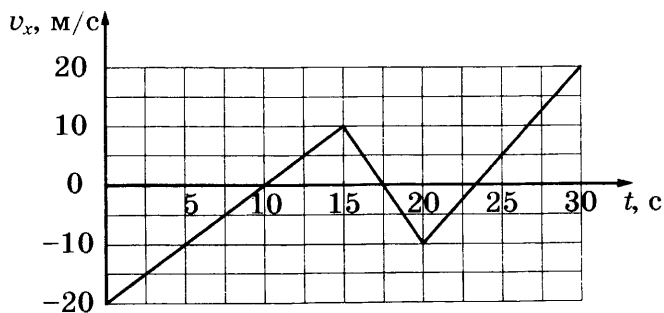
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## ВАРИАНТ 2

### Часть 1

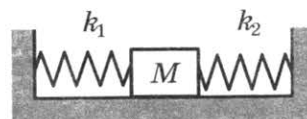
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения тела на ось  $Ox$  в промежутке от 15 до 20 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Жесткость второй пружины  $k_2 = 600$  Н/м. Чему равна жесткость первой пружины  $k_1$ ?

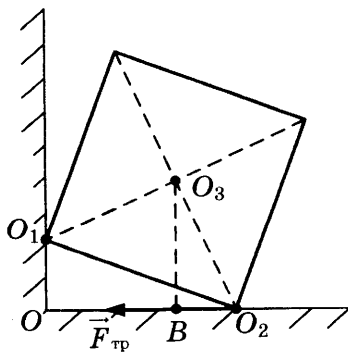


Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

3. Автомобиль с выключенным двигателем проехал 50 м вниз по дороге, проложенной под углом  $30^\circ$  к горизонту. При этом его скорость достигла 30 м/с. Какова начальная скорость автомобиля? Трением пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4. Однородный куб опирается одним ребром на пол, другим — на вертикальную стену (см. рисунок). Чему равен момент силы трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$  относительно оси, проходящей через точку  $O_3$  перпендикулярно плоскости чертежа, если модуль силы трения равен 2 Н,  $O_3B = 4$  см,  $O_2O_3 = 5$  см,  $OO_2 = 6,5$  см?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н · м.

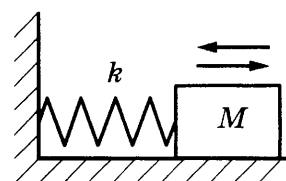
5. Груз массой 0,1 кг подвешен на невесомой нерастяжимой нити длиной 40 см. В результате небольшого толчка груз пришел в движение. В таблице приведена зависимость высоты груза относительно положения равновесия  $h$  от времени  $t$ . На основании данных, приведенных в таблице, выберите **два** верных утверждения о движении груза.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
$h, \text{ см}$	0	12	20	12	0	12	20	12	0

- 1) Максимальный угол отклонения нити от вертикали равен  $60^\circ$ .
- 2) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.
- 3) В промежуток времени от 0 с до 5 с кинетическая энергия груза достигла максимального значения 2 раза.
- 4) В момент 8 с кинетическая энергия груза равна 0.
- 5) Максимальная скорость груза равна 4 м/с.

Ответ:

6. На гладкой горизонтальной плоскости колеблется небольшой брусок, соединенный пружиной с вертикальной стенкой (пружинный маятник). Как изменится амплитуда колебаний бруска и его максимальная кинетическая энергия, если в момент прохождения положения равновесия вертикально сверху положить на первый брусок еще один такой же брусок?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

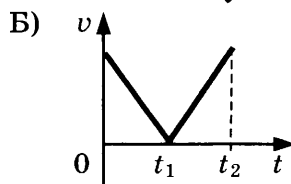
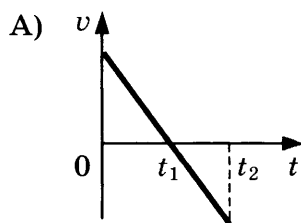
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Амплитуда колебаний	Максимальная кинетическая энергия

7. Графики А) и Б) представляют собой зависимости проекции скорости прямолинейно движущегося тела от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и характеристиками движения каждого тела.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



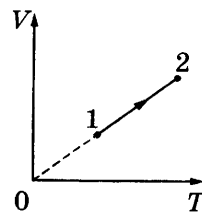
**ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИЖЕНИЯ**

- 1) в промежутке времени от 0 до  $t_2$  тело не меняло направление движения
- 2) в промежутке времени от 0 до  $t_2$  тело не останавливалось
- 3) в промежутке времени от 0 до  $t_2$  ускорение тела было постоянным
- 4) путь, пройденный телом в промежутке времени от 0 до  $t_1$ , меньше, чем в промежутке времени от  $t_1$  до  $t_2$

Ответ: 

А	Б

8. На рисунке приведен график зависимости объема идеального газа постоянной массы от его абсолютной температуры. Давление газа в состоянии 1 равно 50 кПа. Чему равно давление газа в состоянии 2, если его объем увеличился в 2 раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. У теплового двигателя, работающего по циклу Карно, температура нагревателя 500 К, а температура холодильника 300 К. Рабочее тело за один цикл получает от нагревателя 40 кДж теплоты. Какую работу совершает при этом рабочее тело двигателя?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. В процессе эксперимента газ получил от нагревателя количество теплоты, равное 3 кДж. При этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 13 кДж. Какую работу совершил газ в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. В сосуде под поршнем находится вода и водяной пар. Масса воды равна массе пара. Объем сосуда изотермически увеличивают в 3 раза. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Масса пара в сосуде не изменяется.
- 2) В конечном состоянии давление пара в сосуде в три раза меньше первоначального.
- 3) Давление пара сначала было постоянным, а затем стало уменьшаться.
- 4) Плотность пара в начале и в конце опыта одинакова.
- 5) Концентрация пара в сосуде в начале опыта больше, чем в конце опыта.

Ответ:

12. В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень не закреплен и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). В сосуд закачивается еще такое же количество газа при неизменной температуре. Как изменится в результате этого давление газа и концентрация его молекул?



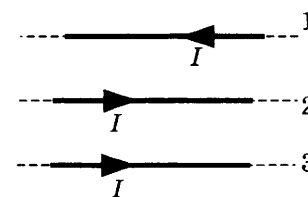
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

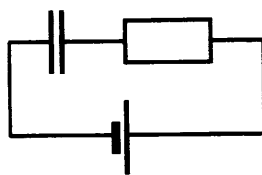
Давление газа	Концентрация молекул газа

13. Как направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на проводник № 2 со стороны двух других (см. рисунок), если все проводники — тонкие, длинные, прямые, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу и расстояния между соседними проводниками одинаковы? ( $I$  — сила тока). Ответ запишите словом (словами).



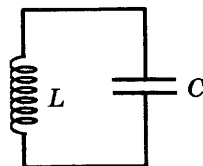
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Чему равен заряд конденсатора в схеме, представленной на рисунке, если ЭДС батарейки равна  $\mathcal{E} = 8$  В, сопротивление резистора  $R = 5$  Ом, емкость конденсатора  $C = 20$  мкФ?



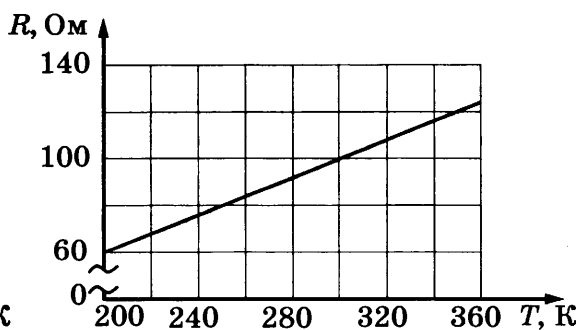
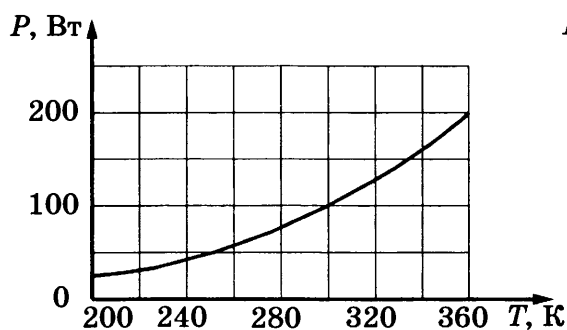
Ответ: \_\_\_\_\_ мкКл.

15. В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 5$  В,  $\omega = 2000\pi$  с<sup>-1</sup>. Определите период колебаний напряжения.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

16. На рисунке изображены графики зависимости мощности лампы накаливания  $P = P(T)$  и сопротивления ее спирали  $R = R(T)$  от температуры. Выберите **два** верных утверждения, которые можно сделать, анализируя эти графики



- 1) Напряжение на спирали лампы при подводимой мощности  $P = 200$  Вт меньше 150 В.
- 2) Сопротивление спирали лампы при подводимой мощности  $P = 100$  Вт равно 80 Ом.
- 3) С уменьшением мощности, подводимой к лампе, напряжение на ней падает.
- 4) Напряжение на лампе возрастает пропорционально подводимой к ней мощности.
- 5) Напряжение на спирали лампы при подводимой мощности  $P = 100$  Вт равно 100 В.

Ответ:

17. Неразветвленная электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключенного к его выводам внешнего резистора. Как изменятся при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	ЭДС источника

18. Установите соответствие между формулами для расчета физических величин в цепях постоянного тока и названиями этих величин. В формулах использованы обозначения:  $W$  — мощность тока в резисторе;  $I$  — сила тока;  $U$  — напряжение на резисторе. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Противоположением контура пренебречь.

**ФОРМУЛЫ**

А)  $\frac{W}{U}$

Б)  $IU$

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

1) сила тока через резистор

2) напряжение на резисторе

3) мощность тока в резисторе

4) сопротивление резистора

Ответ:

А	Б

19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов, нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространенность изотопа в природе.

2	II	Li 3 литий 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7</sub>	Be 4 бериллий 9 <sub>100</sub>	5 B бор 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na 11 натрий 23 <sub>100</sub>	Mg 12 магний 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13 Al алюминий 27 <sub>100</sub>
4	IV	K 19 калий 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	Ca 20 кальций 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	Sc 21 скандий 45 <sub>100</sub>
	V	29 Cu медь 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 Zn цинк 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31 Ga галлий 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

Чему равно число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного изотопа меди?

Ответ:

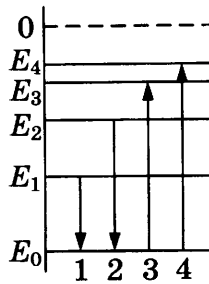
Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Два источника излучают пучки монохроматического света с длинами волн  $\lambda_1 = 500$  нм и  $\lambda_2 = 800$  нм. Чему равно отношение энергий фотонов в этих пучках  $\frac{E_1}{E_2}$  ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

21. На рисунке изображена упрощенная диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какой из этих четырех переходов связан с поглощением света наибольшей длины волны, а какой — с излучением света наибольшей частоты?



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

А) поглощение света наибольшей длины волны

Б) излучение света наибольшей частоты

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

1) 1

2) 2

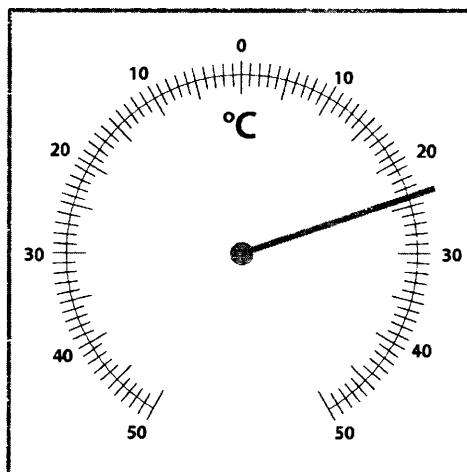
3) 3

4) 4

Ответ:

А	Б

22. Чему равна температура в комнате, согласно показаниям комнатного термометра, если погрешность измерения температуры равна цене деления термометра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить коэффициент жесткости пружины. Для этого школьник взял штатив с закрепленной на нем пружиной. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

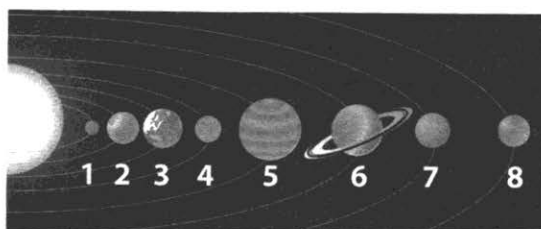
- 1) реостат
- 2) магнит
- 3) батарейка
- 4) линейка
- 5) динамометр

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ: 

--	--

24. На рисунке приведено схематическое изображение Солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений *все* верные и укажите их номера.



- 1) Планетой 2 является Венера.
- 2) Планета 5 относится к планетам земной группы.
- 3) Планета 3 имеет 1 спутник.
- 4) Планета 5 не имеет спутников.
- 5) Атмосфера планеты 1 состоит в основном из углекислого газа.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

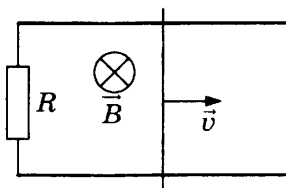
## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде с жесткими стенками объемом  $0,6 \text{ м}^3$ . При нагревании его внутренняя энергия увеличилась на  $18 \text{ кДж}$ . На сколько возросло давление газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

26. Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надежный контакт с ними. Известны величины: индукция магнитного поля  $B = 0,1 \text{ Тл}$ , расстояние между рельсами  $l = 10 \text{ см}$ , скорость движения перемычки  $v = 2 \text{ м/с}$ , сопротивление контура  $R = 2 \text{ Ом}$ . Какова сила индукционного тока в контуре?



Ответ: \_\_\_\_\_ А.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.



27. В опыте по изучению фотоэффекта катод освещается желтым светом, в результате чего в цепи возникает ток (рис. 1). Зависимость показаний амперметра  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведена на рис. 2. Используя законы фотоэффекта и предполагая, что отношение числа фотоэлектронов к числу поглощенных фотонов не зависит от частоты света, объясните, как изменится представленная зависимость  $I(U)$ , если освещать катод зеленым светом, оставив мощность поглощенного катодом света неизменной.

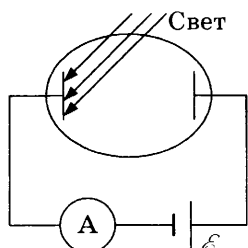


Рис. 1

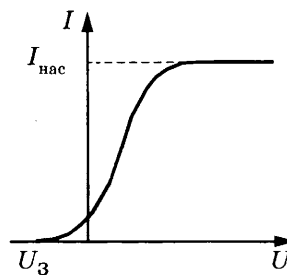
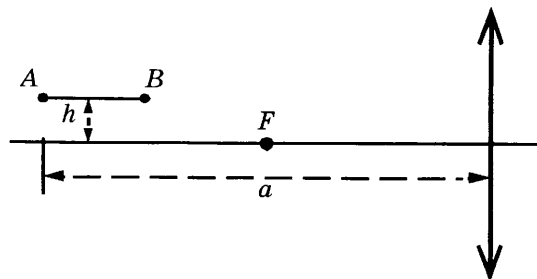
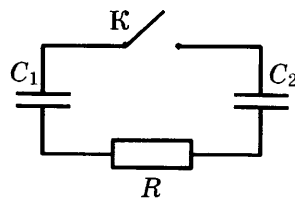


Рис. 2

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. За 2 с прямолинейного движения с постоянным ускорением тело прошло 20 м, не меняя направления движения и уменьшив свою скорость в 3 раза. Чему равна начальная скорость тела на этом интервале?
29. Средняя плотность планеты Плук равна средней плотности Земли, а первая космическая скорость для Плюка в 2 раза больше, чем для Земли. Чему равно отношение периода обращения спутника, движущегося вокруг Плюка по низкой круговой орбите, к периоду обращения аналогичного спутника Земли? Объем шара пропорционален кубу радиуса ( $V \sim R^3$ ).
30. Воздушный шар объемом  $2500 \text{ м}^3$  с массой оболочки 400 кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой до температуры  $77^\circ \text{C}$ . Какой должна быть максимальная температура окружающего воздуха плотностью  $1,2 \text{ кг/м}^3$ , чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзина и воздухоплаватель) массой 200 кг? Оболочку шара считать нерастяжимой.
31. Конденсатор  $C_1 = 1 \text{ мкФ}$  заряжен до напряжения  $U = 300 \text{ В}$  и включен в последовательную цепь из резистора  $R = 300 \text{ Ом}$ , незаряженного конденсатора  $C_2 = 2 \text{ мкФ}$  и разомкнутого ключа  $K$  (см. рисунок). Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?
32. Тонкая палочка  $AB$  длиной  $l = 10 \text{ см}$  расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии  $h = 15 \text{ см}$  от нее (см. рисунок). Конец  $A$  палочки располагается на расстоянии  $a = 40 \text{ см}$  от линзы. Постройте изображение палочки в линзе и определите его длину  $L$ . Фокусное расстояние линзы  $F = 20 \text{ см}$ .



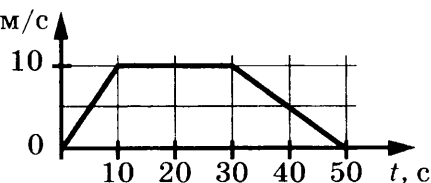
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## ВАРИАНТ 3

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости модуля  $v$ , м/с скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Определите путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2. В инерциальной системе отсчета сила  $F$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $4,5 \text{ м/с}^2$ . Чему равно ускорение тела массой  $2m$  под действием силы  $\frac{1}{3}F$  в этой системе отсчета?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\text{м/с}^2$ .

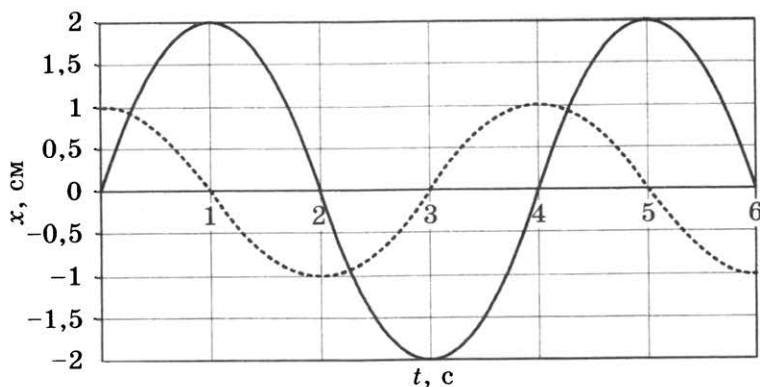
3. Самосвал массой  $m_0$  при движении на пути к карьере имеет кинетическую энергию  $250 \text{ кДж}$ . Какова его кинетическая энергия после загрузки, если он двигался с прежней скоростью, а масса его увеличилась в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

4. Человек массой  $80 \text{ кг}$  с сумкой весом  $100 \text{ Н}$  стоит неподвижно на полу. Сила давления подошв его ботинок на пол равномерно распределена по площади  $600 \text{ см}^2$ . Какое давление человек оказывает на пол?

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

5. На рисунке приведены зависимости от времени координат двух колеблющихся тел 1 и 2, прикрепленных к одинаковым пружинам. Сплошной линией изображены колебания груза  $m_1$ , пунктиром — тела  $m_2$ . Выберите **два** верных утверждения о движении тел.



- 1) Период колебаний тела 1 в два раза меньше периода колебаний тела 2.
- 2) Амплитуда колебаний тела 1 в два раза больше амплитуды колебаний тела 2.
- 3) Масса тела 1 в два раза больше массы тела 2 ( $m_1 = 2m_2$ ).
- 4) Максимальная скорость груза 1 в два раза больше, чем максимальная скорость груза 2.
- 5) Максимальные потенциальные энергии пружин одинаковы.

Ответ:

6. Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина все время остается растянутой. Как изменяются потенциальная энергия пружины и кинетическая энергия груза, когда груз движется вниз от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза

7. На гладкой горизонтальной плоскости покоится небольшое тело массой  $m$ . На него налетает тело массой  $2m$ , движущееся со скоростью  $v$ . Определите кинетическую энергию тела массой  $m$  и изменение модуля скорости тела массой  $2m$  в результате абсолютно неупругого столкновения тел.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) кинетическая энергия тела массой  $m$
- Б) изменение модуля скорости тела массой  $2m$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{1}{3}v$
- 2)  $\frac{2}{3}v$
- 3)  $\frac{2}{9}mv^2$
- 4)  $\frac{1}{4}mv^2$

Ответ:

А	Б

8. В результате охлаждения и расширения идеального одноатомного газа постоянной массы его давление уменьшилось в 4 раза, а концентрация его молекул уменьшилась в 2 раза. Во сколько раз при этом уменьшилась температура газа?

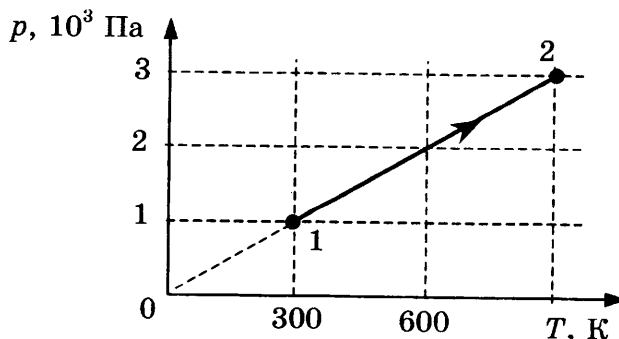
Ответ: уменьшилась в \_\_\_\_\_ раз (раза).

9. В сосуде находится воздух с относительной влажностью 40% при температуре 100 °С. Чему равно парциальное давление водяного пара в сосуде?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

10. На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. В этом процессе газ получил количество теплоты, равное 3 кДж. На сколько в результате этого увеличилась его внутренняя энергия?

Ответ: увеличилась на \_\_\_\_\_ кДж.



11. В сосуде неизменного объема при комнатной температуре находилась смесь водорода и гелия по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 2 моль водорода. Считая газы идеальными, а их температуру постоянной, выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.

- 1) Парциальное давление водорода уменьшилось.
- 2) Давление смеси газов в сосуде увеличилось.
- 3) Концентрация гелия не изменилась.
- 4) В начале опыта концентрации газов были одинаковые.
- 5) В начале опыта массы газов были одинаковые.

Ответ: 

--	--

12. Аргон помещают в открытый сверху сосуд под легкий подвижный поршень и начинают охлаждать. Давление воздуха, окружающего сосуд, равно  $10^5$  Па. Начальный объем газа 9 л, начальная температура 450 К. Масса газа в сосуде остается неизменной. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими аргон, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры  $T$  газа в условиях данной задачи.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) объем газа  $V(T)$
- Б) внутренняя энергия газа  $U(T)$

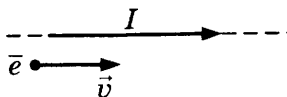
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $dT, d = 3$  Дж/К
- 2)  $\frac{b}{T}, b = 4050 \text{ м}^3 \cdot \text{К}$
- 3)  $aT, a = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{К}$
- 4)  $cT, c = 20$  Дж/К

Ответ: 

А	Б

13. Электрон  $\bar{e}$  имеет горизонтальную скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на электрон сила Лоренца? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

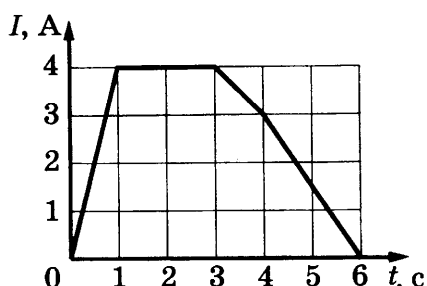
14. Два неподвижных точечных электрических заряда действуют друг на друга с силами 16 нН. Какими станут силы взаимодействия между ними, если, не меняя расстояния между зарядами, увеличить модуль каждого из них в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ нН.

15. Предмет находится на расстоянии 60 см от плоского зеркала. Каково будет расстояние между ним и его изображением, если предмет приблизить к зеркалу на 25 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

16. В катушке индуктивностью 6 мГн сила тока  $I$  зависит от времени  $t$ , как показано на графике. Из приведенного ниже списка выберите **два** правильных утверждения о процессах, происходящих в катушке.



- 1) Скорость изменения тока в катушке была максимальна в интервале времени от 4 до 6 с.
- 2) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, минимален в интервале времени от 3 до 4 с.
- 3) Энергия магнитного поля катушки в интервале времени от 1 до 3 с оставалась равной 12 мДж.
- 4) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, в интервале времени от 4 до 6 с равен 9 мВ.
- 5) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, максимален в интервале времени от 0 до 1 с.

Ответ:

17. Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Как изменятся радиус окружности и частота обращения, если в этом поле будет двигаться с той же скоростью  $\alpha$ -частица?

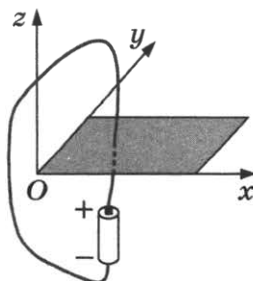
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус окружности	Частота обращения

18. При подключении проводника к полюсам гальванического элемента на поверхности проводника появляются заряды: положительные вблизи положительного полюса, отрицательные вблизи отрицательного полюса — и возникает электрический ток. Заряды на поверхности проводника создают в пространстве электрическое поле, а ток — магнитное поле. Проводник, подключенный к гальваническому элементу, проходит через отверстие в доске.



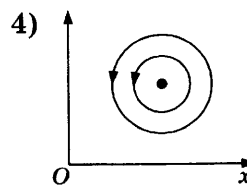
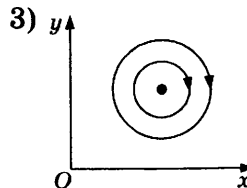
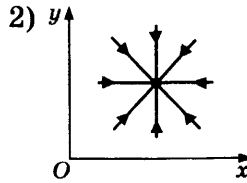
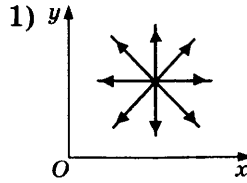
На рисунках 1–4 при помощи силовых линий (линий поля) изображены электрическое и магнитное поля, создаваемые проводником (вид сверху). Установите соответствие между видами поля и рисунками, изображающими силовые линии.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВИДЫ ПОЛЯ**

- А) электрическое поле
- Б) магнитное поле

**ИЗОБРАЖЕНИЯ СИЛОВЫХ ЛИНИЙ**



Ответ:

А	Б

19. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро, появившееся в результате реакции ядра  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  и  $\alpha$ -частицы?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Длина волны красного света в 2 раза больше длины волны фиолетового света. Во сколько раз импульс фотона красного света меньше импульса фотона фиолетового света?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(-а).

21. В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $5,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать ее светом частотой  $3 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем частоту света увеличили в 2 раза, одновременно увеличив в 1,5 раза число фотонов, падающих на пластину за 1 с. Как изменится при этом количество вылетающих из пластины фотоэлектронов и длина световой волны?

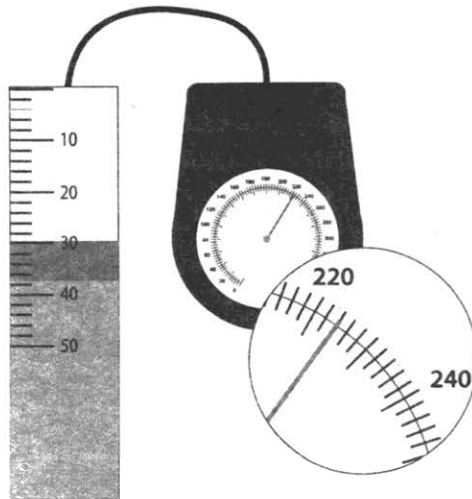
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Количество фотоэлектронов	Длина волны

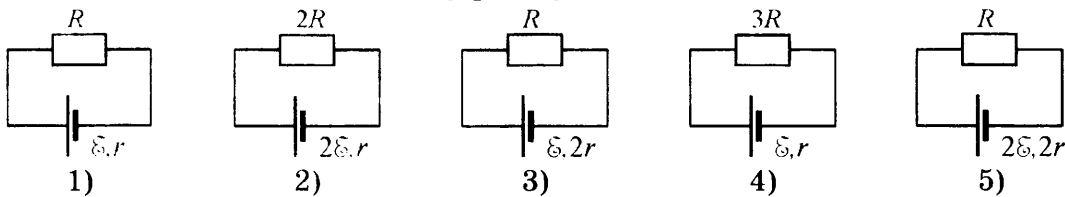
22. Чему равно давление воздуха в баллоне, если погрешность манометра  $\Delta p = 3$  мм рт. ст.?



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) мм рт. ст.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для выполнения лабораторной работы ученику требуется проверить зависимость тепловой мощности, выделяющейся на резисторе, от его сопротивления. В распоряжении ученика имеются 5 установок, показанных на рисунке. Какие из установок нужно использовать для того, чтобы выполнить эту работу?



В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альдебаран	3500	5	45	68
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Вега	10 600	3	3	27
Капелла	5200	3	2,5	45
Кастор	10 400	3	2,5	45
Процион	6900	1,5	2	11
Спика	16 800	15	7	160

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезда Спика относится к звездам спектрального класса F.
- 2) «Жизненный цикл» звезды Капелла более длинный, чем звезды Кастор.
- 3) Звезды Кастор и Капелла находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 4) Звезды Вега и Кастор имеют примерно одинаковую температуру и массу, следовательно, будет одинаковой и их видимая звездная величина.
- 5) Температура поверхности и радиус Альдебарана говорят о том, что эта звезда относится к гигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. При изобарном нагревании газообразный гелий получил количество теплоты 100 Дж. Какое изменение внутренней энергии гелия? Масса гелия в данном процессе не менялась.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

26. Чему равна сила Ампера, действующая на стальной прямой проводник с током длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $2 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$ , если напряжение на нем 2,4 В, а модуль вектора магнитной индукции 1 Тл? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали  $0,12 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

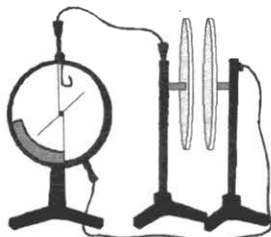
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

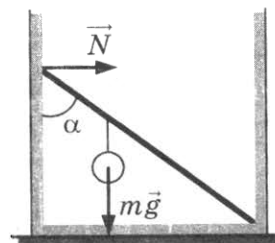
27. Две плоские пластины конденсатора, закрепленные на изолирующих штативах, положили на небольшом расстоянии друг от друга и соединили одну пластину с заземленным корпусом, а другую — со стержнем электрометра (см. рисунок). Затем пластину, соединенную со стержнем электрометра, зарядили. Объясните, опираясь на известные вам законы, как изменяются показания электрометра при внесении между пластинами диэлектрической пластины. Отклонение стрелки электрометра пропорционально разности потенциалов между пластинами.





Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Невесомый стержень длиной 1 м, находящийся в ящике с гладкими дном и стенками, составляет угол  $\alpha = 45^\circ$  с вертикалью (см. рисунок). К стержню на расстоянии 25 см от его левого конца подвешен на нити шар массой 2 кг (см. рисунок). Каков модуль силы  $N$ , действующей на стержень со стороны левой стенки ящика?



29. Если во время полета между двумя городами дует попутный ветер, то самолет затрачивает на перелет между ними 6 ч. Если дует такой же боковой ветер перпендикулярно линии полета, то самолет затрачивает на перелет 7,5 ч. Найдите скорость ветра, если скорость самолета относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.
30. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками, открытом сверху, под поршнем находится одноатомный идеальный газ. В начальном состоянии поршень массой  $M$  и площадью основания  $S$  покоится на высоте  $h$ , опираясь на выступы (см. рисунок 1). Давление газа  $p_0$  равно внешнему атмосферному. Какое количество теплоты  $Q$  нужно сообщить газу при медленном его нагревании, чтобы поршень оказался на высоте  $H$  (см. рисунок 2)? Тепловыми потерями пренебречь.

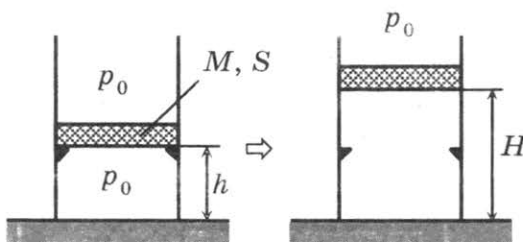
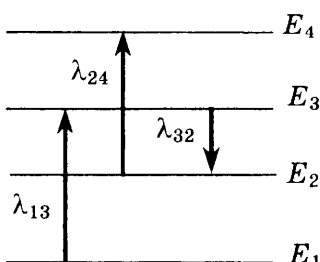


Рис. 1

Рис. 2

31. Определите силу тока, протекающего через однородный цилиндрический алюминиевый проводник сечением  $2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ , если за 15 с его температура повысилась на 10 К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление алюминия  $2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .)
32. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна  $\lambda_0 = 250 \text{ нм}$ . Какова величина  $\lambda_{13}$ , если  $\lambda_{32} = 545 \text{ нм}$ ,  $\lambda_{24} = 400 \text{ нм}$ ?



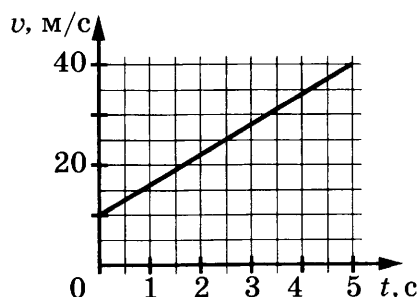
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 4

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На графике приведена зависимость скорости тела от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

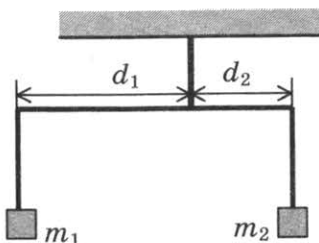
2. Деревянный брусок массой  $m = 0,2$  кг, площади граней которого связаны отношением  $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$ , скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы  $F = 0,3$  Н по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью  $S_3$ . Каков коэффициент трения бруска об опору, если  $S_1 = 15$  см<sup>2</sup>?

Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Тело массой  $0,1$  кг вращается в горизонтальной плоскости на нити длиной  $1$  м. Чему равна работа силы тяжести за один оборот вращения тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. При этом плечи коромысла равны  $d_1 = 10$  см,  $d_2 = 5$  см. Массу первого тела уменьшили в  $2$  раза. Какой длины нужно сделать плечо  $d_2$ , чтобы равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми, масса второго тела не меняется.)



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5. Из начала декартовой системы координат в момент времени  $t = 0$  тело (материальная точка) брошено под углом к горизонту. В таблице приведены результаты измерения координат  $x$  и  $y$  от времени наблюдения. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Координата $x$ , м	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,4
Координата $y$ , м	0,35	0,6	0,75	0,8	0,75	0,6	0,35	0

- 1) Тело бросили со скоростью 5 м/с.
- 2) Тело поднялось на максимальную высоту, равную 1,2 м.
- 3) В момент времени  $t = 0,3$  с тело удалилось от начала системы координат на расстояние, большее 2 м.
- 4) Проекция скорости  $v_y$  в момент времени  $t = 0,2$  с равна 2 м/с.
- 5) Тело бросили под углом  $45^\circ$ .

Ответ: 

--	--

6. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменятся в результате этого перехода скорость движения спутника по орбите и период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость движения спутника по орбите	Период обращения спутника вокруг Земли

7. Один конец легкой пружины жесткостью  $k$  прикреплен к бруску, а другой закреплен неподвижно. Брусок скользит по горизонтальной направляющей так, что его координата изменяется со временем по закону  $x(t) = A \sin \omega t$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их изменения во времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) потенциальная энергия пружины  $E_{\text{п}}(t)$
- Б) проекция  $F_x(t)$  равнодействующей силы на ось  $x$

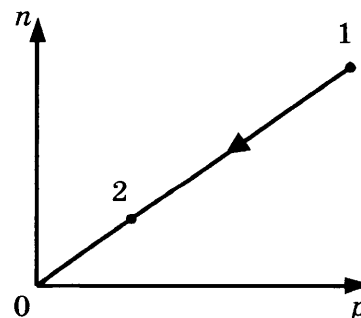
#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $-kA \sin \omega t$
- 2)  $-kA^2 \sin^2 \omega t$
- 3)  $kA^2 \sin \omega t$
- 4)  $\frac{kA^2}{2} \sin^2 \omega t$

Ответ: 

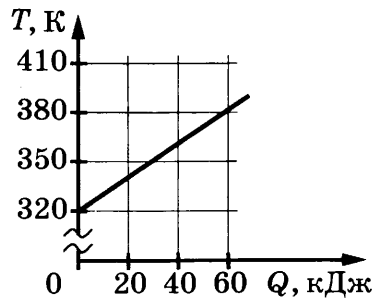
А	Б

8. При переводе постоянной массы идеального газа из состояния 1 в состояние 2 концентрация молекул  $n$  пропорциональна давлению  $p$  (см. рисунок). Чему равна температура газа в состоянии 2, если начальная температура равна 600 К, а  $\frac{p_1}{p_2} = 3$ ?



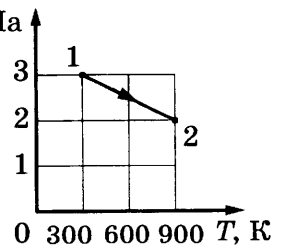
Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9. На рисунке изображен график зависимости температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Удельная теплоемкость вещества этого тела равна  $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ . Чему равна масса тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

10. На рисунке показан график зависимости давления одноатомного идеального газа от температуры при постоянной массе. В состоянии 1 внутренняя энергия газа равна  $1,5 \text{ кДж}$ . Чему равна внутренняя энергия газа в состоянии 2?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. Твердое вещество медленно нагревалось в плавильной печи с постоянной мощностью. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, °С	305	314	323	327	327	327	329	334

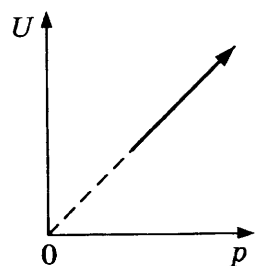
Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенного экспериментального исследования, и укажите их номера.

- Температура плавления вещества в данных условиях равна  $329 \text{ °С}$ .
- Через 18 мин после начала измерений вещество находилось и в жидком и в твердом состоянии.
- Теплоемкость вещества в жидком и твердом состояниях одинакова.
- Через 30 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в твердом состоянии.
- Процесс плавления вещества продолжался менее 25 минут.

Ответ:

12. На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа ( $U$  — внутренняя энергия газа;  $p$  — его давление). Как изменятся в ходе этого процесса объем и теплоемкость газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

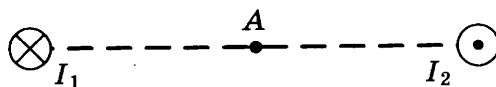
- увеличится
- уменьшится
- не изменится



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

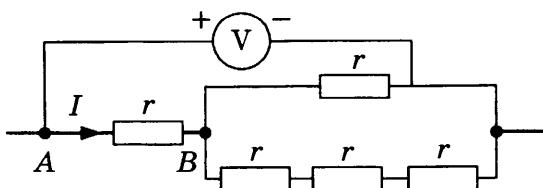
Объем газа	Теплоемкость газа

13. Магнитное поле создано в точке  $A$  двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа ( $I_1 > I_2$ ). Как направлен (вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя) вектор индукции магнитного поля  $\vec{B}$  в точке  $A$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Пять одинаковых резисторов с сопротивлением  $r = 0,5$  Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку  $AB$  идет ток  $I = 2$  А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

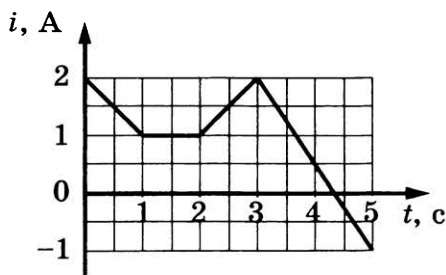
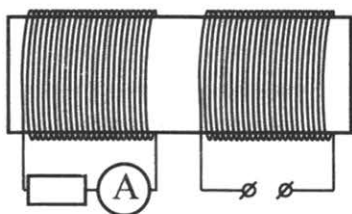


Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью  $2 \cdot 10^{-4}$  Гн при силе тока в ней 3 А.

Ответ: \_\_\_\_\_ мДж.

16. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения. Явлением самоиндукции пренебречь.



- 1) В промежутке между 1 с и 2 с показания амперметра были равны 0.
- 2) В промежутках 0–1 с и 2–3 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Все время измерений сила тока через амперметр была отлична от 0.
- 5) В промежутках 0–1 с и 2–3 с сила тока в левой катушке была одинаковой.

Ответ:

17. Стеклолинзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Как изменились при этом фокусное расстояние и оптическая сила линзы?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

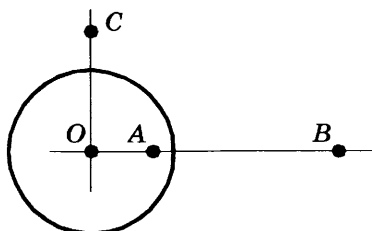
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась



Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Фокусное расстояние	Оптическая сила

18. На неподвижном проводящем уединенном шарике радиусом  $R$  находится заряд  $Q$ . Точка  $O$  — центр шарика,  $OA = \frac{3R}{4}$ ,  $OB = 3R$ ,  $OC = \frac{3R}{2}$ . Модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $C$  равен  $E_C$ . Чему равен модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  и точке  $B$ ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $A$   
 Б) модуль напряженности электростатического поля заряда  $Q$  в точке  $B$

**ИХ ЗНАЧЕНИЯ**

- 1) 0  
 2)  $4E_C$   
 3)  $\frac{E_C}{2}$   
 4)  $\frac{E_C}{4}$

Ответ:

А	Б

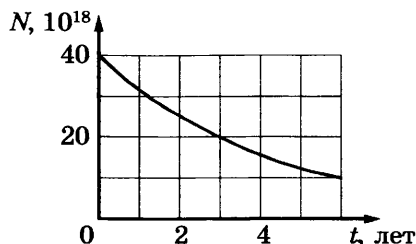
19. Какое количество нейтронов и электронов содержит нейтральный атом  ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ?

Ответ:

Число нейтронов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер натрия  ${}^{22}_{11}\text{Na}$  от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа натрия?



Ответ: \_\_\_\_\_ лет (года).

21. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\nu$  — частота фотона,  $h$  — постоянная Планка,  $p$  — импульс фотона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длина волны фотона  
 Б) энергия фотона

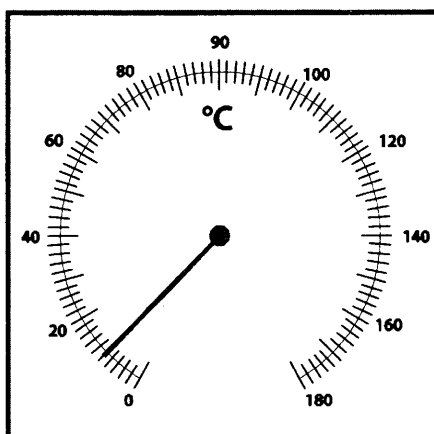
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{p}{h}$   
 2)  $\frac{h}{p}$   
 3)  $h\nu$   
 4)  $\frac{\nu}{h}$

Ответ:

А	Б

22. Чему равна температура на улице, если погрешность измерения температуры равна цене деления термометра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра ученику выдали 5 разных проводников, характеристики которых приведены в таблице. Какие **два** проводника ученик должен выбрать для проведения этой лабораторной работы?

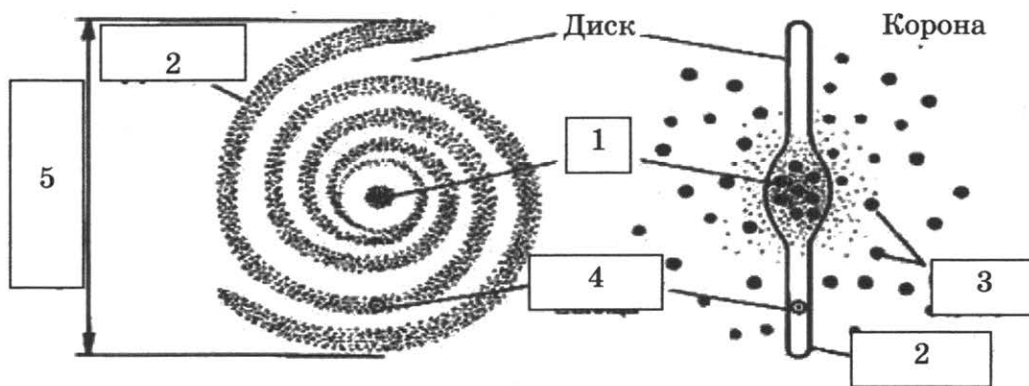
№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	Сталь
2	1 м	0,5 мм	Сталь
3	2 м	1,0 мм	Медь
4	1 м	1,0 мм	Сталь
5	1 м	0,5 мм	Алюминий

Запишите в ответ номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

24. Рассмотрите схему строения спиральной Галактики (виды плашмя и с ребра).



Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют элементам, обозначенным цифрами 1–5.

- 1) Цифра 1 — ядро Галактики.
- 2) Цифра 2 — скопления белых карликов на краю Галактики.
- 3) Цифра 3 — шаровые скопления.
- 4) Цифра 4 — положение созвездия Телец в спиральном рукаве.
- 5) Цифра 5 — диаметр Галактики примерно 10 000 световых лет.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В двух идеальных колебательных контурах с одинаковой индуктивностью происходят свободные электромагнитные колебания, причем период колебаний в первом контуре  $9 \cdot 10^{-8}$  с, во втором  $3 \cdot 10^{-8}$  с. Во сколько раз амплитудное значение силы тока во втором контуре больше, чем в первом, если максимальный заряд конденсаторов в обоих случаях одинаков?

Ответ: \_\_\_\_\_.

26. Когда на металлическую пластину падает электромагнитное излучение с длиной волны  $\lambda$ , максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 4,5 эВ. Если длина волны падающего излучения равна  $2\lambda$ , то максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 1 эВ. Чему равна работа выхода электронов из металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

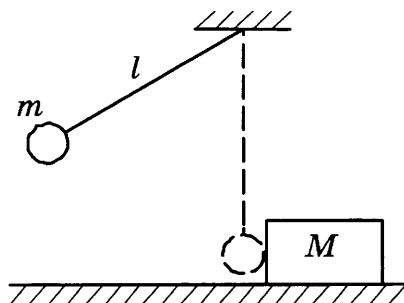


Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

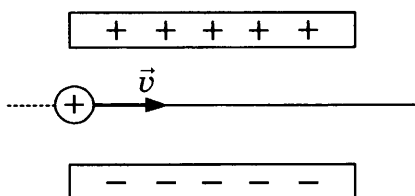
27. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда, при этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

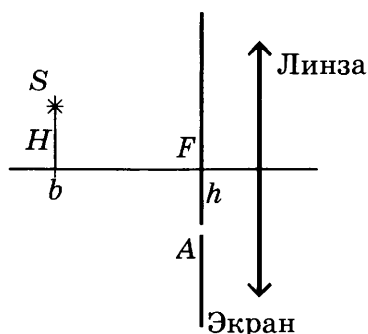
28. Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону  $x = A \sin \frac{2\pi}{T} t$ , где период  $T = 1$  с. Через какое минимальное время, начиная с момента  $t = 0$ , потенциальная энергия маятника достигнет половины своего максимума?
29. Маленький шарик массой  $m = 0,3$  кг подвешен на легкой нерастяжимой нити длиной  $l = 0,9$  м, которая разрывается при силе натяжения  $T_0 = 6$  Н. Шарик отведен от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой  $M = 1,5$  кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость  $u$  бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.



30. Сосуд объемом 10 л содержит смесь водорода и гелия общей массой 2 г при температуре 27 °С и давлении 200 кПа. Каково отношение массы водорода к массе гелия в смеси?
31. Протон влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинам в точке, находящейся посередине между его пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость  $v$ , с которой протон должен влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него, равна 350 км/с. Длина пластин конденсатора 5 см, напряженность электрического поля конденсатора 5200 В/м. Каково расстояние между пластинами конденсатора? Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести пренебречь.



32. Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см и точечный источник света  $S$  находятся в плоскости рисунка. Точка  $S$  находится на расстоянии  $b = 70$  см от плоскости линзы и на расстоянии  $H = 5$  см от ее главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с малым отверстием  $A$ , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии  $h = 4$  см от главной оптической оси линзы. На каком расстоянии  $x$  от плоскости линзы луч  $SA$  от точечного источника, пройдя через отверстие в экране и линзу, пересечет ее главную оптическую ось? Дифракцией света пренебречь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу.



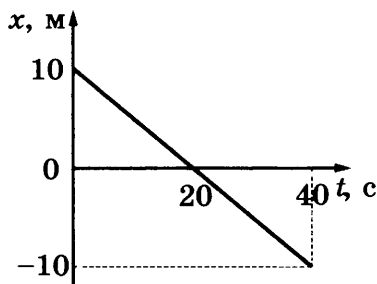
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 5

## Часть 1

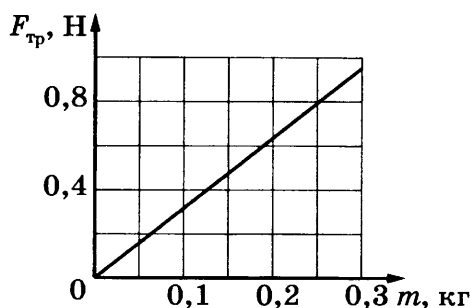
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости координаты тела от времени при прямолинейном движении по оси  $Ox$ . Чему равна  $v_x$  проекция скорости тела на ось  $Ox$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{тр}$  деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Чему равен коэффициент трения в этом исследовании?



Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Шарик на длинной легкой нерастяжимой нити совершает колебания. Максимальная потенциальная энергия шарика в поле тяжести, если считать ее равной нулю в положении равновесия, равна 0,8 Дж. Максимальная скорость шарика в процессе колебаний равна 2 м/с. Какова масса шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Пружинный маятник совершает незатухающие колебания с периодом 0,5 с. В момент времени  $t = 0$  отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени 2 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ раз(-а).

5. Небольшой свинцовый брусок массой  $m_1 = 100$  г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой  $m_2 = 200$  г, скользящий по поверхности со скоростью 3 м/с. В результате тела слипаются и движутся как единое целое. Выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

- 1) Скорость тел после соударения равна 2 м/с.
- 2) Кинетическая энергия свинцового бруска после соударения равна 0,1 Дж.
- 3) Общая кинетическая энергия системы тел «брусок + шарик» не изменилась.
- 4) В результате соударения выделилось количество теплоты, равное 0,3 Дж.
- 5) Импульс налетающего шарика изменился на 0,5 кг · м/с.

Ответ: 

--	--

6. На поверхности воды плавает деревянный брусок. Как изменятся масса вытесненной воды и действующая на брусок сила Архимеда, если его заменить бруском той же плотности и той же массы, но меньшей высоты?

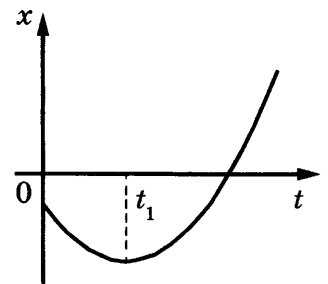
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

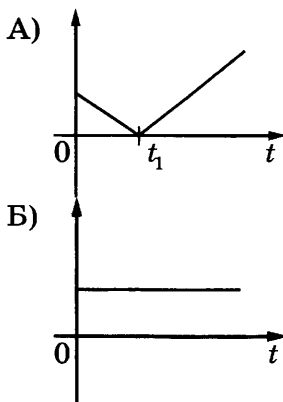
Масса вытесненной воды	Сила Архимеда

7. На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А) и Б) представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



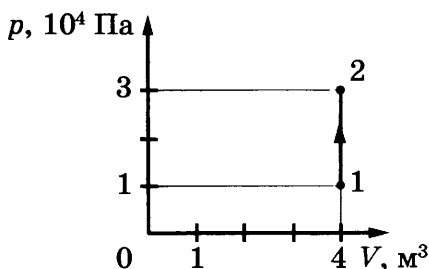
**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) проекция импульса тела на ось  $Ox$
- 2) модуль скорости тела
- 3) проекция ускорения тела на ось  $Ox$
- 4) кинетическая энергия тела

Ответ: 

А	Б

8. На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Какая температура соответствует состоянию 2?



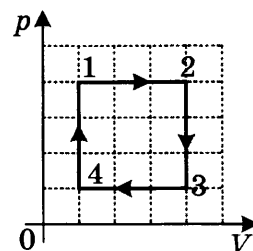
Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9. Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна  $30\%$ . Какой будет относительная влажность, если перемещением поршня объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Чему равна работа, совершенная 2 моль идеального газа в процессе 1–2–3–4, показанном на рисунке, если в состоянии 1 давление равно  $80\text{ кПа}$ , а объем  $1\text{ л}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.



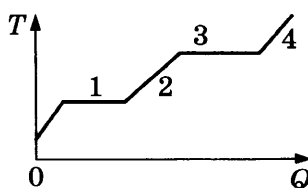
11. При изучении процессов, происходящих с газом, ученик занес в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие **два** из утверждений, приведенных ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$p$ , кПа	100	90	75	50	55	75	100
$t$ , $^{\circ}\text{C}$	27	27	27	27	57	177	327

- 1) Объем газа в состоянии 4 в 1,5 раза больше объема газа в состоянии 3.
- 2) В опытах 1 и 7 объем газа одинаковый.
- 3) Внутренняя энергия газа в опыте 2 равна внутренней энергии газа в опыте 1.
- 4) При переходе от состояния 6 к состоянию 7 газ отдавал тепло.
- 5) При переходе от состояния 4 к состоянию 5 внешние силы совершали работу по сжатию газа.

Ответ:

12. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры  $T$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Какие участки графика соответствуют нагреванию вещества в газообразном состоянии и кипению жидкости?



Установите соответствие между тепловыми процессами и участками графика.  
 К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

- А) нагревание вещества в газообразном состоянии
- Б) кипение жидкости

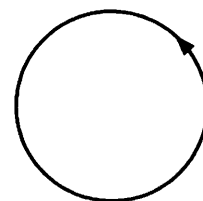
**УЧАСТКИ ГРАФИКА**

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Ответ:

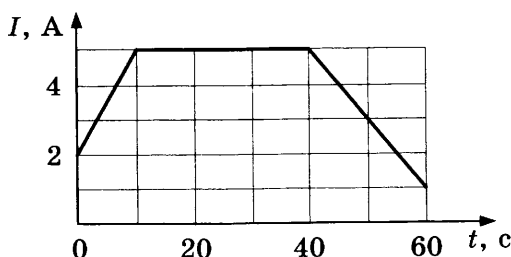
А	Б

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Как направлен (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) в центре витка вектор индукции магнитного поля, созданного током, протекающим по витку? Ответ запишите словом (словами).



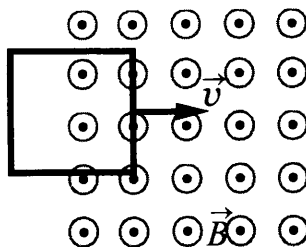
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. На графике показана зависимость силы тока в проводнике от времени. Определите заряд, прошедший через проводник за  $\Delta t = 60$  с с момента начала отсчета времени.



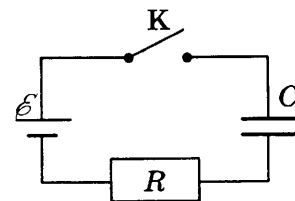
Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

15. В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью  $\vec{v}$ , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции  $\vec{B}$ . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна  $\mathcal{E} = 6$  мВ. Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью  $\frac{\vec{v}}{4}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором  $R = 30 \text{ кОм}$  (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью  $\pm 1 \text{ мкА}$ , представлены в таблице. Внутренним сопротивлением источника тока и проводов пренебречь.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	200	80	20	10	3	1	0

Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) Напряжение на конденсаторе в момент времени 6 с равно 6 В.
- 4) В момент времени  $t = 4$  с напряжение на резисторе равно 0,3 В.
- 5) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на конденсаторе равно 4,2 В.

Ответ:

17. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно  $R$ , а второго  $2R$ . Как изменится общее сопротивление этого участка и тепловая мощность, выделяемая на первом проводнике, если удельное сопротивление и площадь поперечного сечения первого проводника увеличить вдвое, а длину первого проводника и напряжение на концах участка оставить без изменения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Общее сопротивление участка цепи	Тепловая мощность на первом проводнике

18. Медный проводник с сопротивлением  $R$  согнули так, что получился замкнутый контур, имеющий форму квадрата площадью  $S$ . Контур поместили в магнитное поле, вектор магнитной индукции которого направлен перпендикулярно плоскости контура. Магнитное поле равномерно убывает от величины  $B_0$  до 0 за время  $t$ . Чему равны ЭДС индукции, возникающей при этом в контуре, и протекший через него заряд? Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) ЭДС индукции
- Б) заряд, протекший через контур

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{2B_0 S}{R}$
- 2)  $\frac{B_0 S}{R}$
- 3)  $\frac{B_0 S}{R} t$
- 4)  $\frac{B_0 S}{t}$

Ответ: 

А	Б

19. Чему равны массовое число и число протонов ядра  $X$  в реакции  ${}^{241}_{95}\text{Am} + {}^4_2\text{He} \rightarrow X + 2{}_0^1n$ ?

Ответ:

Массовое число	Число протонов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа составляет 8 суток. Определите промежуток времени, в течение которого изначально большое число ядер этого изотопа уменьшится в 16 раз.

Ответ: за \_\_\_\_\_ сут.

21. В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода 3,0 эВ и стали освещать ее светом частотой  $9 \cdot 10^{14}$  Гц. Затем интенсивность падающей на пластину световой волны увеличили в 2 раза, оставив неизменной ее частоту. Как изменятся при этом максимальная скорость фотоэлектронов и их количество?

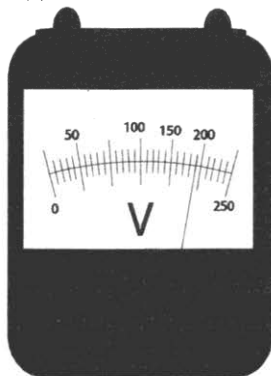
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Максимальная скорость фотоэлектронов	Количество фотоэлектронов

22. Чему равно напряжение, которое показывает вольтметр, если погрешность измерения напряжения равна половине цены деления вольтметра?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить оптическую силу линзы. Для этого школьник взял линзу и небольшую лампочку. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) призма
- 2) экран
- 3) секундомер
- 4) линейка
- 5) дифракционная решетка

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:



24. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики некоторых спутников планет Солнечной системы.

Название спутника	Радиус спутника, км	Радиус орбиты, тыс. км	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Вторая космическая скорость, м/с	Планета
Луна	1737	384,4	3,35	2038	Земля
Фобос	~12	9,38	2,20	11	Марс
Ио	1815	422,6	3,57	2560	Юпитер
Европа	1569	670,9	2,97	2040	Юпитер
Каллисто	2400	1883	1,86	2420	Юпитер
Титан	2575	1221,9	1,88	2640	Сатурн
Оберон	761	587,0	1,50	770	Уран
Тритон	1350	355,0	2,08	1450	Нептун

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Масса Луны больше массы Ио.
- 2) Ускорение свободного падения на Тритоне примерно равно  $0,78 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Сила притяжения Ио к Юпитеру больше, чем сила притяжения Европы.
- 4) Первая космическая скорость для Фобоса составляет примерно  $0,06 \text{ км/с}$ .
- 5) Период обращения Каллисто больше периода обращения Европы вокруг Юпитера.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В калориметре находятся в тепловом равновесии 50 г воды и 5 г льда. Какой должна быть минимальная масса болта, имеющего удельную теплоемкость  $500 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$  и температуру  $339 \text{ К}$ , чтобы после опускания его в калориметр весь лед растаял? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

26. Предмет находится на расстоянии  $d = 5 \text{ см}$  от тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 4 \text{ см}$ . Определите увеличение предмета, даваемое линзой.

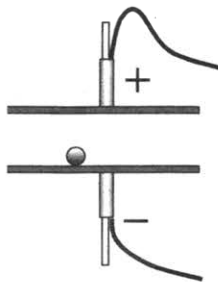
Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

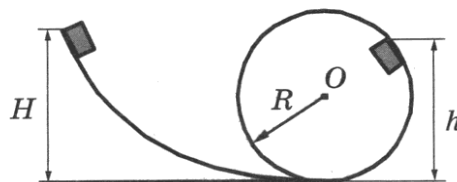
27. На одну из двух близко расположенных горизонтальных металлических пластин, укрепленных на изолирующих подставках, положили металлический шарик (см. рисунок). Когда пластины подсоединили к клеммам высоковольтного выпрямителя, подав на них заряды разных знаков, шарик пришел в движение. Опираясь на законы электростатики и механики, опишите и объясните движение шарика.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

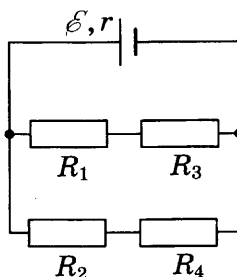
28. Мяч брошен вертикально вверх с начальной скоростью 20 м/с. Чему равно перемещение мяча за 3 с, считая от момента броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

29. Небольшой кубик массой  $m = 1$  кг начинает соскальзывать с высоты  $H = 3$  м по гладкой горке, переходящей в мертвую петлю (см. рисунок). Определите радиус петли  $R$ , если на высоте  $h = 2,5$  м от нижней точки петли кубик давит на ее стенку с силой  $F = 2,5$  Н. Сделайте рисунок с указанием сил, поясняющий решение.



30. Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является  $\nu$  моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на  $\Delta T$ , а КПД тепловой машины равен  $\eta$ . Определите работу, совершенную газом в изотермическом процессе.

31. В схеме, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 6$  Ом,  $R_4 = 9$  Ом, ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 20$  В, ее внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Определите мощность, выделяемую на резисторе  $R_3$ .



32. В открытый контейнер объемом 80 мл поместили изотоп полония-210  ${}^{210}_{84}\text{Po}$ . Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило  $1,3 \cdot 10^5$  Па. Какую массу полония первоначально поместили в контейнер? Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна  $45^\circ\text{C}$ , атмосферное давление равно  $10^5$  Па.



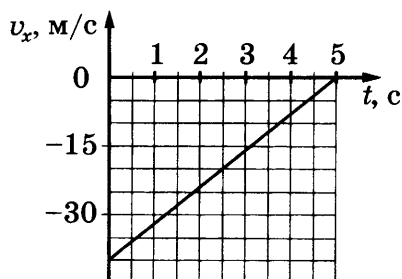
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 6

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На графике приведена зависимость проекции скорости тела от времени при прямолинейном движении по оси  $x$ . Определите проекцию ускорения тела на эту ось.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

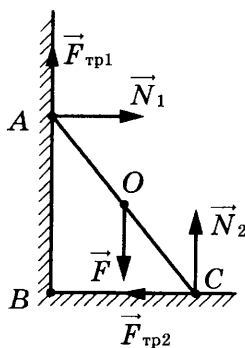
2. Во сколько раз масса Юпитера больше массы Земли, если сила притяжения Юпитера к Солнцу в 11,8 раза больше, чем сила притяжения Земли к Солнцу, а расстояние между Юпитером и Солнцем в 5,2 раза больше, чем расстояние между Солнцем и Землей? Считать, что обе планеты движутся вокруг Солнца по окружности. Ответ округлить до целых.

Ответ: больше в \_\_\_\_\_ раз (раза).

3. Снаряд вылетает из ствола пушки, закрепленной на железнодорожной платформе, вдоль рельсов под углом  $60^\circ$  к горизонту. Каким будет отношение  $\frac{v_c}{v_n}$  скоростей снаряда и платформы, с которыми они станут двигаться после выстрела, если отношение масс платформы с пушкой и снаряда равно  $\frac{m_n}{m_c} = 1000$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

4. На рисунке изображены силы, действующие на однородную доску, прислоненную к стене. Чему равен момент силы тяжести  $\vec{F}$  относительно оси, проходящей через точку  $B$  перпендикулярно плоскости рисунка? Масса доски 10 кг,  $BC = 1,2$  м,  $AC = 1,6$  м.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н · м.

5. Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединен пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия вдоль оси пружины и отпускают без начальной скорости, после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины. В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ . Выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Погрешность измерения координаты равна 0,1 см, времени 0,1 с.

$t, \text{ с}$	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
$x, \text{ см}$	2,0	1,4	0,0	-1,4	-2,0	-1,4	0,0

- 1) Период колебаний груза равен 2 с.
- 2) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.
- 3) В момент времени 1,0 с кинетическая энергия груза максимальна.
- 4) В момент времени 3,0 с ускорение груза максимально.
- 5) Модуль силы, с которой пружина действует на груз в момент времени 2,0 с, меньше, чем в момент времени 0,5 с.

Ответ: 

--	--

6. Мальчик бросил стальной шарик вверх под углом к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите, как меняются по мере приближения к Земле модуль ускорения шарика и модуль вертикальной составляющей его скорости.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль ускорения шарика	Модуль вертикальной составляющей скорости шарика

7. Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СКОРОСТЬ

- А)  $v_x = 3$
- Б)  $v_x = -2 + t$

КООРДИНАТА

- 1)  $x = 5 - 3t$
- 2)  $x = 1 - 2t + 0,5t^2$
- 3)  $x = 2 + 3t$
- 4)  $x = 2t + t^2$

Ответ: 

А	Б

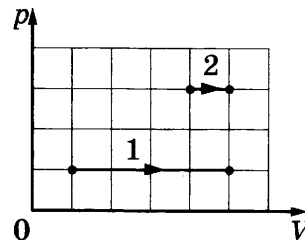
8. В результате охлаждения разреженного одноатомного газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 4 раза. Во сколько раз уменьшилась при этом абсолютная температура газа?

Ответ: уменьшилась в \_\_\_\_\_ раз (раза).

9. Относительная влажность воздуха в помещении равна 60%, температура воздуха 18 °С. Чему равно парциальное давление водяного пара в помещении, если давление насыщенных водяных паров при этой температуре равно 2 кПа?

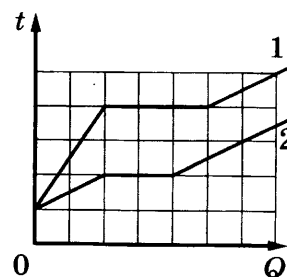
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

10. На  $p$ - $V$ -диаграмме показаны два процесса, проведенные с одним и тем же количеством газообразного неона. Чему равно отношение работ  $\frac{A_2}{A_1}$ , совершенных газом в этих процессах?



Ответ: \_\_\_\_\_.

11. На рисунке представлены графики зависимости температуры  $t$  двух тел одинаковой массы от сообщенного им количества теплоты  $Q$ . Первоначально тела находились в твердом агрегатном состоянии. Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения и укажите их номера.



- 1) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления.
- 2) Температура плавления первого тела в 1,5 раза больше, чем второго.
- 3) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в твердом агрегатном состоянии.
- 4) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в жидком агрегатном состоянии.
- 5) Удельная теплоемкость второго тела в твердом агрегатном состоянии в 3 раза больше, чем первого.

Ответ:

12. При исследовании изопроцессов использовался закрытый сосуд переменного объема, заполненный аргоном и соединенный с манометром. Объем сосуда медленно уменьшают, сохраняя температуру аргона в нем неизменной. Как изменятся при этом внутренняя энергия аргона в сосуде и концентрация его молекул?

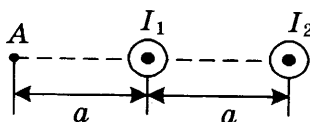
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

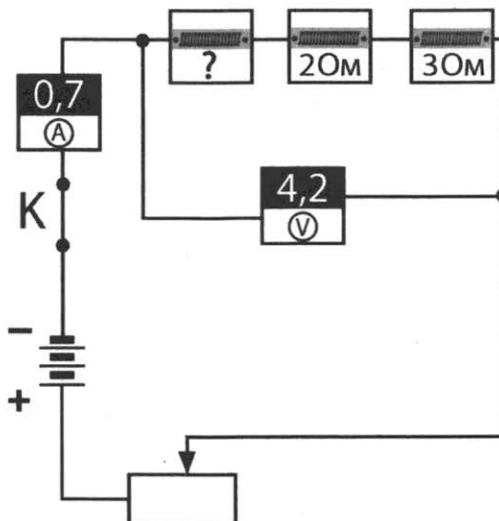
Внутренняя энергия аргона	Концентрация молекул аргона

13. Два параллельных длинных проводника с токами  $I_1$  и  $I_2 > I_1$  расположены перпендикулярно плоскости чертежа (см. рисунок). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор  $\vec{B}$  индукции магнитного поля, создаваемого этими проводниками в точке  $A$ ? Ответ запишите словом (словами).



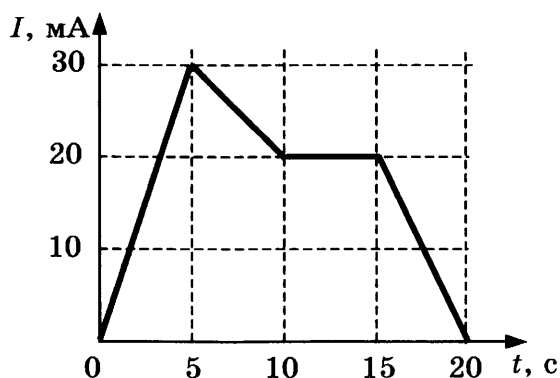
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. На рисунке представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра — в амперах. Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в катушке, индуктивность которой 1 Гн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. Стекло́нную линзу (показатель преломления стекла  $n_{\text{стекла}} = 1,54$ ), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ( $n_{\text{воздуха}} = 1$ ) в воду ( $n_{\text{воды}} = 1,33$ ). Выберите *два* верных утверждения о характере изменений, произошедших с линзой.

- 1) Линза из рассеивающей превратилась в собирающую.
- 2) Фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась.
- 3) Линза из собирающей превратилась в рассеивающую.
- 4) Фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась.
- 5) Линза осталась собирающей.

Ответ:



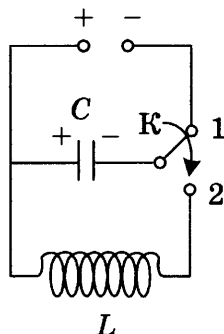
17. Плоский конденсатор с диэлектриком между пластинами подключен к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом емкость конденсатора и величина заряда на его обкладках? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

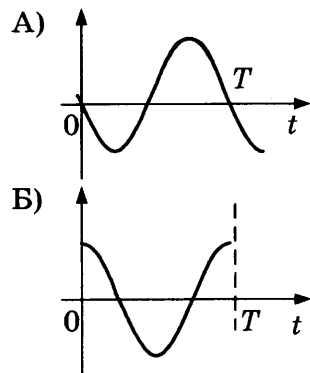
18. Конденсатор колебательного контура длительное время подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Приведенные ниже графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого ( $T$  — период электромагнитных колебаний в контуре).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд на левой обкладке конденсатора

Ответ:

А	Б

19. В результате реакции синтеза  ${}^Y_Z X + {}^9_4\text{Be} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0n$  образуются ядро бора и нейтрон. Сколько протонов и нейтронов содержит неизвестное ядро  ${}^Y_Z X$ ?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Образец радиоактивного радия находится в закрытом сосуде, из которого откачан воздух. Ядра радия испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 11,4 суток. Определите число моль гелия в сосуде через 22,8 суток, если образец в момент помещения в сосуд содержал  $2,4 \cdot 10^{23}$  атомов радия.

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только зеленый. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменятся запирающее напряжение и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй?

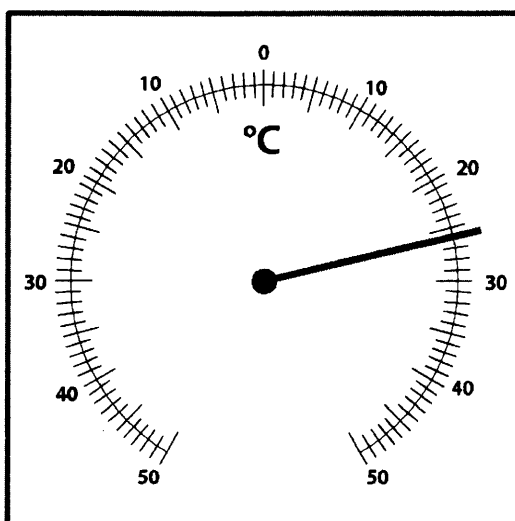
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Запирающее напряжение	Работа выхода

22. Чему равна температура в комнате согласно показаниям термометра? Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.



23. Ученик изучает свойства пружинных маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице.

Какие из маятников нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от жесткости пружины?

№ маятника	Жесткость пружины	Объем сплошного груза	Материал, из которого сделан груз
1	10 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
2	20 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Сталь
3	10 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	40 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
5	50 Н/м	80 см <sup>3</sup>	Дерево

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ:

24. Используя таблицу, содержащую сведения о ярких звездах, выполните задание.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Созвездие, в котором находится звезда
Капелла	5200	3	2,5	Возничий
Менкалинан (β Возничего А)	9350	2,7	2,4	Возничий
Денеб	8550	21	210	Лебедь
Садр	6500	12	255	Лебедь
Бетельгейзе	3100	20	900	Орион
Ригель	11 200	40	138	Орион
Альдебаран	3500	5	45	Телец
Эльнат	14 000	5	4,2	Телец

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд.

- 1) Звезда Альдебаран является сверхгигантом.
- 2) Звезды Альдебаран и Эльнат имеют одинаковую массу, значит, они относятся к одному и тому же спектральному классу.
- 3) Звезда Бетельгейзе относится к красным звездам спектрального класса М.
- 4) Звезды Альдебаран и Эльнат относятся к одному созвездию, значит, находятся на одинаковом расстоянии от Солнца.
- 5) Температура на поверхности Солнца больше, чем температура на поверхности звезды Капелла.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

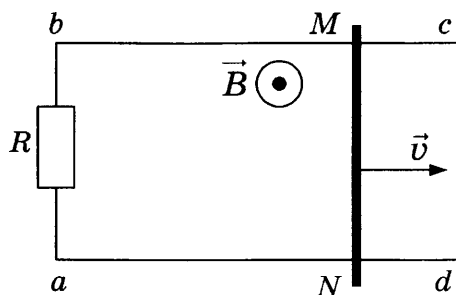
## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В цилиндре под поршнем находится гелий. Газ расширился при постоянном давлении, совершив работу 2 кДж. Какое количество теплоты сообщили газу?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

26. По параллельным проводникам  $bc$  и  $ad$ , находящимся в магнитном поле с индукцией  $B = 0,4$  Тл, скользит проводящий стержень  $MN$ , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками  $l = 20$  см. Слева проводники замкнуты резистором с сопротивлением  $R = 2$  Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня через резистор  $R$  протекает ток  $I = 40$  мА. С какой скоростью движется проводник? Считать, что вектор  $\vec{B}$  перпендикулярен плоскости рисунка.



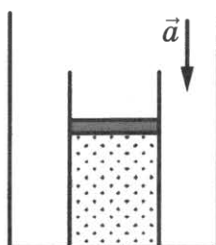
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

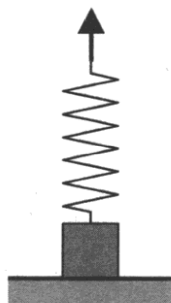
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжелым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.

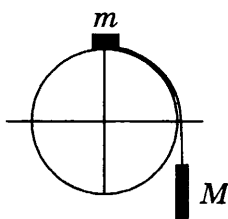


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. К бруску массой  $0,4$  кг, лежащему на горизонтальной поверхности стола, прикреплена пружина. Свободный конец пружины тянут медленно в вертикальном направлении (см. рисунок). Определите величину потенциальной энергии, запасенной в пружине к моменту отрыва бруска от поверхности стола, если пружина при этом растягивается на  $2$  см. Массой пружины пренебречь.



29. Система из грузов  $m$  и  $M$  и связывающей их легкой нерастяжимой нити в начальный момент покоится в вертикальной плоскости, проходящей через центр закрепленной сферы. Груз  $m$  находится в точке  $A$  на вершине сферы (см. рисунок). В ходе возникшего движения груз  $m$  отрывается от поверхности сферы, пройдя по ней дугу  $30^\circ$ . Найдите массу  $M$ , если  $m = 100$  г. Размеры груза  $m$  ничтожно малы по сравнению с радиусом сферы. Трением пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на грузы.



30. Давление влажного воздуха в сосуде под поршнем при температуре  $t = 100$  °С равно  $p_1 = 1,8 \cdot 10^5$  Па. Объем под поршнем изотермически уменьшили в  $k = 4$  раза. При этом давление в сосуде увеличилось в  $n = 3$  раза. Найдите относительную влажность  $\varphi$  воздуха в первоначальном состоянии. Утечкой вещества из сосуда пренебречь.
31. Электрическая цепь состоит из источника тока и реостата. ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В. Максимальная мощность тока  $P_{\max}$ , выделяемая на реостате, достигается при промежуточном значении его сопротивления и равна  $4,5$  Вт. Чему равно внутреннее сопротивление источника?
32. Излучением лазера с длиной волны  $3,3 \cdot 10^{-7}$  м за время  $1,25 \cdot 10^4$  с был расплавлен лед массой  $1$  кг, взятый при температуре  $0$  °С, и полученная вода была нагрета на  $100$  °С. Сколько фотонов излучает лазер за  $1$  с? Считать, что  $50\%$  излучения поглощается веществом.



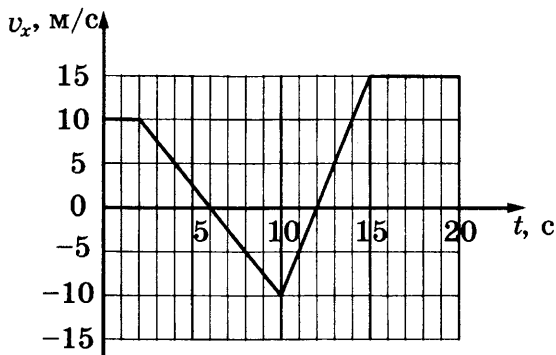
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 7

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с?



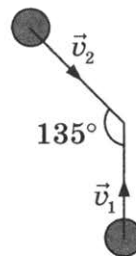
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 900 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который движется по круговой орбите на расстоянии двух радиусов Земли от земной поверхности?

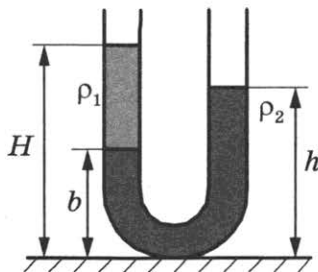
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Одинаковые шары массой 0,4 кг каждый движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если  $v_1 = 4$  м/с,  $v_2 = \sqrt{2}v_1$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.



4. В широкую U-образную трубку, расположенную вертикально, налиты жидкости плотностью  $\rho_1$  и  $\rho_2$  (см. рисунок). Жидкости не смешиваются. На рисунке  $b = 15$  см,  $h = 30$  см,  $H = 35$  см. Чему равно отношение плотностей  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Четыре тела одинаковой массы 100 г двигались вдоль оси  $Ox$ . В таблице представлена зависимость их координат от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{ м}$	0	4	8	18	32	50
$x_2, \text{ м}$	2	2	2	2	2	2
$x_3, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10
$x_4, \text{ м}$	0	2	0	-2	0	2

Выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Первое тело двигалось равномерно.
- 2) Сумма сил, действующих на второе тело, равна нулю.
- 3) Скорость третьего тела равна 2 м/с.
- 4) Период колебаний четвертого тела равен 2 с.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия третьего тела была равна 0,4 Дж.

Ответ:

6. Шарик, брошенный от поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялся на высоту  $H$ , а затем упал обратно на землю. Что произойдет с ускорением шарика и его максимальной потенциальной энергией относительно земной поверхности, если уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.

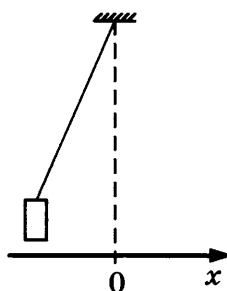
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

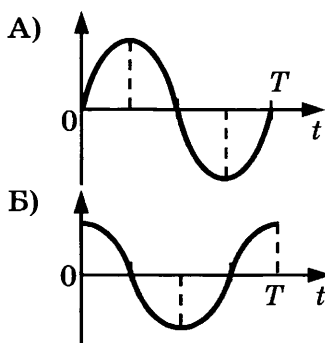
Ускорение шарика	Максимальная потенциальная энергия относительно земной поверхности

7. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А) и Б) показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) координата  $x$
- 3) проекция импульса  $p_x$
- 4) проекция ускорения  $a_x$

Ответ:

А	Б

8. Объем 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен 3 л. Чему равен объем 3 моль водорода при том же давлении и температуре  $2T$ ? (Водород считать идеальным газом.)

Ответ: \_\_\_\_\_ л.

9. Кусок металла с удельной теплоемкостью  $450 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$  нагрели от  $20^\circ\text{C}$  до  $60^\circ\text{C}$ , затратив количество теплоты, равное  $36 \text{ кДж}$ . Чему равна масса этого куска металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

10. Газ в цилиндре расширился, совершив работу  $150 \text{ Дж}$ . Внутренняя энергия газа при этом уменьшилась на  $30 \text{ Дж}$ . Какое количество теплоты газ получил от окружающих тел?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

11. В жестком закрытом сосуде находится влажный воздух при температуре  $16^\circ\text{C}$ . Плотность водяных паров в сосуде равна  $1,155 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$ . Воздух в сосуде нагревают до  $25^\circ\text{C}$ . Пользуясь таблицей зависимости плотности насыщенных паров воды от температуры, выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

$t^\circ\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

- 1) При температуре  $16^\circ\text{C}$  на стенках сосуда есть капельки росы.
- 2) Относительная влажность воздуха в сосуде при  $18^\circ\text{C}$  равна  $75\%$ .
- 3) При увеличении температуры относительная влажность воздуха в сосуде уменьшается.
- 4) Давление в сосуде остается постоянным.
- 5) Плотность водяного пара в сосуде при нагревании увеличивается.

Ответ: 

--	--

12. В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

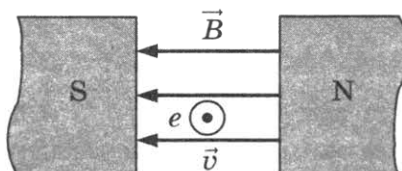
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Давление гелия

13. Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной к наблюдателю перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок, где кружок с точкой показывает направление движения электрона). Как направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на него сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

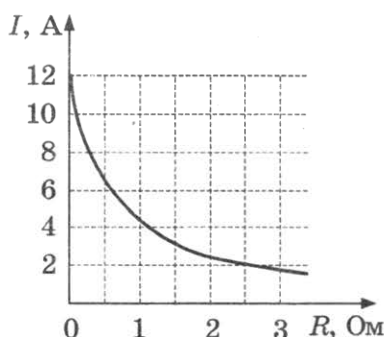
14. Заряженная пылинка массой  $m$  с зарядом  $q$  движется с ускорением  $a = 20 \text{ м/с}^2$  в однородном электрическом поле напряженностью  $\vec{E}$ . Каково ускорение пылинки массой  $2m$  с зарядом  $3q$  в том же поле? (Силой тяжести, действующей на пылинку, пренебречь.)

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

15. Индуктивность одного витка проволоки равна  $4 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока магнитный поток через поперечное сечение катушки, сделанной из 5 витков, равен 20 мВб?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

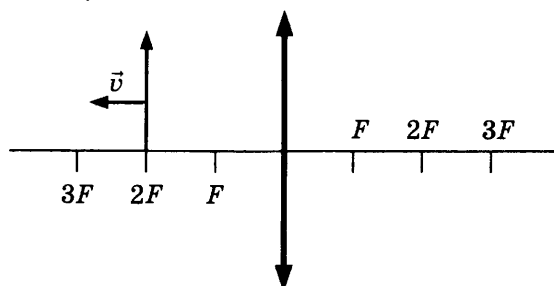
16. К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают результаты этого опыта.



- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 0,5 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 12 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате, увеличивается при увеличении его сопротивления.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 2 А равно 5 В.
- 5) Напряжение на источнике не зависит от силы тока через реостат.

Ответ:

17. Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к тройному фокусу (см. рисунок). Как изменятся при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения	Размер изображения

18. Участок цепи постоянного тока содержит резистор. Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин и названиями этих величин.

В формулах использованы обозначения:  $I$  — сила тока на участке цепи;  $U$  — напряжение на участке цепи,  $t$  — время протекания тока.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ФОРМУЛЫ

- А)  $IU$
- Б)  $It$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд, протекший через резистор
- 2) напряжение на резисторе
- 3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе
- 4) сила тока через резистор

Ответ:

А	Б

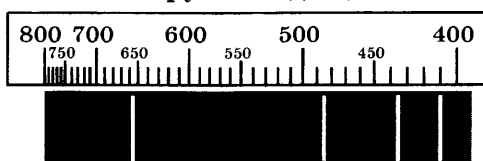
19. Ядро магния  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  захватило электрон. Определите число протонов и нейтронов в этом ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке представлен фрагмент спектра излучения атомарных паров водорода. Цифры на числовой оси — длины волн в нанометрах. Чему равна минимальная энергия фотонов на данном участке спектра? Ответ округлите до целого значения.



Ответ: \_\_\_\_\_ · 10<sup>-19</sup> Дж.



21. В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: заряд ядра и число нуклонов в ядре?

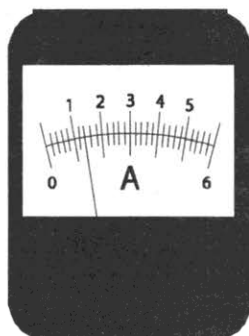
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

22. С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна половине цены деления шкалы амперметра.



Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить ускорение тела, соскальзывающего с наклонной плоскости. Для этого школьник взял брусок и наклонную плоскость. Какие **два** предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр
- 2) пружина
- 3) секундомер
- 4) линейка
- 5) весы

В ответ запишите номера выбранных предметов.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую некоторые характеристики планет Солнечной системы. Размеры и параметры орбит даны в сравнении с планетой Земля.

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1/9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Выберите *все* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Средняя плотность Венеры меньше средней плотности Земли.
- 2) Центростремительное ускорение Юпитера при его вращении вокруг Солнца больше центростремительного ускорения Марса.
- 3) Первая космическая скорость для Нептуна меньше, чем для Урана.
- 4) Ускорение свободного падения на Меркурии составляет примерно  $4 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Сила притяжения Сатурна к Солнцу больше, чем у Юпитера.

Ответ: \_\_\_\_\_.



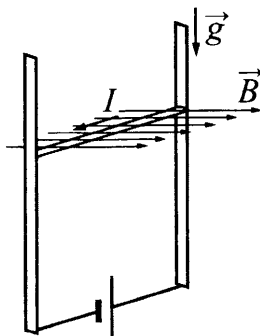
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой  $0,2 \text{ кг}$ , по которому течет ток  $2 \text{ А}$ . Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок),  $B = 2 \text{ Тл}$ . Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно  $2 \text{ м/с}^2$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

26. Предмет расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5 \text{ дптр}$ . Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $k = 2$ . Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

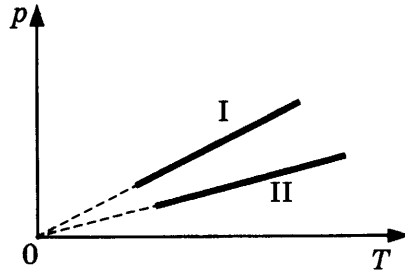


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

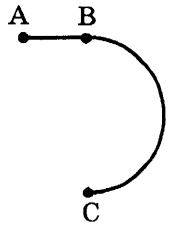
27. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объема. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

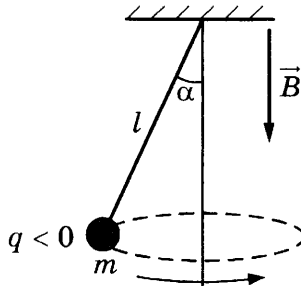
28. Снаряд, летящий со скоростью 100 м/с, разбивается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой 1 кг имеет скорость 400 м/с? Массой взрывчатого вещества пренебречь.

29. Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС — полуокружность.



30. Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объем каждого сосуда  $V = 1 \text{ м}^3$ . В первом сосуде находится  $\nu_1 = 1$  моль гелия при температуре  $T_1 = 400 \text{ К}$ ; во втором  $\nu_2 = 3$  моль аргона при температуре  $T_2$ . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах  $p = 5,4 \text{ кПа}$ . Определите первоначальную температуру аргона  $T_2$ .

31. В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки отрицательно заряженный шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$  (конический маятник). Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ , скорость вращения шарика равна  $v$ . Найдите заряд шарика  $q$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



32. Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается монохроматическим светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 10 мм. Какова частота  $\nu$  падающего света?



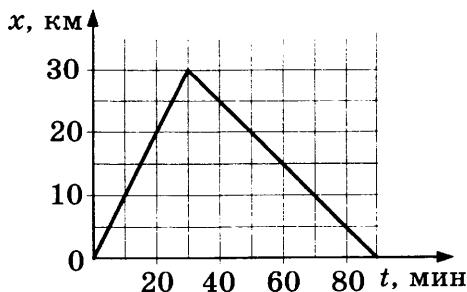
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 8

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график движения автобуса по прямой дороге, расположенной вдоль оси  $x$ . Определите проекцию скорости автобуса на ось  $x$  в интервале времени от 0 до 30 мин.



Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч.

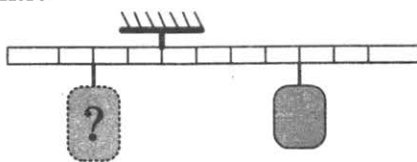
2. Тело равномерно движется по горизонтальной плоскости. Сила давления тела на плоскость равна 10 Н, сила трения 2,5 Н. Чему равен коэффициент трения скольжения?

Ответ: \_\_\_\_\_.

3. Первоначальное удлинение пружины равно  $\Delta l$ . Во сколько раз уменьшится потенциальная энергия пружины, если ее удлинение станет вдвое меньше?

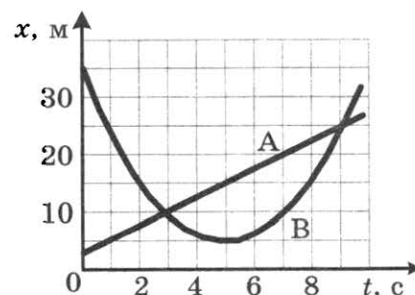
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(-а).

4. Тело массой 0,1 кг подвесили к четвертому делению правого плеча невесомого рычага (см. рисунок). Груз какой массы надо подвесить ко второму делению левого плеча рычага для достижения равновесия?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

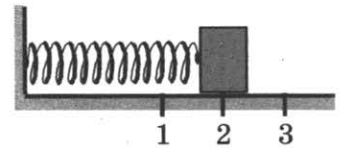
5. На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось  $x$ . Выберите **два** верных утверждения о движении тел.



- 1) Временной интервал между встречами тел А и В составляет 6 с.
- 2) Тело А движется со скоростью 3 м/с.
- 3) Тело А движется равноускоренно.
- 4) За первые 5 с тело А прошло 15 м.
- 5) Тело В движется с постоянным ускорением.

Ответ:

6. Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника и модуль ускорения груза при движении от точки 2 к точке 1?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Модуль ускорения груза

7. Два пластилиновых бруска, массы которых равны  $m_1 = m$  и  $m_2 = 3m$ , скользят без трения друг за другом по горизонтальной плоскости со скоростями  $v_1 = v$ ,  $v_2 = 3v$ . Второй брусок догоняет первый, и между ними происходит абсолютно неупругое столкновение. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль скорости второго бруска после столкновения
- Б) кинетическая энергия первого бруска после столкновения

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{5}{2}v$
- 2)  $2mv^2$
- 3)  $2v$
- 4)  $\frac{25}{8}mv^2$

Ответ:

А	Б

8. В сосуде под поршнем находится идеальный газ. Давление газа равно 100 кПа. При постоянной температуре объем газа увеличили в 4 раза. Определите давление газа в конечном состоянии.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. В идеальном тепловом двигателе, работающем по циклу Карно, температура нагревателя равна 500 К, а холодильника 27 °С. Определите КПД этого двигателя.

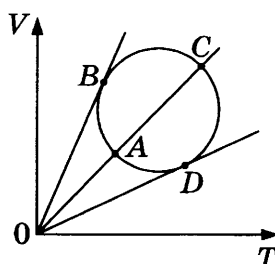
Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Какое количество теплоты необходимо для нагревания 100 г свинца от 300 К до 320 К?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

11. Зависимость объема постоянной массы идеального газа от температуры показана на  $V-T$ -диаграмме (см. рисунок). Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем с газом.

- 1) Давление газа максимально в состоянии  $D$ .
- 2) При переходе из состояния  $D$  в состояние  $A$  внутренняя энергия увеличивается.
- 3) При переходе из состояния  $B$  в состояние  $C$  работа газа все время положительна.
- 4) Давление газа в состоянии  $C$  больше, чем давление газа в состоянии  $A$ .
- 5) При переходе из состояния  $B$  в состояние  $C$  внутренняя энергия газа увеличивается.



Ответ: 

--	--

12. Установите соответствие между процессами в идеальном газе и значениями физических величин, характеризующих эти процессы ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа,  $\nu$  — количество газа).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

- А) изобарное расширение при  $\nu = \text{const}$
- Б) изотермическое сжатие при  $\nu = \text{const}$

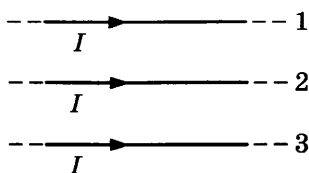
**ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

- 1)  $\Delta U > 0, A = 0$
- 2)  $\Delta U > 0, A > 0$
- 3)  $\Delta U = 0, A > 0$
- 4)  $\Delta U = 0, A < 0$

Ответ: 

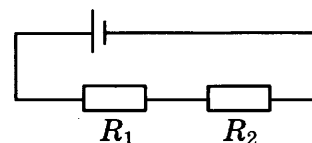
А	Б

13. По трем тонким длинным прямым параллельным проводникам текут одинаковые токи  $I$  (см. рисунок). Как направлена сила Ампера, действующая на проводник 3 со стороны двух других (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*)? Расстояния между соседними проводниками одинаковы. Ответ запишите словом (словами).



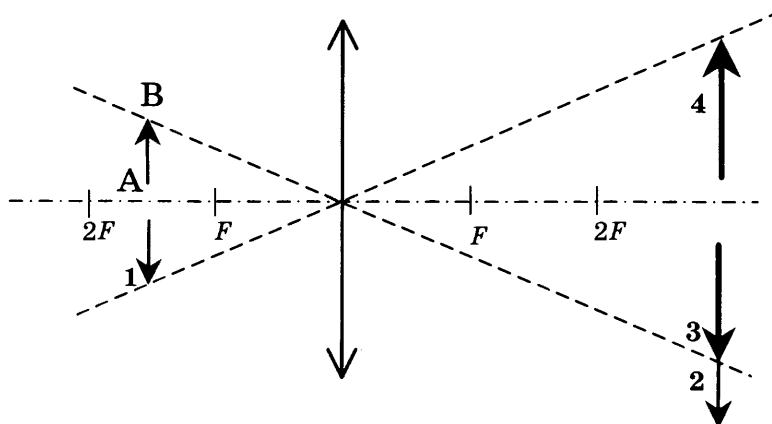
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. В электрической цепи, представленной на рисунке, сопротивления резисторов равны  $R_1 = 20$  Ом и  $R_2 = 30$  Ом. Чему равно отношение выделяющихся на резисторах мощностей  $\frac{P_2}{P_1}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

15. Какой из образов 1–4 служит изображением предмета АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

16. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялась сила тока в контуре с течением времени.

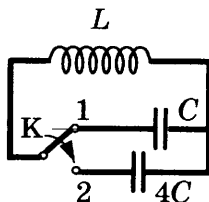
$t$ , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I$ , А	0,0	2,2	3,0	2,2	0,0	-2,2	-3,0	-2,2	0,0	2,2

Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) В момент  $t = 1$  мкс напряжение на конденсаторе минимально.
- 2) Период колебаний энергии магнитного поля катушки равен  $t = 4$  мкс.
- 3) Частота электромагнитных колебаний равна 25 кГц.
- 4) В момент  $t = 2$  мкс заряд конденсатора максимален.
- 5) В момент  $t = 6$  мкс энергия магнитного поля катушки максимальна.

Ответ:

17. Как изменятся частота собственных колебаний и максимальная сила тока в катушке колебательного контура (см. рисунок), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2 в тот момент, когда заряд конденсатора равен 0?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

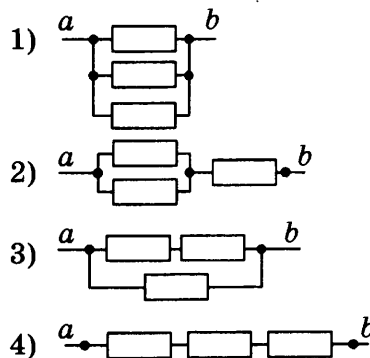
Частота собственных колебаний	Максимальная сила тока в катушке

18. Установите соответствие между сопротивлением участка цепи постоянного тока и схематическим изображением этого участка цепи. Сопротивления всех резисторов на рисунках одинаковы и равны  $R$ .

СОПРОТИВЛЕНИЕ УЧАСТКА ЦЕПИ

- А)  $\frac{R}{3}$   
 Б)  $\frac{3R}{2}$

УЧАСТОК ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА



Ответ:

А	Б

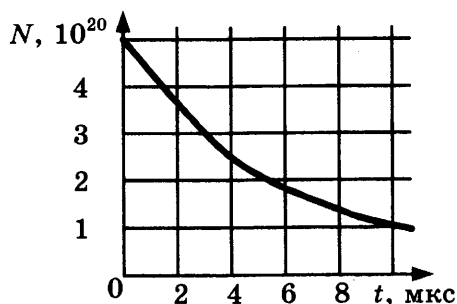
19. Укажите число протонов и число нейтронов в ядре натрия  ${}_{11}^{24}\text{Na}$ .

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке приведен график зависимости числа нераспавшихся ядер полония  ${}_{84}^{213}\text{Po}$  от времени. Определите период полураспада этого изотопа.



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

21. Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Как изменятся энергия фотонов  $E_{\text{ф}}$  падающего излучения и работа выхода электронов  $A_{\text{вых}}$  с поверхности металла, если уменьшить длину волны падающего света? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится  
 2) уменьшится  
 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Энергия фотонов $E_{\text{ф}}$	Работа выхода $A_{\text{вых}}$



22. Для определения периода колебаний маятника было измерено время, за которое совершается 20 колебаний, которое оказалось равным 18,0 с. Погрешность измерения времени составила 0,2 с. Запишите в ответ измеренный период колебаний с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) с.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице.

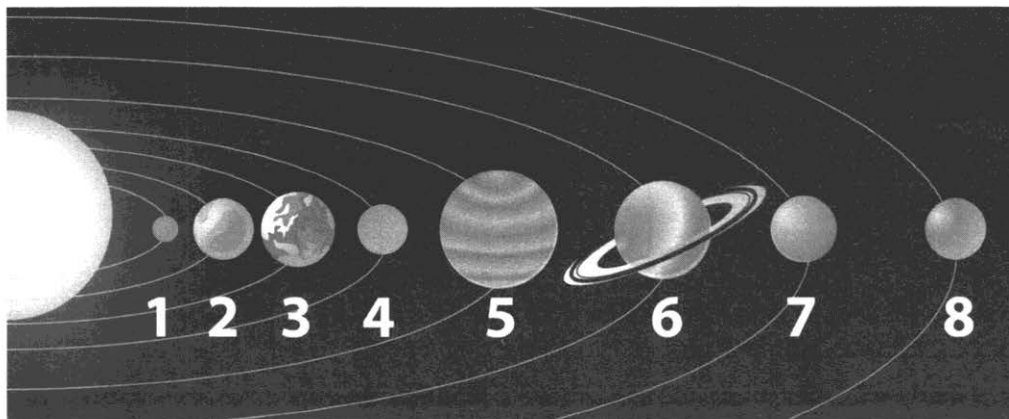
Какие из маятников нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от его длины?

№ маятника	Длина маятника	Объем сплошного шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	Сталь
2	1,5 м	5 см <sup>3</sup>	Сталь
3	2,0 м	5 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	1,0 м	8 см <sup>3</sup>	Сталь
5	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	Медь

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое изображение Солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений **все** верные и укажите их номера.



- 1) Уран на рисунке обозначен цифрой 7.
- 2) Атмосфера планеты 2 состоит в основном из кислорода и азота.
- 3) Периоды обращения вокруг Солнца планет 3 и 4 практически одинаковы.
- 4) Планета 5 не имеет спутников.
- 5) Планета 6 не имеет твердой поверхности.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В баллоне объемом  $16,62 \text{ м}^3$  находятся  $14 \text{ кг}$  азота при температуре  $300 \text{ К}$ . Каково давление этого газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

26. Прямолинейный проводник длиной  $l = 0,1 \text{ м}$ , по которому течет ток, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,4 \text{ Тл}$  и расположен под углом  $90^\circ$  к вектору  $\vec{B}$ . Какова сила тока, если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля, равна  $0,2 \text{ Н}$ ?

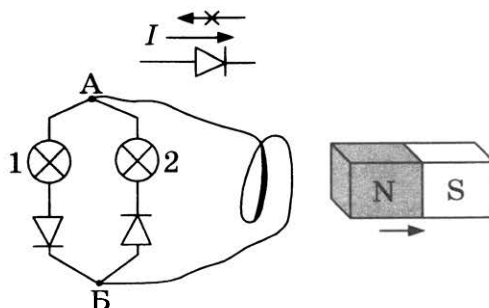
Ответ: \_\_\_\_\_ А.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

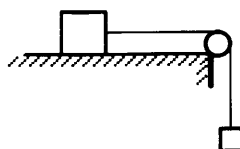
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Электрическая цепь состоит из двух лампочек, двух диодов и витка провода, соединенных, как показано на рисунке. (Диод пропускает ток только в одном направлении, как показано в верхней части рисунка.) Какая из лампочек загорится, если отодвигать от витка северный полюс магнита? Ответ объясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

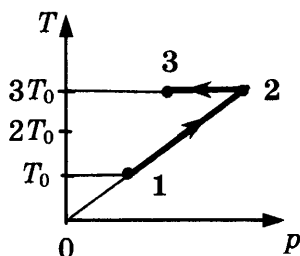


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

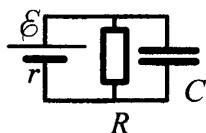
28. По горизонтальному столу движется брусок массой  $0,8 \text{ кг}$ , соединенный с грузом массой  $0,2 \text{ кг}$  невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Груз движется с ускорением  $1,2 \text{ м/с}^2$ . Определите коэффициент трения бруска о поверхность стола.



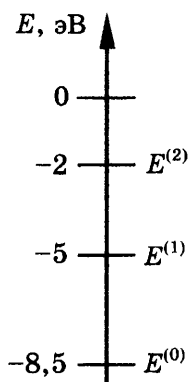
29. Кусок пластилина сталкивается со скользящим навстречу по горизонтальной поверхности стола бруском и прилипает к нему. Скорости пластилина и бруска перед ударом направлены противоположно друг другу и равны  $v_{пл} = 15$  м/с и  $v_{бр} = 5$  м/с. Масса бруска в 4 раза больше массы пластилина. Коэффициент трения скольжения между бруском и столом  $\mu = 0,17$ . На какое расстояние переместятся слипшиеся брусок с пластилином к моменту, когда их скорость уменьшится на 30%?
30. Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3 (см. рисунок, где  $T_0 = 100$  К). На участке 2–3 к газу подводят  $Q_{23} = 2,5$  кДж теплоты. Найдите отношение работы  $A_{123}$ , совершаемой газом в ходе процесса, к количеству поглощенной газом теплоты  $Q_{123}$ .



31. Какой должна быть ЭДС  $\mathcal{E}$  источника тока, чтобы напряженность электрического поля в плоском конденсаторе была равна  $E = 2$  кВ/м, если внутреннее сопротивление источника тока  $r = 2$  Ом, сопротивление резистора  $R = 10$  Ом, расстояние между пластинами конденсатора  $d = 2$  мм (см. рисунок)?



32. Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон в результате столкновения с одним из таких атомов приобрел некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения с покоящимся атомом оказался равным  $p_1 = 1,2 \cdot 10^{-24}$  кг м/с. Определите кинетическую энергию  $E_0$  электрона до столкновения. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.



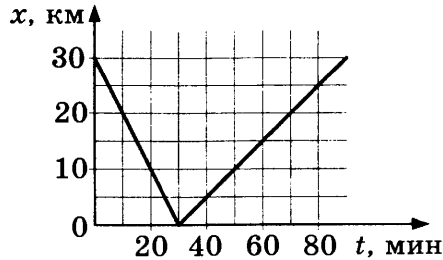
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 9

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график движения автобуса по прямой дороге, расположенной вдоль оси  $x$ . Определите проекцию скорости автобуса на ось  $x$  в интервале времени от 0 до 30 мин.



Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч.

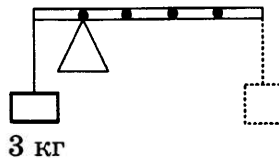
2. Тело скользит по горизонтальной плоскости. С какой силой тело давит на плоскость, если сила трения, действующая на тело, равна 9 Н, а коэффициент трения скольжения равен 0,2?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Первоначальное удлинение пружины равно  $\Delta l$ . Во сколько раз увеличится потенциальная энергия пружины, если ее удлинение станет в три раза больше?

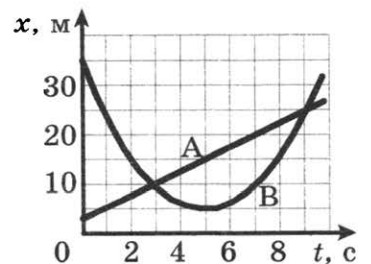
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз.

4. К левому концу невесомого стержня прикреплен груз массой 3 кг (см. рисунок). Стержень расположили на опоре, отстоящей от груза на 0,2 длины. Груз какой массы надо подвесить к правому концу, чтобы стержень находился в равновесии?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

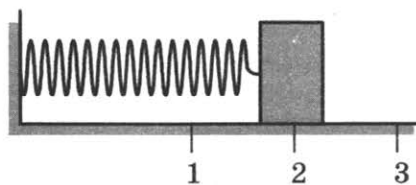
5. На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось  $x$ . Выберите **два** верных утверждения о движении тел.



- 1) Временной интервал между встречами тел А и В составляет 4 с.
- 2) Тело А движется со скоростью 2,5 м/с.
- 3) Тело А движется равноускоренно.
- 4) За первые 5 с тело В прошло 30 м.
- 5) Тело В движется равномерно.

Ответ:

6. Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются потенциальная энергия пружины маятника и скорость груза при движении груза маятника от точки 3 к точке 2?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия пружины	Скорость груза

7. Два пластилиновых бруска, массы которых равны  $m_1 = m$  и  $m_2 = 3m$ , скользят навстречу друг другу по гладкой горизонтальной плоскости со скоростями  $v_1 = v$ ,  $v_2 = 2v$ . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение брусков после абсолютно неупругого столкновения, и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль скорости первого бруска после столкновения
- Б) кинетическая энергия второго бруска после столкновения

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{5}{4}v$
- 2)  $\frac{75}{32}mv^2$
- 3)  $\frac{7}{4}v$
- 4)  $\frac{25}{8}mv^2$

Ответ:

А	Б

8. В сосуде под поршнем находится идеальный газ. Давление газа равно 100 кПа. При постоянной температуре объем газа уменьшили в 2 раза. Определите давление газа в конечном состоянии.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

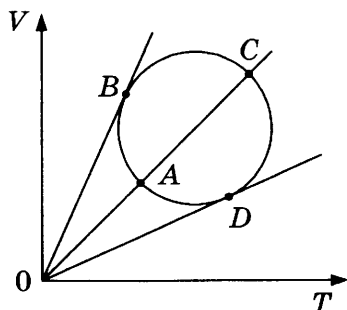
9. В идеальном тепловом двигателе, работающем по циклу Карно, температура нагревателя равна 580 К, а холодильника 17 °С. Определите КПД этого двигателя.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Какое количество теплоты отдает чугунная деталь массой 10 кг при понижении ее температуры на 20 К?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. Зависимость объема постоянной массы идеального газа от температуры показана на  $V$ - $T$ -диаграмме (см. рисунок). Выберите *два* верных утверждения о процессе, происходящем с газом.



- 1) Давление газа минимально в состоянии А.
- 2) При переходе из состояния D в состояние А внутренняя энергия уменьшается.
- 3) При переходе из состояния В в состояние С работа газа все время отрицательна.
- 4) Давление газа в состоянии С больше, чем давление газа в состоянии А.
- 5) Давление газа в состоянии D больше, чем давление газа в состоянии А.

Ответ: 

--	--

12. Установите соответствие между процессами в идеальном газе и значениями физических величин, характеризующих эти процессы ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа,  $\nu$  — количество газа).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

- А) изохорное нагревание при  $\nu = \text{const}$   
 Б) адиабатическое сжатие при  $\nu = \text{const}$

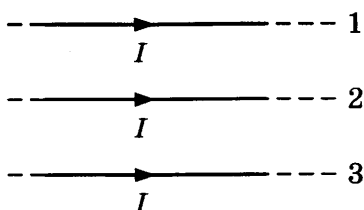
**ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

- 1)  $\Delta U > 0, A = 0$
- 2)  $\Delta U > 0, A > 0$
- 3)  $\Delta U = 0, A > 0$
- 4)  $\Delta U > 0, A < 0$

Ответ: 

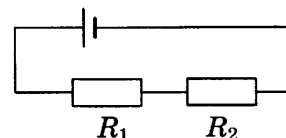
А	Б

13. По трем тонким длинным прямым параллельным проводникам текут одинаковые токи  $I$  (см. рисунок). Как направлена сила Ампера (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*), действующая на проводник 1 со стороны двух других? Расстояния между соседними проводниками одинаковы. Ответ запишите словом (словами).



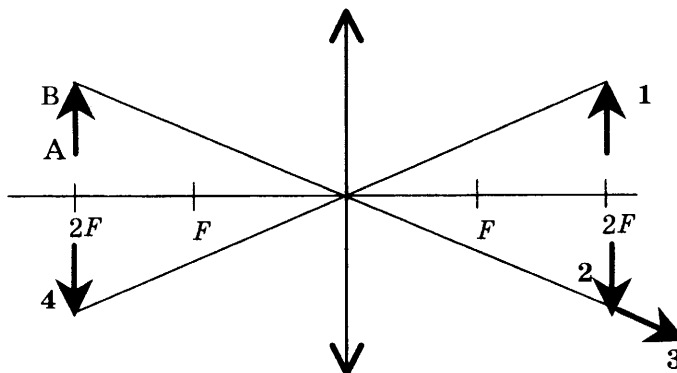
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. В электрической цепи, представленной на рисунке, тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе  $R_1 = 20$  Ом, равна 2 кВт. Чему равна мощность, выделяющаяся на резисторе  $R_2 = 30$  Ом?



Ответ: \_\_\_\_\_ кВт.

15. Какой из образов 1–4 служит изображением предмета АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: образ \_\_\_\_\_.

16. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялась сила тока в контуре с течением времени.

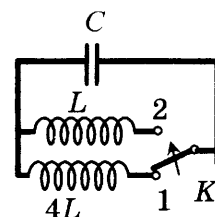
$t$ , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I$ , А	0,0	2,2	3,0	2,2	0,0	-2,2	-3,0	-2,2	0,0	2,2

Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) В момент  $t = 2$  мкс напряжение на конденсаторе минимально.
- 2) Период колебаний энергии магнитного поля катушки равен  $t = 8$  мкс.
- 3) Частота колебаний равна 8 кГц.
- 4) В момент  $t = 3$  мкс заряд конденсатора максимален.
- 5) В момент  $t = 4$  мкс энергия магнитного поля катушки минимальна.

Ответ:

17. Как изменятся частота собственных колебаний и максимальный заряд конденсатора колебательного контура (см. рисунок), если ключ  $K$  перевести из положения 1 в положение 2 в тот момент, когда заряд конденсатора максимален?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота собственных колебаний	Максимальный заряд конденсатора

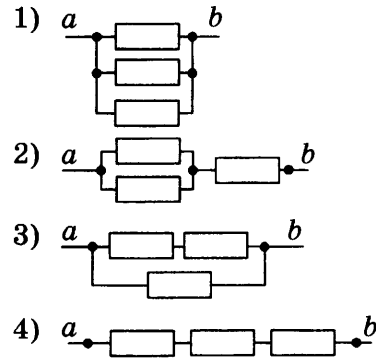
18. Установите соответствие между сопротивлением участка цепи постоянного тока и схематическим изображением этого участка цепи. Сопротивления всех резисторов на рисунках одинаковы и равны  $R$ .

СОПРОТИВЛЕНИЕ УЧАСТКА ЦЕПИ

А)  $3R$

Б)  $\frac{2R}{3}$

УЧАСТОК ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА



Ответ:

А	Б

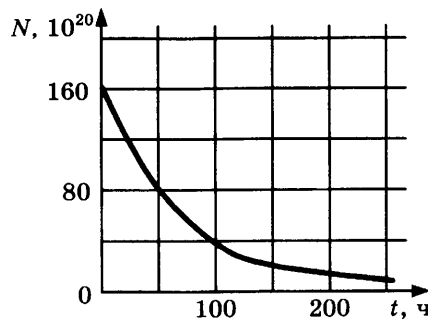
19. Укажите число протонов и число нейтронов в ядре бора  ${}_{5}^{11}\text{B}$ .

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На рисунке приведен график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия  ${}_{68}^{172}\text{Er}$  от времени. Определите период полураспада этого изотопа эрбия.



Ответ: \_\_\_\_\_ ч.

21. Монохроматический свет с длиной волны  $\lambda$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. Как изменятся энергия фотонов  $E_{\text{ф}}$  падающего излучения и работа выхода электронов  $A_{\text{вых}}$  с поверхности металла, если увеличить длину волны падающего света? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Энергия фотонов $E_{\text{ф}}$	Работа выхода $A_{\text{вых}}$



22. При определении периода колебаний маятника было измерено время, за которое совершается 40 колебаний, которое оказалось равным 20,0 с. Погрешность измерения времени составила 0,4 с. Запишите в ответ измеренный период колебаний с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) с.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице.

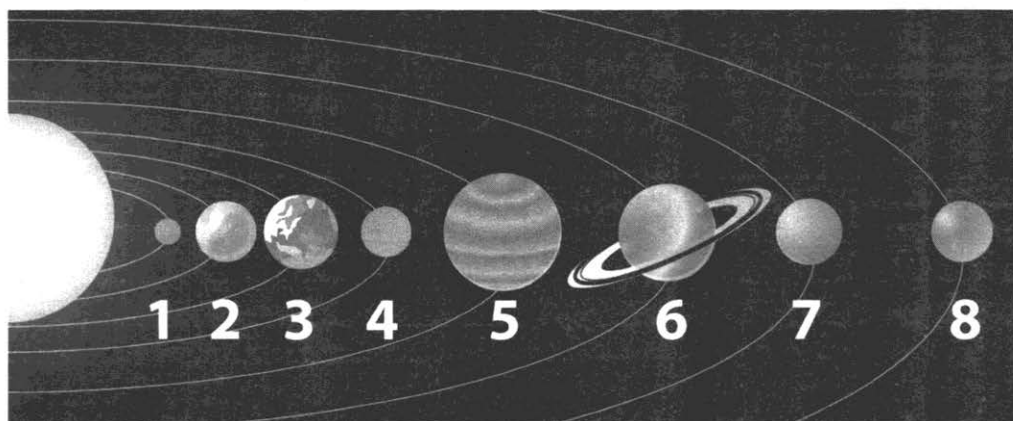
Какие из маятников нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от массы шарика?

№ маятника	Длина маятника	Объем сплошного шарика	Материал, из которого сделан шарик
1	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	Сталь
2	1,2 м	5 см <sup>3</sup>	Сталь
3	2,0 м	5 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	1,5 м	8 см <sup>3</sup>	Сталь
5	1,0 м	5 см <sup>3</sup>	Медь

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое изображение Солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений **все** верные и укажите их номера.



- Юпитер на рисунке обозначен цифрой 5.
- Атмосфера планеты 4 состоит в основном из метана.
- Периоды обращения вокруг Солнца планет 2 и 3 практически одинаковы.
- Планета 7 имеет кольца.
- Планета 2 относится к планетам-гигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В баллоне находятся 28 кг азота при температуре 300 К и давлении 300 кПа. Определите объем баллона.

Ответ: \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>.

26. Прямолинейный проводник длиной  $l = 0,2$  м, по которому течет ток  $I = 2$  А, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,6$  Тл и расположен параллельно вектору  $\vec{B}$ . Определите модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля.

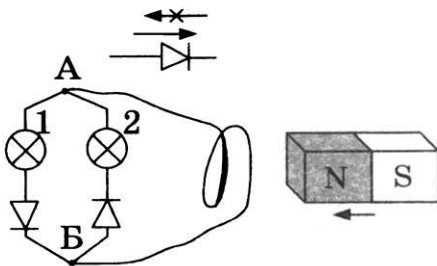
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

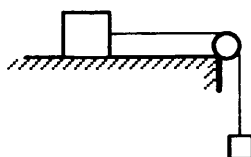
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Электрическая цепь состоит из двух лампочек, двух диодов и витка провода, соединенных, как показано на рисунке. (Диод пропускает ток только в одном направлении, как показано в верхней части рисунка.) Какая из лампочек загорится, если приближать к витку северный полюс магнита? Ответ объясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.

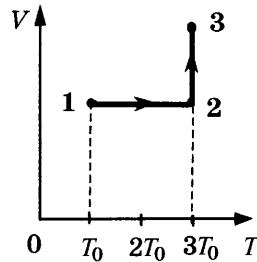


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

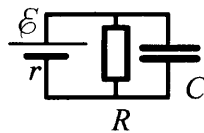
28. По горизонтальному столу движется брусок массой 0,7 кг, соединенный с грузом массой 0,3 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Коэффициент трения бруска о поверхность стола равен 0,2. Определите ускорение бруска.



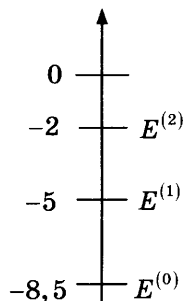
29. Пуля летит горизонтально со скоростью  $v_0 = 100$  м/с, пробивает стоящий на горизонтальной поверхности льда брусок и продолжает движение в прежнем направлении со скоростью  $\frac{v_0}{2}$ . Масса бруска в 10 раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения между бруском и льдом  $\mu = 0,1$ . На какое расстояние  $L$  сместится брусок к моменту, когда его скорость уменьшится на 20%?
30. Один моль одноатомного идеального газа переходит из состояния 1 в состояние 3 в соответствии с графиком зависимости его объема  $V$  от температуры  $T$  ( $T_0 = 100$  К). На участке 2–3 к газу подводят количество теплоты  $Q_{23} = 2,5$  кДж. Найдите отношение работы газа  $A_{123}$  ко всему количеству подведенной к газу теплоты  $Q_{123}$ .



31. К источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 9$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подключили параллельно соединенные резистор с сопротивлением  $R = 8$  Ом и плоский конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 0,002$  м. Какова напряженность электрического поля  $E$  между пластинами конденсатора?



32. Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов некоего элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон, движущийся с кинетической энергией  $E_0 = 1,5$  эВ, в результате столкновения с одним из таких атомов приобрел некоторую дополнительную энергию. Определите импульс  $p_1$  электрона после столкновения, считая, что до столкновения атом покоился. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.



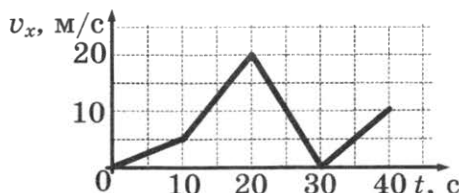
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 10

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени. Чему равен модуль ускорения автомобиля в промежуток времени от 10 с до 20 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение, равное по модулю  $2 \text{ м/с}^2$ . Чему равен модуль ускорения тела массой  $\frac{m}{2}$  под действием силы  $2\vec{F}$  в этой системе отсчета?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

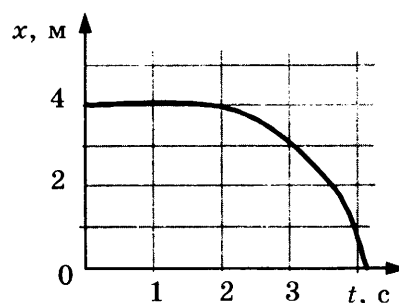
3. Охотник, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда  $0,04 \text{ кг}$ . Скорость дробинок при выстреле  $300 \text{ м/с}$ . Какова масса охотника, если его скорость после выстрела равна  $0,2 \text{ м/с}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Бутылку с подсолнечным маслом, закрытую пробкой, перевернули. Определите силу, с которой действует масло на пробку площадью  $5 \text{ см}^2$ , если расстояние от уровня масла в сосуде до пробки равно  $20 \text{ см}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

5. Шарик катится по прямому желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о движении шарика.



- 1) Первые 2 с шарик покоился, а затем двигался с возрастающей скоростью.
- 2) На шарик действовала все увеличивающаяся сила.
- 3) Первые 2 с скорость шарика не менялась, а затем ее модуль постепенно уменьшался.
- 4) Путь, пройденный шариком за первые 3 с, равен 1 м.
- 5) Скорость шарика постоянно уменьшалась.

Ответ:

6. В школьной лаборатории изучают свободные вертикальные колебания пружинного маятника при различных значениях массы маятника. Как изменятся период колебаний маятника и период изменения его потенциальной энергии, если увеличить массу маятника, не изменяя жесткость пружины?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Период изменения потенциальной энергии

7. Шайба съезжает из состояния покоя с горки высотой  $H$ . Ускорение свободного падения равно  $g$ . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна  $E_k$ . Трение шайбы о горку пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) масса шайбы
- Б) модуль импульса шайбы у подножия горки

**ФОРМУЛА**

- 1)  $E_k \sqrt{\frac{2}{gH}}$
- 2)  $\frac{\sqrt{2E_k}}{gH}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2E_k}{gH}}$
- 4)  $\frac{E_k}{gH}$

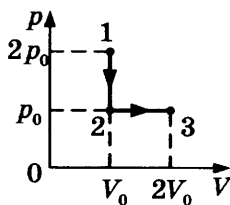
Ответ: 

А	Б

8. При проведении опыта в сосуд закачивали воздух, одновременно охлаждая его. При этом температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, а давление воздуха возросло в три раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз.

9. Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на  $p$ - $V$ -диаграмме. Чему равна работа, совершенная газом в процессе 1-2-3, если  $p_0 = 80$  кПа,  $V_0 = 2$  л?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Какой станет относительная влажность, если объем сосуда за счет движения поршня при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °С	95	88	81	80	80	80	77	72

Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенного экспериментального исследования, и укажите их номера.

- 1) Температура кристаллизации жидкости в данных условиях равна 80 °С.
- 2) Через 7 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в твердом состоянии.
- 3) Через 4 мин после начала измерений в стакане находилось вещество как в жидком, так и в твердом состоянии.
- 4) Через 12 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в жидком состоянии.
- 5) Через 14 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в твердом состоянии.

Ответ:

--	--

12. Температуру холодильника теплового двигателя, работающего по циклу Карно, увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД теплового двигателя и количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику?

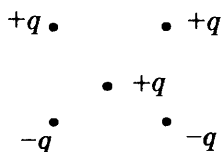
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

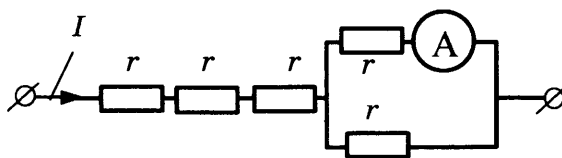
КПД теплового двигателя	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы

13. Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) сила Кулона  $\vec{F}$ , действующая на положительный точечный заряд  $+q$ , помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 6$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

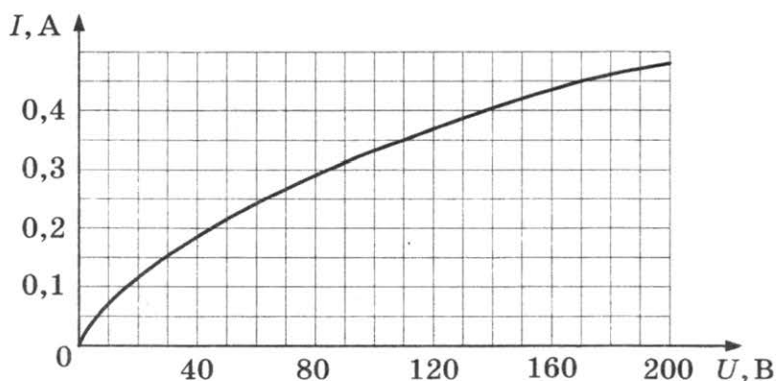


Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отраженным лучами равен  $60^\circ$ . Определите угол между отраженным лучом и зеркалом.

Ответ: \_\_\_\_\_  $^\circ$ .

16. На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного к ней напряжения. Выберите **два** верных утверждения, которые можно сделать, анализируя этот график.



- 1) Сопротивление лампы не зависит от приложенного напряжения.
- 2) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 110 В, равна 38,5 Вт.
- 3) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 170 В, равна 40 Вт.
- 4) Сопротивление лампы при силе тока в ней 0,15 А равно 200 Ом.
- 5) Сопротивление лампы при напряжении 100 В равно 400 Ом.

Ответ:

17. В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится частота световой волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

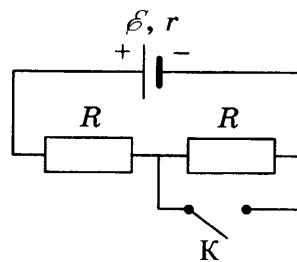
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны света, достигающего решетки	Угол между нормалью к решетке и первым дифракционным максимумом

18. На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника напряжения;  $r$  — внутреннее сопротивление источника;  $R$  — сопротивление резистора).



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) напряжение на источнике при замкнутом ключе К
- Б) сила тока через источник при разомкнутом ключе К

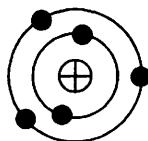
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$
- 2)  $\frac{2\mathcal{E}r}{2R+r}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

Ответ:

А	Б

19. На рисунке изображена модель нейтрального атома. Масса атома равна 11 а.е.м. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро данного атома?



Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада изотопа натрия  $^{22}_{11}\text{Na}$  равен 2,6 года. Изначально было 208 г этого изотопа. Сколько его будет через 5,2 года?

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

21. Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как изменяются при этом массовое число и заряд ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

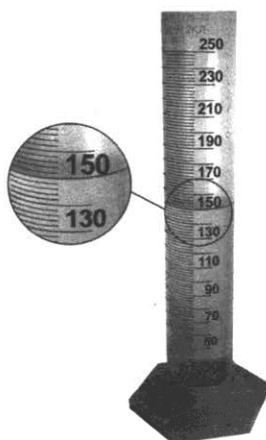
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд ядра



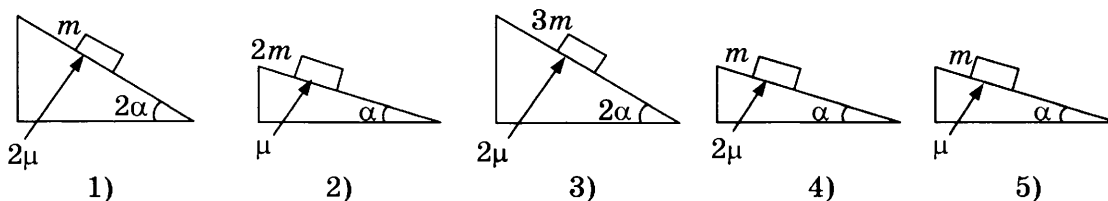
22. Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объема равна цене деления шкалы мензурки. Чему равен объем налитой учеником воды?



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) мл.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

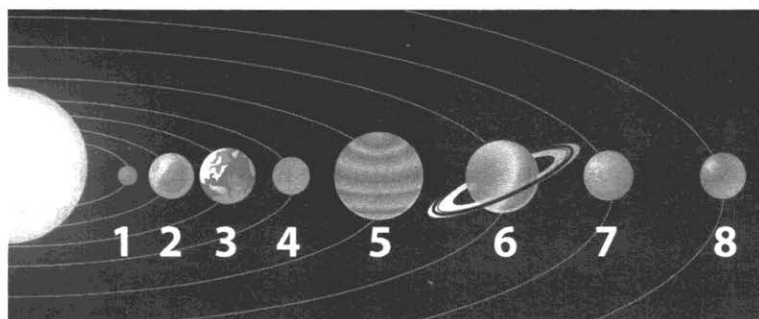
23. Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от коэффициента трения груза о плоскость. Какие *две* установки из изображенных ниже следует выбрать, чтобы провести такое исследование?



В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое изображение Солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений *все* верные и укажите их номера.



- 1) Сатурн на рисунке обозначен цифрой 4.
- 2) Атмосфера планеты 2 состоит в основном из углекислого газа.
- 3) Периоды обращения вокруг Солнца планет 3 и 4 практически одинаковы.
- 4) Планета 5 имеет несколько спутников.
- 5) Планета 4 относится к планетам-гигантам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Цилиндрический сосуд разделен неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой — водород, концентрации газов одинаковы. Давление кислорода в 4 раза меньше давления водорода. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии молекул водорода?

Ответ: \_\_\_\_\_.

26. Чему равна сила Ампера, действующая на стальной прямой проводник с током длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $2 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$ , если напряжение на нем 3,6 В, а модуль вектора магнитной индукции 1 Тл? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали  $0,12 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Тонкая линза Л дает четкое действительное изображение предмета АВ на экране Э (рисунок 1). Что произойдет с изображением предмета на экране, если верхнюю половину линзы закрыть куском черного картона К (рисунок 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

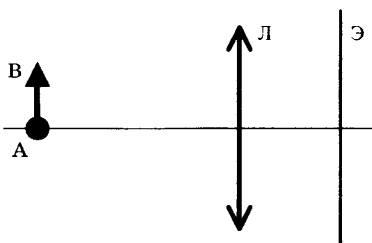


Рис. 1

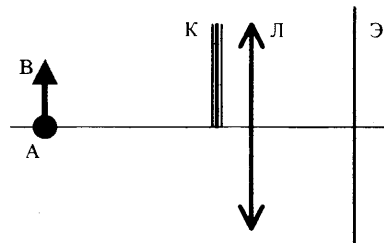
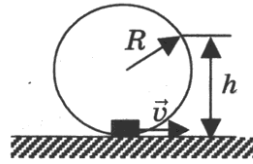


Рис. 2

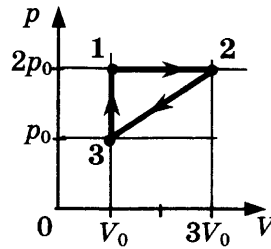
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Мальчик на санках скатился без трения с ледяной горки высотой 10 м и проехал по горизонтали до остановки 50 м. Сила трения при его движении по горизонтальной поверхности равна 80 Н. Чему равна общая масса мальчика с санками?

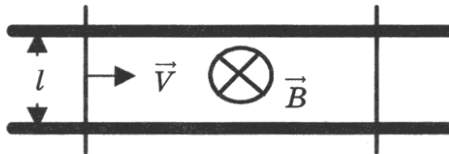
29. Небольшая шайба после толчка приобретает скорость  $v = 2$  м/с и скользит по внутренней поверхности гладкого закрепленного кольца радиусом  $R = 0,14$  м. На какой высоте  $h$  шайба отрывается от кольца и начинает свободно падать?



30. С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ совершает работу  $A_{\text{ц}} = 5$  кДж. Какое количество теплоты  $Q_{\text{н}}$  газ получает за цикл от нагревателя?



31. Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $\vec{B}$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $\vec{V}$ , а правый — покоится. С какой скоростью  $\vec{v}$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в три раза уменьшить силу Ампера, действующую на левый проводник? Сопротивлением рельсов пренебречь.



32. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{\text{кр}} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равна максимально возможная скорость фотоэлектрона?



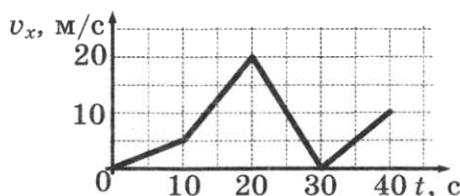
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 11

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени. Чему равен модуль ускорения автомобиля в момент времени от 20 с до 30 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение, равное по модулю  $8 \text{ м/с}^2$ . Чему равен модуль ускорения тела массой  $2m$  под действием силы  $\frac{\vec{F}}{2}$  в этой системе отсчета?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

3. Охотник массой  $60 \text{ кг}$ , стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда  $0,03 \text{ кг}$ . Скорость дробинок при выстреле  $300 \text{ м/с}$ . Определите скорость охотника после выстрела.

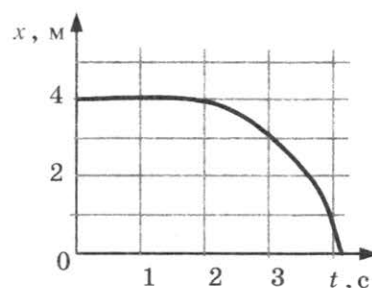
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4. Бутылку с подсолнечным маслом, закрытую пробкой, перевернули. Каково расстояние от уровня масла в сосуде до пробки, если сила, с которой действует масло на пробку площадью  $10 \text{ см}^2$ , равна  $3,6 \text{ Н}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5. Шарик катится по прямому желобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения о движении шарика.

- 1) Первые  $2 \text{ с}$  скорость шарика не менялась, а затем ее модуль постепенно уменьшался.
- 2) Скорость шарика все время увеличивалась.
- 3) Первые  $2 \text{ с}$  сумма сил, действовавших на шарик, была равна  $0$ .
- 4) За первые  $3 \text{ с}$  шарик переместился на  $1 \text{ м}$ .
- 5) Скорость шарика постоянно уменьшалась.



Ответ: 

--	--

6. В школьной лаборатории изучают свободные вертикальные колебания пружинного маятника при различных значениях жесткости пружины маятника. Как изменятся период колебаний маятника и период изменения его кинетической энергии, если увеличить жесткость пружины, не изменяя массу маятника?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Период изменения кинетической энергии

7. Шайба массой  $m$  съезжает с горки из состояния покоя. Ускорение свободного падения равно  $g$ . У подножия горки кинетическая энергия шайбы равна  $E_k$ . Трение шайбы о горку пренебрежимо мало. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

- А) высота горки
- Б) модуль импульса шайбы у подножия горки

**ФОРМУЛА**

- 1)  $E_k \sqrt{\frac{2m}{g}}$
- 2)  $\sqrt{2mE_k}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2E_k}{gm}}$
- 4)  $\frac{E_k}{gm}$

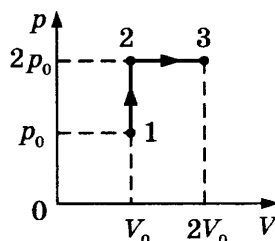
Ответ:

А	Б

8. При проведении опыта в сосуд закачивали воздух, одновременно нагревая его. При этом температура воздуха в сосуде повысилась в 2 раза, а давление воздуха возросло в три раза. Во сколько раз увеличилась масса воздуха в сосуде?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(-а).

9. Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на  $p$ - $V$ -диаграмме. Чому равна работа, совершенная газом в процессе 1-2-3, если  $p_0 = 50$  кПа,  $V_0 = 2$  л?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 20%. Какой станет относительная влажность, если объем сосуда за счет движения поршня при неизменной температуре уменьшить в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. Горячая жидкость медленно охлаждалась в стакане. В таблице приведены результаты измерений ее температуры с течением времени.

Время, мин	0	2	4	6	8	10	12	14
Температура, °С	95	88	81	80	80	80	77	72

Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенного экспериментального исследования, и укажите их номера.

- 1) Температура кристаллизации жидкости в данных условиях равна 95 °С.
- 2) Через 7 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в жидком состоянии.
- 3) Через 9 мин после начала измерений в стакане находилось вещество как в жидком, так и в твердом состоянии.
- 4) Через 13 мин после начала измерений в стакане находилось вещество только в твердом состоянии.
- 5) Через 10 мин после начала измерений жидкость начала конденсироваться.

Ответ:

12. Температуру холодильника теплового двигателя, работающего по циклу Карно, увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, не изменилось. Как изменились при этом КПД теплового двигателя и количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл?

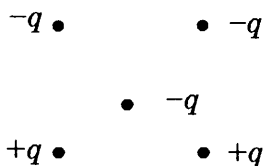
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

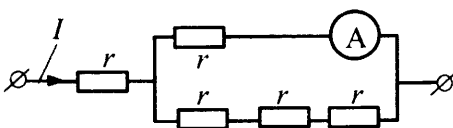
КПД теплового двигателя	Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл работы

13. Как направлена сила Кулона (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*), действующая на отрицательный точечный заряд  $-q$ , помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 10$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.

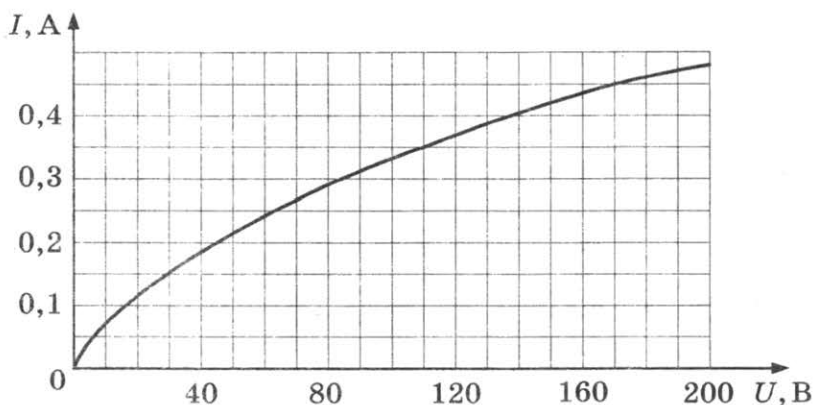


Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15. Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен  $30^\circ$ . Определите угол между падающим и отраженным лучами.

Ответ: \_\_\_\_\_  $^\circ$ .

16. На рисунке изображена зависимость силы тока через лампу накаливания от приложенного к ней напряжения. Выберите **два** верных утверждения, которые можно сделать, анализируя этот график.



- 1) Сопротивление лампы уменьшается при увеличении силы тока, текущего через нее.
- 2) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 110 В, равна 50 Вт.
- 3) Мощность, выделяемая в лампе при напряжении 170 В, равна 76,5 Вт.
- 4) Сопротивление лампы при силе тока в ней 0,35А равно 200 Ом.
- 5) Мощность, выделяемая в лампе, увеличивается при увеличении силы тока.

Ответ:

17. В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится длина волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и вторым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

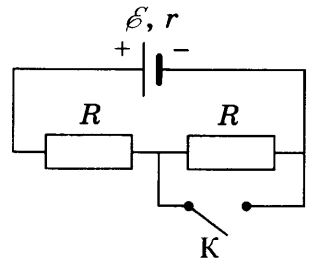
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны света, достигающего решетки	Угол между нормалью к решетке и вторым дифракционным максимумом

18. На рисунке показана цепь постоянного тока. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\mathcal{E}$  — ЭДС источника напряжения;  $r$  — внутреннее сопротивление источника;  $R$  — сопротивление резистора). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) напряжение на источнике при разомкнутом ключе К  
 Б) сила тока через первый резистор при замкнутом ключе К

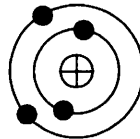
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}R}{R+r}$   
 2)  $\frac{2\mathcal{E}R}{2R+r}$   
 3)  $\frac{\mathcal{E}}{2R+r}$   
 4)  $\frac{\mathcal{E}}{R+r}$

Ответ:

А	Б

19. На рисунке изображена модель нейтрального атома. Масса атома равна 11 а.е.м. Сколько протонов и нейтронов содержит ядро данного атома?



Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада изотопа натрия  $^{22}_{11}\text{Na}$  равен 2,6 года. Изначально было 208 г этого изотопа. Сколько его будет через 7,8 года?

Ответ: \_\_\_\_\_ г.

21. Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность испускания атомным ядром электронов. Как изменяются при этом массовое число и заряд ядра?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

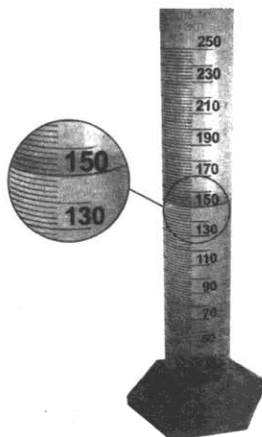
- 1) увеличивается  
 2) уменьшается  
 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд ядра



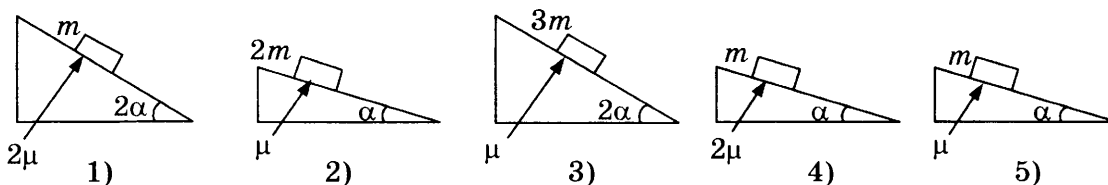
22. Для проведения опыта ученик налил воду в мензурку. Шкала мензурки проградуирована в миллилитрах (мл). Погрешность измерений объема равна половине цены деления шкалы мензурки. Чему равен объем налитой учеником воды?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мл.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

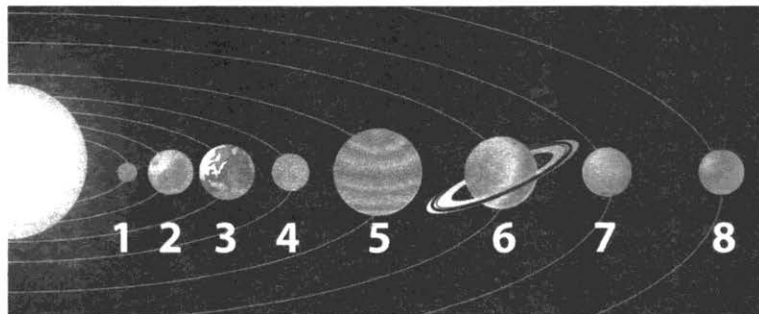
23. Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения тела, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от массы груза. Какие *две* установки из изображенных ниже следует выбрать, чтобы провести такое исследование?



В ответ запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое изображение Солнечной системы. Планеты на этом рисунке обозначены цифрами. Выберите из приведенных ниже утверждений *все* верные и укажите их номера.



- 1) Нептун на рисунке обозначен цифрой 5.
- 2) Планета 2 имеет твердую поверхность.
- 3) Период обращения Юпитера вокруг Солнца больше, чем Марса.
- 4) Атмосфера планеты 7 состоит в основном из азота.
- 5) Период обращения вокруг своей оси планеты 5 больше, чем у Земли.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Цилиндрический сосуд разделен неподвижной теплоизолирующей перегородкой. В одной части сосуда находится кислород, в другой — азот. И концентрация, и давление кислорода в 2 раза больше концентрации и давления азота. Чему равно отношение средней кинетической энергии молекул кислорода к средней кинетической энергии молекул азота?

Ответ: \_\_\_\_\_.

26. При помещении в магнитное поле на стальной прямой проводник с током длиной 10 см и площадью поперечного сечения  $3 \cdot 10^{-2} \text{ мм}^2$  действует сила Ампера, равная 0,6 Н. Чему равен модуль вектора магнитной индукции, если напряжение на проводнике равно 2,4 В? Вектор магнитной индукции перпендикулярен проводнику. Удельное сопротивление стали  $0,12 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Тл.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Тонкая линза Л дает четкое действительное изображение предмета АВ на экране Э (рисунок 1). Что произойдет с изображением предмета на экране, если нижнюю половину линзы закрыть куском черного картона К (рисунок 2)? Постройте изображение предмета в обоих случаях. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

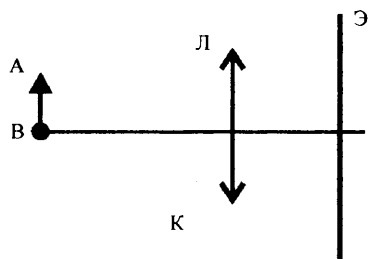


Рис. 1

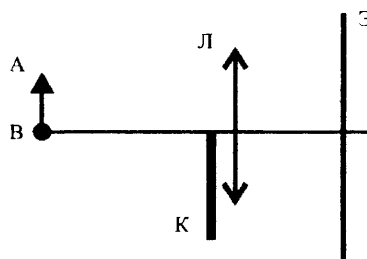
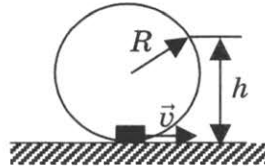


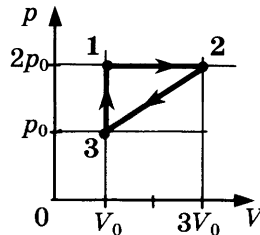
Рис. 2

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

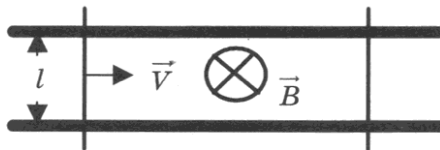
28. Мальчик на санках скатился без трения с ледяной горки, а затем проехал до остановки по горизонтальной поверхности 30 м. Коэффициент трения при его движении по горизонтальной поверхности равен 0,2. Чему равна высота горки? Масса мальчика вместе с санями равна 50 кг.
29. Небольшая шайба массой  $m = 0,2$  кг после толчка приобретает скорость  $v = 3$  м/с и скользит по внутренней поверхности гладкого закрепленного кольца радиусом  $R = 0,14$  м. С какой силой  $F$  шайба давит на поверхность кольца в тот момент, когда она находится на высоте  $h = 0,2$  м от нижней точки кольца?



30. С одноатомным идеальным газом неизменной массы происходит циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_n = 2300$  Дж. Какую работу газ совершает за цикл?



31. Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция  $\vec{B}$  которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью  $\vec{V}$ , а правый — покоится. С какой скоростью  $\vec{v}$  надо перемещать правый проводник направо, чтобы в два раза увеличить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь.)



32. Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе атома из состояния  $E_3$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода,  $\nu_{кр} = 6 \cdot 10^{14}$  Гц. Чему равен максимально возможный импульс фотоэлектрона?



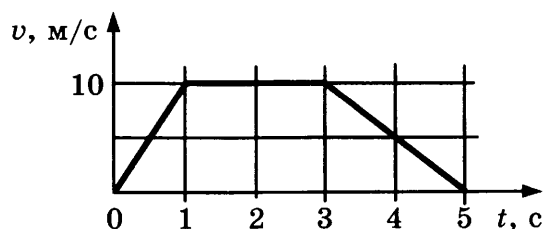
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 12

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Определите путь, пройденный автомобилем за первую секунду движения.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

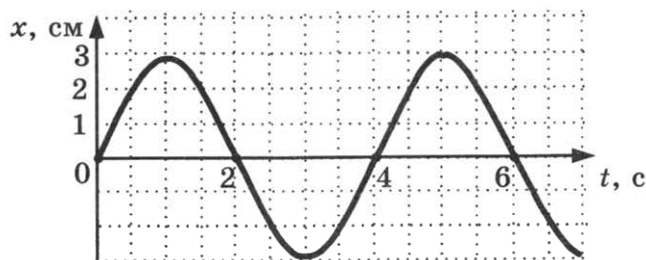
2. Пружина жесткости  $k = 10^4$  Н/м одним концом прикреплена к неподвижной опоре, а к другому ее концу приложили силу  $F = 1000$  Н. Определите растяжение пружины.

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

3. Отец везет сына на санках по горизонтальной заснеженной дороге с постоянной скоростью. Отец совершил механическую работу, равную 2000 Дж, проделав путь 50 м. Определите модуль силы трения, действовавшей на санки во время движения.

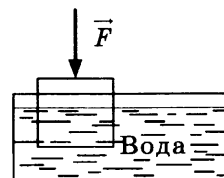
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

4. На рисунке приведен график зависимости координаты колеблющегося тела от времени. Чему равна частота колебаний тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5. Деревянный кубик с ребром 10 см плавает частично погруженный в воду. Его начинают медленно погружать, действуя силой, направленной вертикально вниз. В таблице приведены значения модуля силы, под действием которой кубик находится в равновесии частично или полностью погруженный в воду. Погрешность измерения силы составила 0,1 Н. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.



№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль силы, $F$ , Н	0,2	0,8	1,8	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0

- 1) В опыте № 6 сила Архимеда, действующая на кубик, меньше, чем в опыте № 2.
- 2) В опыте № 7 кубик погружен в воду полностью.
- 3) Масса кубика равна 0,5 кг.
- 4) В опыте № 4 кубик погружен в воду на половину своего объема.
- 5) Плотность кубика равна 400 кг/м<sup>3</sup>.

Ответ: 

--	--

6. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника в поле тяжести Земли и скорость его движения по орбите? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия	Скорость движения по орбите

7. Тело брошено с горизонтальной поверхности со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение тела, и формулами, выражающими их в рассматриваемой задаче.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длительность полета тела  $t$
- Б) расстояние  $S$  от точки броска до точки падения

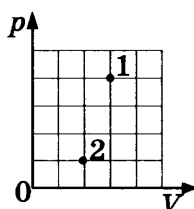
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{2v \sin \alpha}{g}$
- 2)  $\frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g}$
- 3)  $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$
- 4)  $\frac{v \sin \alpha}{g}$

Ответ: 

А	Б

8. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Определите отношение температур газа  $\frac{T_1}{T_2}$  в состояниях 1 и 2 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Какое количество теплоты передано газу, если его внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж, а газ совершил работу, равную 500 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Воспользовавшись таблицами, приведенными на стр. 5, 6, определите, каково должно быть примерное отношение масс  $\frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{Al}}}$  железного и алюминиевого тел, чтобы при получении одного и того же количества теплоты они нагрелись на одно и то же число градусов. Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11. В сосуде неизменного объема при комнатной температуре находилась смесь водорода и гелия по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль водорода. Считая газы идеальными, а их температуру постоянной, выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.

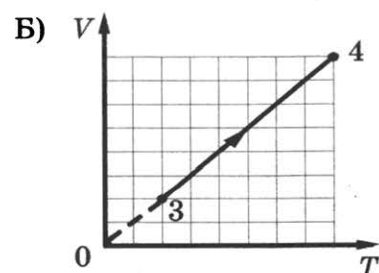
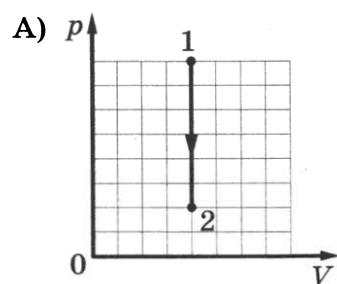
- 1) Парциальное давление водорода уменьшилось.
- 2) Давление смеси газов в сосуде не изменилось.
- 3) Концентрация гелия увеличилась.
- 4) В начале опыта концентрации газов были одинаковые.
- 5) В начале опыта массы газов были одинаковые.

Ответ: 

--	--

12. На рисунках А) и Б) приведены графики двух процессов 1–2 и 3–4, каждый из которых совершается одним молекул аргона. Графики построены в координатах  $p$ – $V$  и  $V$ – $T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объем и  $T$  — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

#### ГРАФИКИ



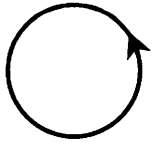
#### УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдает теплоту.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает теплоту.
- 3) Газ получает теплоту, но не совершает работы.
- 4) Газ получает теплоту и совершает работу.

Ответ: 

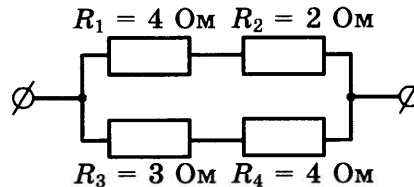
А	Б

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Куда направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля тока в центре витка? Ответ запишите словом (словами).



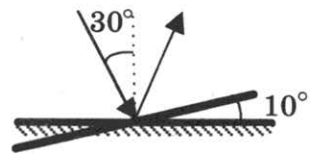
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. На рисунке представлен участок электрической цепи. Каково отношение количеств теплоты  $Q_1/Q_2$ , выделившихся на резисторах  $R_1$  и  $R_2$  за одно и то же время?



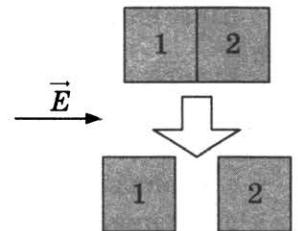
Ответ: \_\_\_\_\_.

15. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким станет угол отражения света, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ $^\circ$ .

16. Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизил в плотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально вправо, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.



- 1) После того как кубики раздвинули, заряд первого кубика оказался отрицателен, заряд второго — положителен.
- 2) После помещения в электрическое поле электроны из первого кубика стали переходить во второй.
- 3) После того как кубики раздвинули, заряды обоих кубиков остались равными нулю.
- 4) До разделения кубиков в электрическом поле левая поверхность 1-го кубика была заряжена отрицательно.
- 5) До разделения кубиков в электрическом поле правая поверхность 2-го кубика была заряжена отрицательно.

Ответ:

17. Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с радиусом орбиты и кинетической энергией частицы при увеличении скорости ее движения?

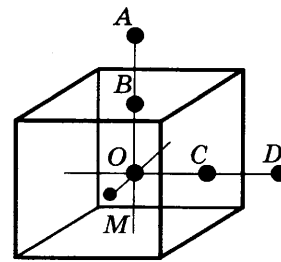
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Кинетическая энергия частицы

18. Заряд неподвижного металлического уединенного кубика равен  $q$ . Точка  $O$  — центр кубика, точки  $B$  и  $C$  — центры его граней,  $AB = OB$ ,  $CD = OC$ ,  $OM = \frac{OB}{2}$ . Модуль напряженности электро-



статического поля заряда  $Q$  в точке  $A$  равен  $E_A$ .

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА**

**ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ**

А) модуль напряженности электростатического поля кубика в точке  $D$

1) 0

2)  $E_A$

Б) модуль напряженности электростатического поля кубика в точке  $M$

3)  $4E_A$

4)  $16E_A$

Ответ:

А	Б

19. В результате серии радиоактивных распадов уран  ${}_{92}^{238}\text{U}$  превращается в свинец  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ . Какое количество  $\alpha$ -распадов и  $\beta$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ:

Число $\alpha$ -распадов	Число $\beta$ -распадов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада ядер радиоактивного изотопа висмута 19 мин. За какой промежуток времени распадется 75% ядер висмута в исследуемом образце?

Ответ: за \_\_\_\_\_ мин.

21. В опытах по фотоэффекту взяли пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж и стали освещать ее светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Как изменится работа выхода фотоэлектронов из металла и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов  $E_{\max}$ , вылетающих с поверхности металла, если увеличить интенсивность падающего света, не изменяя его частоту?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

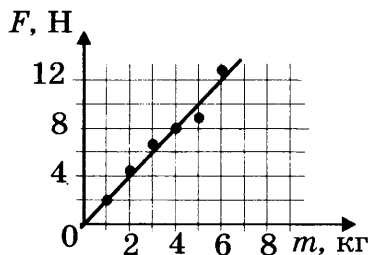
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Работа выхода фотоэлектронов из металла $A_{\text{вых}}$	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов $E_{\max}$



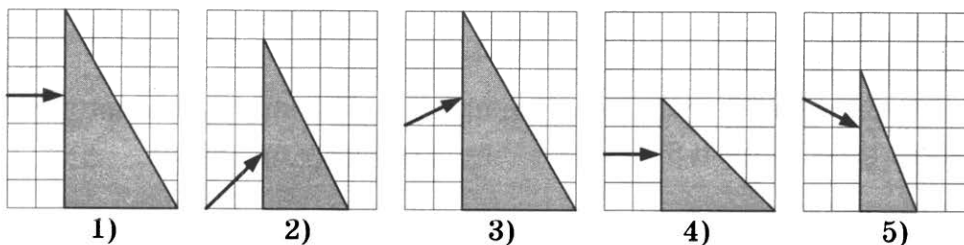
22. Ученики исследовали зависимость силы трения скольжения от массы груза. Результаты измерений представлены в виде графика на рисунке. Погрешность измерения массы равна 0,1 кг, силы — 1 Н. Чему равна с учетом погрешности измерений сила трения, действующая на груз массы 1 кг?



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие **два** опыта нужно провести для такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	3100	19	750	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Денеб	9800	15	50	820
Капелла	5200	3	2,5	45
Полярная	6200	10	70	650
Ригель	12 800	20	90	1100
Сириус	10 400	3	1,7	8,7

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд, и запишите их номера.

- 1) Полярная звезда относится к гигантам.
- 2) Звезды Альтаир и Антарес находятся на одинаковом расстоянии от Солнца, поэтому их видимые размеры одинаковы.
- 3) Звезды Ригель и Бетельгейзе принадлежат к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Антарес является красным сверхгигантом.
- 5) Плотность звезды Альтаир близка к плотности Солнца.

Ответ: \_\_\_\_\_.

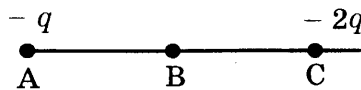


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

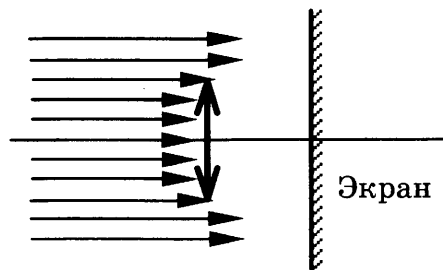
Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды  $-q$  и  $-2q$  ( $q = 1$  нКл) расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой положительный заряд надо поместить в точку С взамен заряда  $-2q$ , чтобы модуль напряженности электрического поля в точке В увеличился в 2 раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ нКл.

26. Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран расположен за линзой на расстоянии 10 см. Рассчитайте внешний диаметр светлого пятна, созданного линзой на экране.



Ответ: \_\_\_\_\_ см.



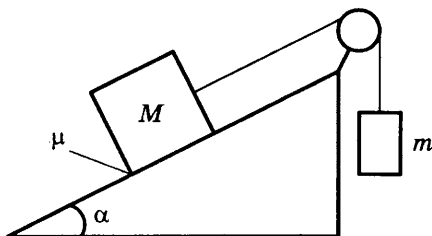
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

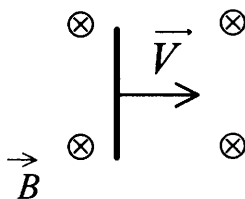
27. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают вдвигать в сосуд. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. Какое количество теплоты выделилось при ударе, если перед ударом кинетическая энергия мяча была равна 20 Дж?
29. Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ). Чему равно максимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов еще не выходит из первоначального состояния покоя?



30. Воздушный шар объемом  $V = 2500$  м<sup>3</sup> с массой оболочки  $m_{об} = 400$  кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. До какой минимальной температуры  $t_1$  нужно нагреть воздух в шаре, чтобы шар взлетел вместе с грузом (корзиной и воздухоплавателем) массой  $m_r = 200$  кг? Температура окружающего воздуха  $t = 7$  °С, его плотность  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>. Оболочку шара считать нерастяжимой.
31. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл. Скорость проводника направлена горизонтально, перпендикулярно проводнику (см. рисунок). Начальная скорость проводника равна нулю, а его ускорение  $8$  м/с<sup>2</sup>. Какова ЭДС индукции на концах проводника в тот момент, когда он переместился на 1 м?



32. Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. Какое запирающее напряжение  $U$  нужно создать между анодом и катодом, чтобы фототок прекратился?



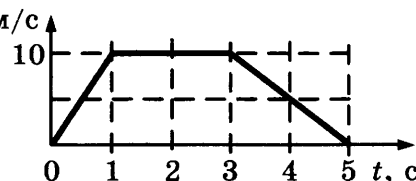
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 13

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$ , м/с от времени  $t$ . Чему равен путь автомобиля за промежуток времени от 3 с до 5 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

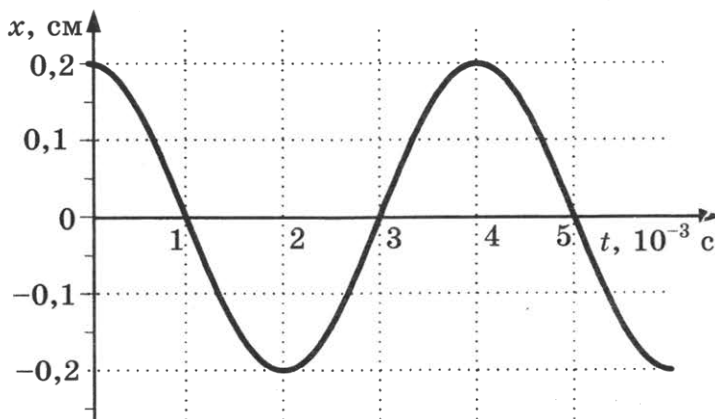
2. Пружина одним концом прикреплена к неподвижной опоре, а к другому ее концу приложили силу  $F = 10$  Н, при этом пружина растянулась на  $\Delta l = 2$  см. Определите жесткость пружины  $k$ .

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

3. Отец везет сына на санках с постоянной скоростью по горизонтальной заснеженной дороге. Модуль силы трения санок о снег равен 30 Н. Отец совершил механическую работу, равную 3000 Дж. Определите пройденный путь.

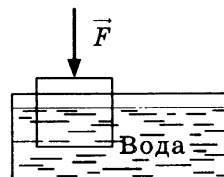
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

4. На рисунке показан график колебаний одной из точек струны. Чему равен период этих колебаний?



Ответ: \_\_\_\_\_ мс.

5. Деревянный кубик с ребром 10 см плавает частично погруженный в воду. Его начинают медленно погружать, действуя силой, направленной вертикально вниз. В таблице приведены значения модуля силы, под действием которой кубик находится в равновесии частично или полностью погруженный в воду. Погрешность измерения силы составила 0,1 Н. Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведенных в таблице.



№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8
Модуль силы $F$ , Н	0,2	0,8	1,8	3,0	4,0	5,0	6,0	6,0

- 1) В опыте № 8 сила Архимеда, действующая на кубик, больше, чем в опыте № 7.
- 2) В опыте № 5 кубик погружен в воду полностью.
- 3) Масса кубика равна 0,5 кг.
- 4) При выполнении опытов № 1–5 сила Архимеда, действующая на тело, увеличивалась.
- 5) Плотность кубика равна  $400 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ: 

--	--

6. В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода кинетическая энергия спутника и период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Период обращения вокруг Земли

7. Тело брошено с поверхности Земли со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение тела, и формулами, по которым их можно определить.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) время подъема  $t$  на максимальную высоту  
 Б) максимальная высота  $h$  над горизонтом

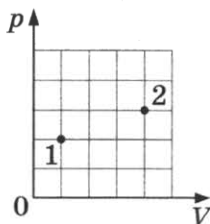
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
- 2)  $\frac{v \cos^2 \alpha}{g}$
- 3)  $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$
- 4)  $\frac{v \sin \alpha}{g}$

Ответ: 

А	Б

8. В сосуде находится некоторое количество идеального газа. Определите  $\frac{T_2}{T_1}$  отношение температур газа в состояниях 2 и 1 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Какое количество теплоты газ отдал окружающим телам, если его внутренняя энергия увеличилась на 200 Дж, а внешние силы совершили над газом работу, равную 500 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Воспользовавшись таблицами, приведенными на стр. 5–6, определите, каково должно быть примерное отношение масс  $\frac{m_{Pb}}{m_{Cu}}$  свинцового и медного тел, чтобы при получении

одного и того же количества теплоты они нагрелись на одно и то же число градусов. Ответ округлите до целых.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11. В сосуде неизменного объема при комнатной температуре находилась смесь водорода и гелия, по 1 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль гелия. Считая газы идеальными, а их температуру постоянной, выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.

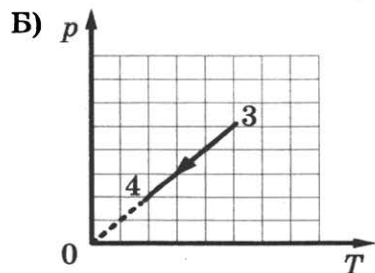
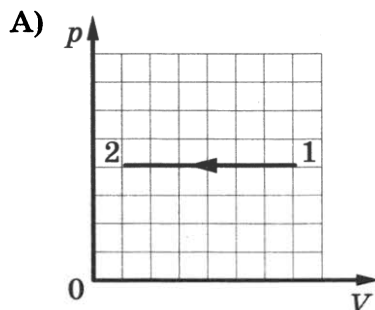
- 1) Парциальное давление водорода уменьшилось.
- 2) Давление смеси газов в сосуде уменьшилось.
- 3) Концентрация водорода увеличилась.
- 4) В начале опыта концентрация водорода была больше, чем концентрация гелия.
- 5) В начале опыта масса гелия была больше, чем масса водорода.

Ответ: 

--	--

12. На рисунках А) и Б) приведены графики двух процессов 1–2 и 3–4, каждый из которых совершается одним молем аргона. Графики построены в координатах  $p$ – $V$  и  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объем и  $T$  — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



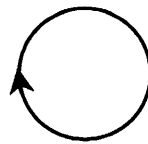
**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ совершает работу.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает теплоту.
- 3) Газ получает теплоту, но не совершает работы.
- 4) Газ отдает теплоту, но не совершает работы.

Ответ: 

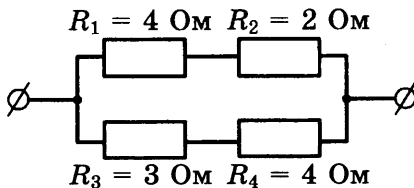
А	Б

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Куда направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля тока в центре витка? Ответ запишите словом (словами).



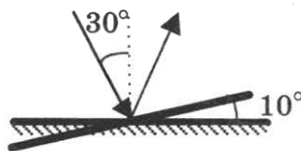
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. На рисунке представлен участок электрической цепи. Каково отношение количеств теплоты  $Q_3/Q_4$ , выделившихся на резисторах  $R_3$  и  $R_4$  за одно и то же время?



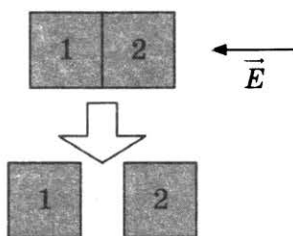
Ответ: \_\_\_\_\_.

15. Угол падения света на горизонтально расположенное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол падения света, если повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_ °.

16. Два незаряженных стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально влево, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули (нижняя часть рисунка). Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.



- 1) После того как кубики раздвинули, заряд первого кубика оказался положителен, заряд второго — отрицателен.
- 2) После помещения в электрическое поле электроны из первого кубика стали переходить во второй.
- 3) После того как кубики раздвинули, заряды обоих кубиков остались равными нулю.
- 4) До разделения кубиков в электрическом поле левая поверхность 1-го кубика была заряжена отрицательно.
- 5) После того как кубики раздвинули, правые поверхности обоих кубиков оказались заряжены отрицательно.

Ответ:

17. Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с периодом обращения и радиусом орбиты частицы при уменьшении скорости ее движения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

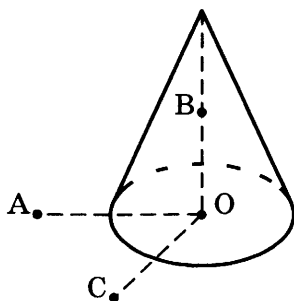
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период обращения	Радиус орбиты

18. Заряд металлического уединенного конуса высотой  $H$  и радиусом основания  $R = \frac{H}{2}$  равен  $q$ . Точка  $O$  — центр основания конуса,  $OA = OC = 2R$ ,  $OB = R$ , угол  $AOC$  прямой, отрезки  $OA$  и  $OC$  лежат в плоскости основания конуса. Модуль напряженности электростатического поля заряда  $q$  в точке  $C$  равен  $E_C$ .

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль напряженности электростатического поля конуса в точке А
- Б) модуль напряженности электростатического поля конуса в точке В

#### ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- 1) 0
- 2)  $E_C$
- 3)  $2 E_C$
- 4)  $4 E_C$

Ответ:

А	Б

19. В результате серии радиоактивных распадов торий  ${}_{90}^{232}\text{Th}$  превращается в радий  ${}_{88}^{224}\text{Ra}$ . Какое количество  $\alpha$ -распадов и  $\beta$ -распадов он испытывает при этом?

Ответ:

Число $\alpha$ -распадов	Число $\beta$ -распадов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада изотопа радона  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$  3,8 дня. Через какое время масса радона уменьшится в 32 раза?

Ответ: через \_\_\_\_\_ дней.



21. В опытах по фотоэффекту пластину из металла с работой выхода  $3,4 \cdot 10^{-19}$  Дж освещают светом частоты  $6 \cdot 10^{14}$  Гц. Как изменится работа выхода фотоэлектронов из металла  $A_{\text{вых}}$  и максимальная кинетическая энергия электронов  $E_{\text{max}}$ , вылетающих с поверхности металла, если увеличить частоту падающего света, не меняя его интенсивности?

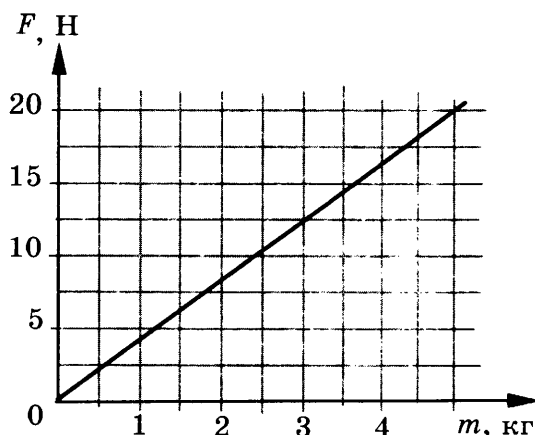
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Работа выхода фотоэлектронов из металла $A_{\text{вых}}$	Максимальная кинетическая энергия электронов $E_{\text{max}}$

22. Космонавты исследовали зависимость силы тяжести от массы тела на открытой ими планете. Результаты измерений представлены в виде графика на рисунке.



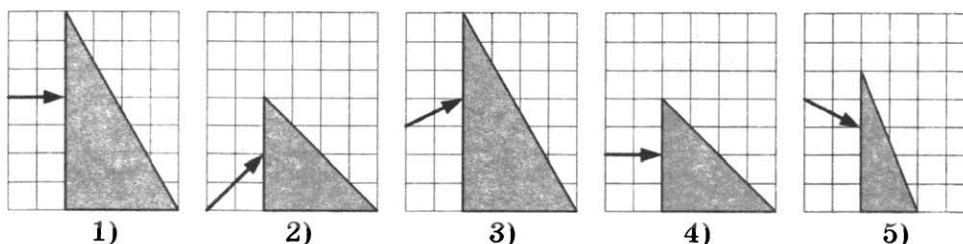
Погрешность измерения массы равна 0,1 кг, силы 1,5 Н.

Чему равна с учетом погрешности измерений масса тела, на которое действует сила тяжести, равная 12,5 Н?

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) кг.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от геометрических размеров призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие **два** опыта нужно провести для такого исследования?



В ответ запишите номера выбранных опытов.

Ответ: 

--	--

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	3100	19	750	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Денеб	9800	15	50	820
Капелла	5200	3	2,5	45
Полярная	6200	10	70	650
Ригель	12 800	20	90	1100
Сириус	10 400	3	1,7	8,7

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд, и запишите их номера.

- 1) Звезды Антарес и Бетельгейзе относятся к сверхгигантам.
- 2) Звезда Денеб — самая удаленная звезда от Солнца (из звезд, представленных в таблице).
- 3) Звезды Капелла и Сириус принадлежат к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Ригель является белым карликом.
- 5) Плотность Полярной звезды меньше, чем плотность Солнца.

Ответ: \_\_\_\_\_.

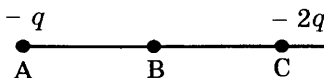


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

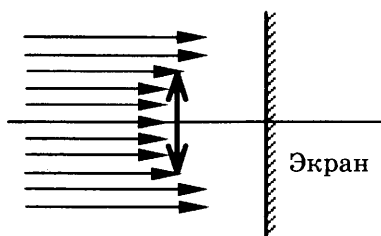
Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды  $-q$  и  $-2q$  ( $q = 2$  нКл) расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой положительный заряд надо поместить в точку С вместо заряда  $-2q$ , чтобы модуль напряженности электрического поля в точке В увеличился в 4 раза?



Ответ: \_\_\_\_\_ нКл.

26. Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см и оптической силой 5 дптр (см. рисунок). Экран освещен неравномерно. Выделяется более освещенная часть экрана (в форме кольца). Рассчитайте внешний диаметр светлого кольца, создаваемого на экране. Экран находится на расстоянии 50 см от линзы.



Ответ: \_\_\_\_\_ см.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

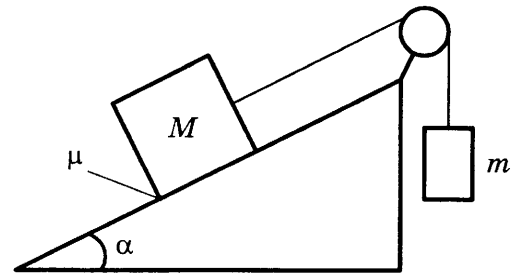
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. В цилиндрическом сосуде под поршнем длительное время находятся вода и ее пар. Поршень начинают выдвигать из сосуда. При этом температура воды и пара остается неизменной. Как будет меняться при этом масса жидкости в сосуде? Ответ поясните, опираясь на законы молекулярной физики.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

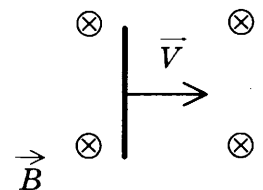
28. Скорость брошенного мяча непосредственно перед ударом о стену была вдвое больше его скорости сразу после удара. Найдите кинетическую энергию мяча перед ударом, если при ударе выделилось количество теплоты, равное 15 Дж.

29. Грузы массами  $M = 1$  кг и  $m$  связаны легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой  $M$  находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту  $\alpha = 30^\circ$ , коэффициент трения  $\mu = 0,3$ ). Чему равно минимальное значение массы  $m$ , при котором система грузов еще не выходит из первоначального состояния покоя?



30. Воздушный шар объемом  $V = 2500$  м<sup>3</sup> с массой оболочки  $m_{об} = 400$  кг имеет внизу отверстие, через которое воздух в шаре нагревается горелкой. Какова максимальная масса груза  $m_r$ , который может поднять шар, если воздух в нем нагреть до температуры  $t_1 = 77$  °С? Температура окружающего воздуха  $t = 7$  °С, его плотность  $\rho = 1,2$  кг/м<sup>3</sup>. Оболочку шара считать нерастяжимой.

31. Горизонтально расположенный проводник длиной 1 м движется равноускоренно в вертикальном однородном магнитном поле. Скорость проводника направлена горизонтально и перпендикулярно проводнику (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении  $8$  м/с<sup>2</sup> он переместился на 1 м. Какова индукция магнитного поля, в котором двигался проводник, если ЭДС индукции на концах проводника в конце движения равна 2 В?



32. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 450$  нм. Если облучать катод светом с длиной волны  $\lambda$ , то фототок прекращается при запирающем напряжении между анодом и катодом  $U = 1,4$  В. Определите длину волны  $\lambda$ .



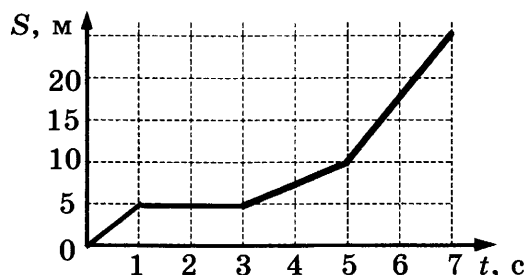
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 14

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости пути  $S$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите скорость велосипедиста в промежуток времени от 3 с до 5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. Масса Марса в 10 раз меньше массы Земли, а расположен он в 1,5 раза дальше от Солнца, чем Земля. Во сколько раз сила притяжения Земли к Солнцу больше силы притяжения Марса к Солнцу? (Считать, что обе планеты движутся вокруг Солнца по окружностям.)

Ответ: \_\_\_\_\_.

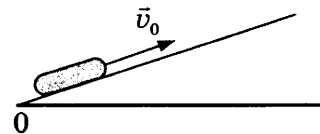
3. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями  $v_1 = 108$  км/ч и  $v_2 = 54$  км/ч. Масса автомобиля  $m = 1000$  кг. Какова масса грузовика, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 1,5?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Какова частота колебаний звуковых волн в среде, если скорость звука в этой среде  $v = 500$  м/с, а длина волны  $\lambda = 2$  м?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5. После удара шайба начала скользить вверх по шероховатой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и после остановки соскользнула обратно. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Время движения шайбы вверх равно времени движения вниз.
- 2) Модуль максимальной скорости шайбы при движении вниз меньше  $v_0$ .
- 3) При движении вверх и вниз работа силы трения шайбы о плоскость одинакова.
- 4) Изменение потенциальной энергии шайбы при движении до верхней точки равно кинетической энергии шайбы сразу после удара.
- 5) Модуль ускорения шайбы при движении вверх меньше, чем модуль ускорения при движении вниз.

Ответ: 

--	--

6. В первой серии опытов исследовались малые свободные колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепили на нити большей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковые.

Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся период и амплитуда (максимальное смещение от положения равновесия) свободных колебаний груза?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Амплитуда колебаний

7. Брусок массой  $m$  соскальзывает из состояния покоя по наклонной плоскости высотой  $h$  и длиной  $S$ . Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сила трения, действующая на брусок
- Б) время движения бруска

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}$
- 2)  $\frac{mg}{S}(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})$
- 3)  $\sqrt{\frac{2S^2}{g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}}$
- 4)  $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2 - h^2}$

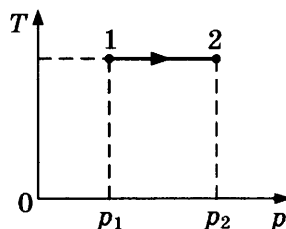
Ответ:

А	Б

8. Давление идеального газа в закрытом сосуде было равно 40 кПа. При неизменной температуре концентрацию молекул газа увеличили в 3 раза. Определите давление газа в конечном состоянии.

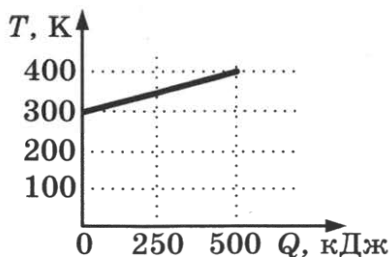
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. На  $T$ - $p$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ отдал 50 кДж теплоты. Масса газа не меняется. Определите работу внешних сил над газом в этом процессе, если  $p_2 = 2 p_1$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



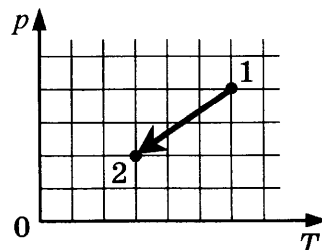
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/(кг · К).

11. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 40%. Объем сосуда за счет движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объем сосуда в 3 раза меньше начального. Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) При уменьшении объема сосуда в 2,5 раза на стенках появляется роса.
- 2) Давление пара в сосуде все время увеличивается.
- 3) В конечном и начальном состояниях масса пара в сосуде одинакова.
- 4) При уменьшении объема в 2 раза относительная влажность воздуха в сосуде стала равна 80%.
- 5) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.

Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Масса газа не меняется. Как изменяются объем газа  $V$  и средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул  $E_k$  в ходе указанного процесса?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объем газа $V$	Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул $E_k$

13. На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов:  $+q$  и  $-q$  ( $q > 0$ ). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор напряженности суммарного электрического поля этих зарядов в точке А? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

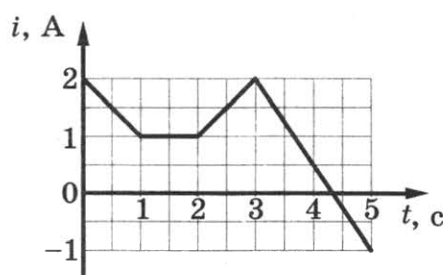
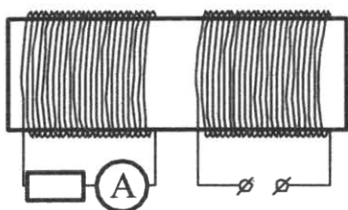
14. Участок цепи состоит из трех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны 10 Ом, 20 Ом и 30 Ом. Каким должно быть сопротивление четвертого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым трем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. Расстояние между предметом и плоским зеркалом равно 6 см. Каким будет расстояние между предметом и его изображением, если расстояние от предмета до зеркала увеличить в два раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

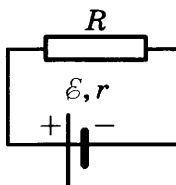
16. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику. На основании этого графика выберите *два* верных утверждения. Явлением самоиндукции пренебречь.



- 1) В промежутке между 1 с и 2 с показания амперметра были равны 0.
- 2) В промежутках 0–1 с и 2–3 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Все время измерений сила тока через амперметр была отлична от 0.
- 5) В промежутках 0–1 с и 2–3 с сила тока в левой катушке была одинаковой.

Ответ:

17. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  сначала был замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Затем внешнее сопротивление увеличили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на внешнем сопротивлении?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Напряжение на внешнем сопротивлении

18. Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны —  $\nu$ , длина световой волны в воде —  $\lambda$ , показатель преломления воды относительно воздуха —  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) скорость света в воздухе  
Б) скорость света в воде

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\lambda \nu$   
2)  $\frac{\lambda}{\nu}$   
3)  $\lambda \nu n$   
4)  $\frac{\lambda}{\nu} n$

Ответ: 

А	Б

19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов, нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространенность изотопа в природе. Определите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного стабильного изотопа меди.

2	II	Li литий 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7</sub>	3	Be бериллий 9 <sub>100</sub>	4	5	B бор 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na натрий 23 <sub>100</sub>	11	Mg магний 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	12	13	Al алюминий 27 <sub>100</sub>
4	IV	K калий 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	19	Ca кальций 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	20	Sc скандий 45 <sub>100</sub>	21
	V	29 медь 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	Cu	30 цинк 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	Zn	31 галлий 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>	Ga

Ответ: 

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Чему равно отношение частоты света в первом пучке к частоте света во втором пучке?

Ответ: \_\_\_\_\_.

21. В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) красная граница фотоэффекта  $\lambda_{\text{кр}}$   
Б) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{hc}{A_{\text{вых}}}$   
2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{вых}}}$   
3)  $\frac{2}{m_e} \sqrt{h\nu - A_{\text{вых}}}$   
4)  $h\nu - A_{\text{вых}}$

Ответ: 

А	Б



22. При определении массы масла; плотностью  $0,8 \text{ г/см}^3$  ученик измерил объем масла с использованием мерного цилиндра:  $V = (15,0 \pm 0,5) \text{ см}^3$ . Запишите в ответ массу масла с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) г.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства силы трения скольжения. В его распоряжении имеются установки, состоящие из горизонтальной опоры и сплошного тела. Параметры установок приведены в таблице.

Какие из установок нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость коэффициента трения от массы тела?

№ установки	Материал опоры	Объем сплошного тела	Материал, из которого сделано тело
1	Сталь	$25 \text{ см}^3$	Сталь
2	Сталь	$50 \text{ см}^3$	Сталь
3	Сталь	$25 \text{ см}^3$	Алюминий
4	Чугун	$25 \text{ см}^3$	Сталь
5	Чугун	$50 \text{ см}^3$	Медь

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	3100	19	750	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Денеб	9800	15	50	820
Капелла	5200	3	2,5	45
Полярная	6200	10	70	650
Ригель	12 800	20	90	1100
Сириус	10 400	3	1,7	8,7

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд, и запишите их номера.

- 1) Полярная звезда относится к сверхгигантам.
- 2) Звезды Антарес и Бетельгейзе относятся к одному спектральному классу.
- 3) Размер Полярной звезды в 2 раза меньше, чем звезды Ригель.
- 4) Звезда Ригель — самая удаленная звезда от Солнца (из звезд, представленных в таблице).
- 5) Звезда Альтаир относится к звездам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга–Рессела.

Ответ: \_\_\_\_\_.



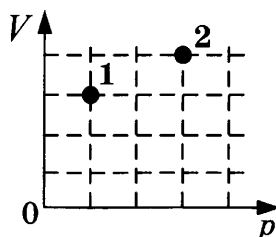
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В сосуде находится 1 моль идеального одноатомного газа. В состоянии 1 температура газа равна 100 К. Определите внутреннюю энергию газа в состоянии 2 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

26. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = 2$  влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны скорости частиц: первая — в поле с индукцией  $B_1$ , вторая — в поле с индукцией  $B_2$ . Найдите отношение кинетических энергий частиц  $\frac{W_2}{W_1}$ , если радиусы их траекторий одинаковы, отношение модулей магнитных индукций  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.



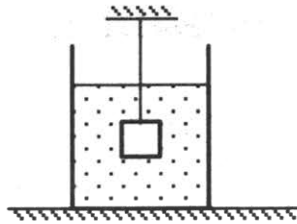
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

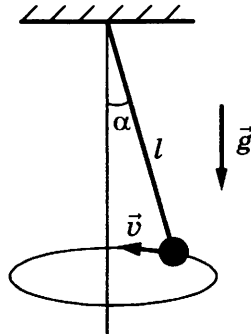
27. Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной положительным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится частота малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить отрицательный заряд.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Груз массой  $m = 2,0$  кг, подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в воду и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 13$  Н. Найдите объем груза.



29. Небольшой груз, прикрепленный к нити длиной  $l = 15$  см, вращается вокруг вертикальной оси так, что нить отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 60^\circ$ . С какой скоростью движется груз?



30. В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью  $\varphi = 40\%$ . Объем воздуха изотермически уменьшили в 5 раз. Какая часть  $\alpha$  водяных паров сконденсировалась после сжатия?
31. Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны  $\lambda = 500$  м. Индуктивность катушки контура  $L = 3$  мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 1$  мм. Максимальная напряженность электрического поля конденсатора в ходе колебаний  $E_{\max} = 3$  В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?
32. Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235 ( ${}^{235}_{92}\text{U}$ ) массой 1,4 кг, если ее мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.



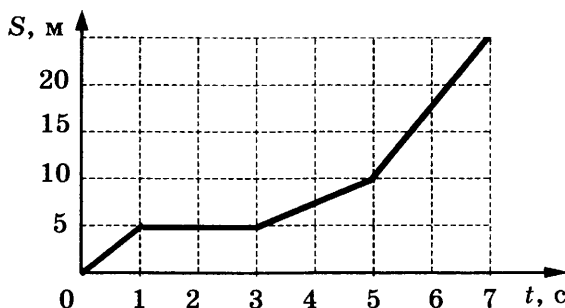
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 15

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости пути  $S$  велосипедиста от времени  $t$ . Определите скорость велосипедиста в промежуток времени от 1 с до 3 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если и массу спутника, и расстояние от него до центра Земли увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_.

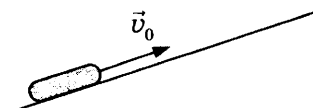
3. Легковой автомобиль и грузовик массами  $m = 1000$  кг и  $M = 5000$  кг движутся с постоянными скоростями. Отношение импульса грузовика к импульсу автомобиля равно 2, скорость автомобиля равна  $v_1 = 110$  км/ч. Какова скорость грузовика?

Ответ: \_\_\_\_\_ км/ч.

4. Какова длина звуковой волны в среде, если скорость звука в этой среде  $v = 600$  м/с, а частота колебаний  $\nu = 200$  Гц?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

5. После удара шайба начала скользить вверх по шероховатой наклонной плоскости с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , как показано на рисунке, и после остановки соскользнула обратно.



Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) Время движения шайбы вверх меньше, чем время ее движения вниз.
- 2) Модуль максимальной скорости шайбы при движении вниз равен  $v_0$ .
- 3) При движении вверх и вниз модуль работы силы тяжести, действующей на шайбу, одинаков.
- 4) Изменение потенциальной энергии шайбы при движении от точки удара до верхней точки больше кинетической энергии шайбы сразу после удара.
- 5) Модуль ускорения шайбы при движении вверх равен модулю ускорения при движении вниз.

Ответ: 

--	--

6. В первой серии опытов исследовались малые свободные колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепили на нити меньшей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковые. Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся частота и амплитуда (максимальное смещение от положения равновесия) свободных колебаний груза?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний	Амплитуда колебаний

7. Брусок массой  $m$  соскальзывает из состояния покоя по наклонной плоскости высотой  $h$  и длиной  $S$ . Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен  $\mu$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль силы нормального давления бруска на плоскость
- Б) модуль ускорения бруска

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}$
- 2)  $\frac{mg}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})$
- 3)  $\frac{g}{S} (h - \mu \sqrt{S^2 - h^2})$
- 4)  $\frac{\mu mg}{S} \sqrt{S^2 - h^2}$

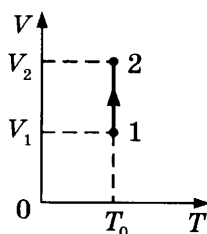
Ответ: 

А	Б

8. Давление идеального газа в закрытом сосуде было равно 40 кПа. Концентрацию молекул газа уменьшили в 2 раза, одновременно увеличив его температуру в 3 раза. Определите давление газа в конечном состоянии.

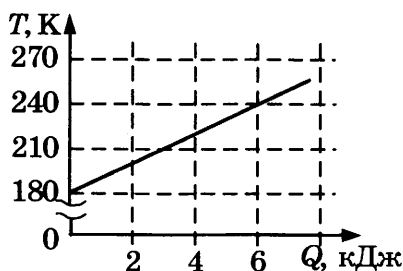
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. На  $V$ - $T$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Газ получил 40 кДж теплоты. Масса газа не меняется. Определите работу газа в этом процессе, если  $V_2 = 2V_1$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. На графике представлена зависимость температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Масса тела 0,2 кг. Чему равна удельная теплоемкость вещества в этом процессе?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

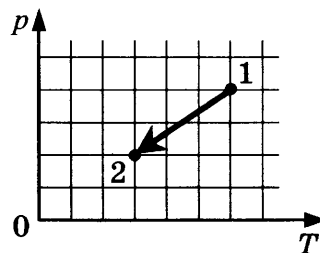
11. Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде с поршнем равна 50%. Объем сосуда за счет движения поршня медленно уменьшают при постоянной температуре. В конечном состоянии объем сосуда в 4 раза меньше начального.

Выберите из предложенного перечня *два* утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) Плотность пара в сосуде все время увеличивается.
- 2) Давление пара сначала увеличивается, а затем остается постоянным.
- 3) В конечном состоянии весь пар в сосуде сконденсировался.
- 4) После уменьшения объема в 3 раза относительная влажность воздуха в сосуде равна 150%.
- 5) В конечном состоянии масса пара в сосуде в 2 раза меньше начальной массы пара.

Ответ:

12. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как изменяются плотность газа  $\rho$  и его внутренняя энергия  $U$  в ходе указанного на диаграмме процесса?



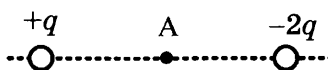
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Плотность газа	Внутренняя энергия

13. На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов  $+q$  и  $-2q$  ( $q > 0$ ). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор напряженности суммарного электрического поля этих зарядов в точке А? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

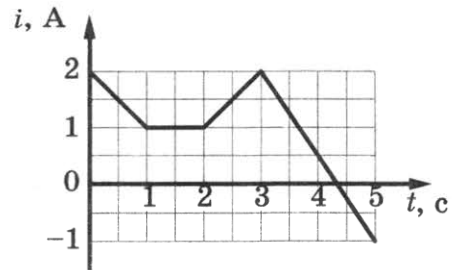
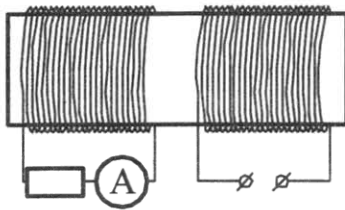
14. Участок цепи состоит из четырех последовательно соединенных резисторов, сопротивления которых равны 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом и 4 Ом. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырем, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. Расстояние между предметом и его изображением в плоском зеркале равно 10 см. Каким будет расстояние между предметом и его изображением, если расстояние от предмета до зеркала увеличить на 2 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

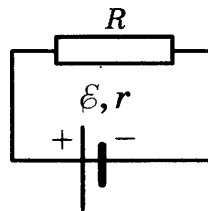
16. На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведенному графику. На основании этого графика выберите **два** верных утверждения. Явлением самоиндукции пренебречь.



- 1) В промежутке между 1 с и 2 с ЭДС индукции в левой катушке равна 0.
- 2) В промежутках 0–1 с и 3–5 с направления тока в левой катушке были одинаковы.
- 3) В промежутке между 1 с и 2 с индукция магнитного поля в сердечнике была равна 0.
- 4) Сила тока через амперметр была отлична от 0 только в промежутках 0–1 с и 3–5 с.
- 5) Сила тока в левой катушке в промежутке 0–1 с была больше, чем в промежутке 2–3 с.

Ответ:

17. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  сначала был замкнут на внешнее сопротивление  $R$ . Затем внешнее сопротивление уменьшили. Как при этом изменятся сила тока в цепи и напряжение на источнике?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока в цепи	Напряжение на источнике

18. Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны —  $\nu$ , длина световой волны в воздухе —  $\lambda$ , показатель преломления воды относительно воздуха —  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) длина волны в воде  
Б) скорость света в воде

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\lambda\nu$   
2)  $\frac{\lambda}{n}$   
3)  $\lambda\nu n$   
4)  $\frac{\lambda\nu}{n}$

Ответ:

А	Б

19. На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов, нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространенность изотопа в природе. Определите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространенного стабильного изотопа кальция.

2	II	Li 3 литий 7 <sub>93</sub> 6 <sub>7</sub>	Be 4 бериллий 9 <sub>100</sub>	5 B бор 11 <sub>80</sub> 10 <sub>20</sub>
3	III	Na 11 натрий 23 <sub>100</sub>	Mg 12 магний 24 <sub>79</sub> 26 <sub>11</sub> 25 <sub>10</sub>	13 Al алюминий 27 <sub>100</sub>
4	IV	K 19 калий 39 <sub>93</sub> 41 <sub>6,7</sub>	Ca 20 кальций 40 <sub>97</sub> 44 <sub>2,1</sub>	Sc 21 скандий 45 <sub>100</sub>
	V	29 Cu медь 63 <sub>69</sub> 65 <sub>31</sub>	30 Zn цинк 64 <sub>49</sub> 66 <sub>28</sub> 68 <sub>19</sub>	31 Ga галлий 69 <sub>60</sub> 71 <sub>40</sub>

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Модуль импульса фотона в первом пучке света в 2 раза больше, чем во втором пучке. Чему равно отношение периода колебаний электрического поля в первом пучке света к периоду колебаний этого поля во втором пучке?

Ответ: \_\_\_\_\_.

21. В опыте по изучению фотоэффекта металлическая пластина облучалась светом с частотой  $\nu$ . Работа выхода электронов из металла равна  $A_{\text{вых}}$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $m_e$  — масса электрона,  $e$  — модуль заряда электрона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$   
 Б) максимальная скорость фотоэлектронов

### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{hc}{eA_{\text{вых}}}$
- 2)  $\frac{h\nu}{A_{\text{вых}}}$
- 3)  $\sqrt{\frac{2}{m_e}(h\nu - A_{\text{вых}})}$
- 4)  $\frac{h\nu - A_{\text{вых}}}{e}$

Ответ: 

А	Б

22. При определении скорости  $v$  равномерно прямолинейно движущейся тележки ученик измерил время движения по очень точному электронному секундомеру:  $t = 10,00$  с. Пройденный тележкой за это время путь был измерен с помощью рулетки:  $S = 150 \pm 1$  см. Запишите в ответ модуль скорости тележки с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_ ) см/с.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства силы трения скольжения. В его распоряжении имеются установки, состоящие из горизонтальной опоры и сплошного тела. Параметры установок приведены в таблице.

Какие из установок нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость коэффициента трения от материала опоры?

№ установки	Материал опоры	Объем сплошного тела	Материал, из которого сделано тело
1	Сталь	25 см <sup>3</sup>	Сталь
2	Сталь	50 см <sup>3</sup>	Сталь
3	Сталь	25 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	Чугун	25 см <sup>3</sup>	Сталь
5	Чугун	50 см <sup>3</sup>	Медь

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ: 

--	--

24. Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звездах.

Наименование звезды	Температура, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Расстояние до звезды (св. год)
Альтаир	8000	1,7	1,7	360
Антарес	3100	19	750	360
Бетельгейзе	3100	20	900	650
Денеб	9800	15	50	820
Капелла	5200	3	2,5	45
Полярная	6200	10	70	650
Ригель	12 800	20	90	1100
Сириус	10 400	3	1,7	8,7

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам звезд, и запишите их номера.

- 1) Плотность звезды Денеб составляет 0,00012 от плотности Солнца.
- 2) Звезды Полярная и Бетельгейзе находятся на одинаковом расстоянии от Солнца, поэтому их видимые размеры одинаковы.
- 3) Звезды Капелла и Денеб принадлежат к одному спектральному классу.
- 4) Звезда Сириус — самая близкая к Солнцу звезда (из звезд, представленных в таблице).
- 5) Звезды Альтаир и Сириус имеют одинаковые размеры, поэтому их светимость одинакова.

Ответ: \_\_\_\_\_.

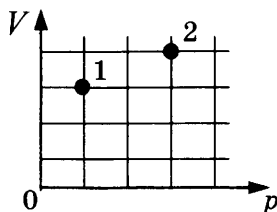


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

### Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В сосуде находится 1 моль одноатомного идеального газа. В состоянии 2 температура газа равна 600 К. Определите внутреннюю энергию газа в состоянии 1 (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

26. Две частицы с одинаковыми зарядами и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = 4$  влетели в однородные магнитные поля, векторы магнитной индукции которых перпендикулярны скоростям частиц: первая — в поле с индукцией  $B_1$ , вторая — в поле с индукцией  $B_2$ . Найдите отношение времен  $\frac{T_2}{T_1}$ , затраченных частицами на один оборот, если радиусы их траекторий одинаковы, а отношение модулей магнитных индукций  $\frac{B_2}{B_1} = 2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.



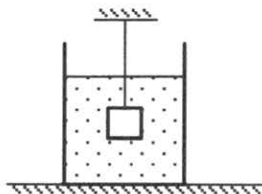
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

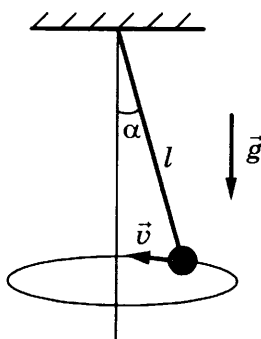
27. Маленький незаряженный шарик, подвешенный на непроводящей нити, помещен над горизонтальной металлической пластиной, равномерно заряженной отрицательным зарядом. Размеры пластины во много раз превышают длину нити. Опираясь на законы механики и электродинамики, объясните, как изменится период малых свободных колебаний шарика, если ему сообщить положительный заряд.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Груз объемом  $V = 1$  л, подвешенный на тонкой нити, целиком погружен в воду и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити  $T = 15$  Н. Найдите массу груза.



29. Небольшой груз, прикрепленный к нити длиной  $l = 20$  см, вращается вокруг вертикальной оси так, что нить отклоняется от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Определите период  $\tau$  вращения груза.



30. В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью  $\varphi = 80\%$ . Объем воздуха изотермически уменьшили в 3 раза. Какова масса  $m_0$  водяных паров была в сосуде, если после сжатия в нем осталось  $m_1 = 10$  г водяных паров?
31. Колебательный контур радиоприемника настроен на частоту  $\nu = 10^7$  Гц. Емкость плоского воздушного конденсатора контура  $C = 0,2$  мкФ, расстояние между его пластинами  $d = 1$  мм. Какова максимальная напряженность электрического поля конденсатора  $E_{\max}$  в ходе колебаний, если максимальный ток в катушке индуктивности равен  $I_{\max} = 1$  А?
32. Коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей уран-235 ( ${}_{92}^{235}\text{U}$ ), равен  $\eta = 25\%$ , а ее мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ. Какова масса урана-235 необходима для работы электростанции в течение недели?



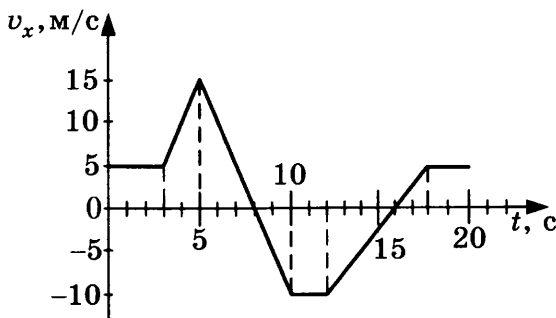
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 16

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела на ось  $Ox$  от времени. Определите проекцию ускорения тела на ось  $Ox$  в промежуток времени от 12 с до 16 с.

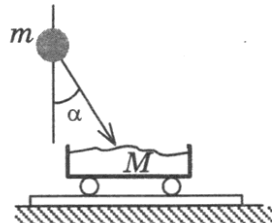


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Камень массой 100 г брошен вертикально вверх с начальной скоростью  $v = 20$  м/с. Определите модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Камень массой  $m = 4$  кг падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали со скоростью 10 м/с в тележку с песком общей массой  $M = 16$  кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Определите скорость тележки с камнем после падения в нее камня.

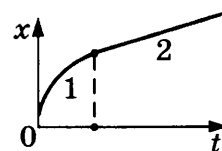


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4. Пружинный маятник совершает гармонические колебания с периодом 0,5 с. В момент времени  $t = 0$  отклонение груза маятника от положения равновесия максимально. Сколько раз кинетическая энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени  $t = 2$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Бусинка скользит по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Ось  $Ox$  параллельна спице. На основании графика выберите **два** верных утверждения о движении бусинки.

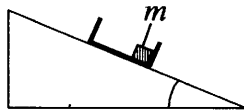


- 1) На участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — увеличивается.
- 2) На участке 1 модуль скорости увеличивается, а на участке 2 — уменьшается.
- 3) На участке 2 проекция ускорения  $a_x$  бусинки положительна.
- 4) На участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — остается неизменным.
- 5) Направление движения бусинки не изменялось.

Ответ: 

--	--

6. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением легкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся время движения по наклонной плоскости и модуль работы силы тяжести, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $2m$ ?



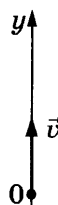
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

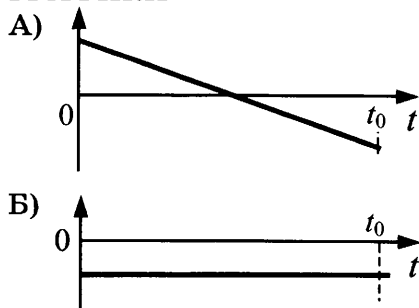
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время движения	Модуль работы силы тяжести

7. В момент времени  $t = 0$  шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}$  (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  — время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата шарика  $y$
- 2) проекция скорости шарика  $v_y$
- 3) проекция ускорения шарика  $a_y$
- 4) модуль силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

А	Б

8. Давление идеального газа в сосуде с жесткими стенками при температуре  $t = 27^\circ\text{C}$  равно  $p = 90$  кПа. Каким будет давление в сосуде, если газ нагреть до температуры  $127^\circ\text{C}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

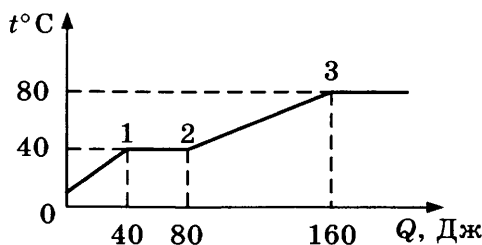
9. Температура нагревателя  $500$  К, температура холодильника на  $200$  К меньше, чем у нагревателя. Чему равен максимально возможный КПД теплового двигателя, работающего с этими нагревателем и холодильником?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Какое количество теплоты нужно сообщить  $1,5$  кг воды, нагретым до температуры  $100^\circ\text{C}$ , чтобы она полностью выкипела?

Ответ: \_\_\_\_\_ МДж.

11. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Температура плавления вещества равна  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- 2) В состоянии 2 вещество полностью расплавилось.
- 3) Теплоемкость вещества в жидком состоянии меньше, чем в твердом.
- 4) Для того чтобы полностью расплавить вещество, уже находящееся при температуре плавления, ему надо передать  $40\text{ Дж}$  теплоты.
- 5) На участке 2–3 происходит переход вещества в газообразное состояние.

Ответ: 

--	--

12. В сосуде находится идеальный одноатомный газ, концентрация которого равна  $n$ . Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа равна  $E$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $k$  — постоянная Больцмана).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) давление газа  $p$
- Б) температура  $T$

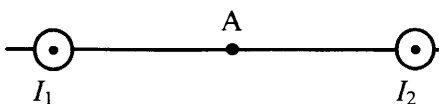
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{2}{3} nE$
- 2)  $\frac{2E}{3k}$
- 3)  $\frac{3E}{2k}$
- 4)  $\frac{2}{3} nkE$

Ответ: 

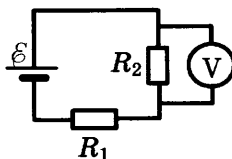
А	Б

13. Магнитное поле  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$  создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2 > I_1$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля в точке А? Точка А расположена на середине отрезка, соединяющего провод. Ответ запишите словом (словами).



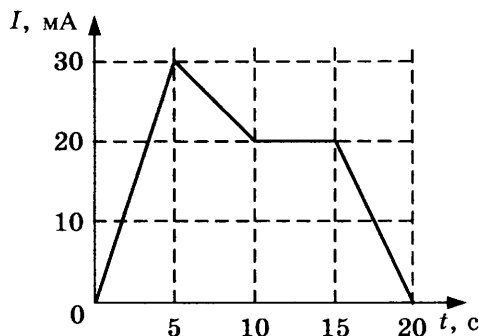
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока равна 6 В, его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало, а сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 2$  Ом. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. На рисунке приведен график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в катушке, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 10 с до 15 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

16. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд одной из обкладок конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) Период колебаний равен  $8 \cdot 10^{-6}$  с.
- 2) В момент  $t = 4 \cdot 10^{-6}$  с энергия конденсатора минимальна.
- 3) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6}$  с сила тока в контуре максимальна.
- 4) В момент  $t = 6 \cdot 10^{-6}$  с сила тока в контуре равна 0.
- 5) Частота колебаний равна 25 кГц.

Ответ:

17. К концам длинного однородного проводника приложено напряжение  $U$ . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение  $U$ . Как изменятся при этом сила тока и сопротивление проводника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тока	Сопротивление проводника

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до нити равно  $2F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем — собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВИД ЛИНЗЫ**

- А) линза рассеивающая  
Б) линза собирающая

**СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

- 1) действительное, перевернутое, равное по размерам  
2) мнимое, прямое, уменьшенное  
3) действительное, увеличенное, перевернутое  
4) мнимое, увеличенное, перевернутое

Ответ:

А	Б

19. Определите число протонов и число нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного полония  ${}_{84}^{218}\text{Po}$  после одного  $\alpha$ -распада и двух электронных  $\beta$ -распадов.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. В образце имеется  $2 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа цезия  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ , имеющего период полураспада 26 лет. Через сколько лет останутся нераспавшимися  $0,25 \cdot 10^{10}$  ядер данного изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ лет.

21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй — только желтый.

Как изменяются длина световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

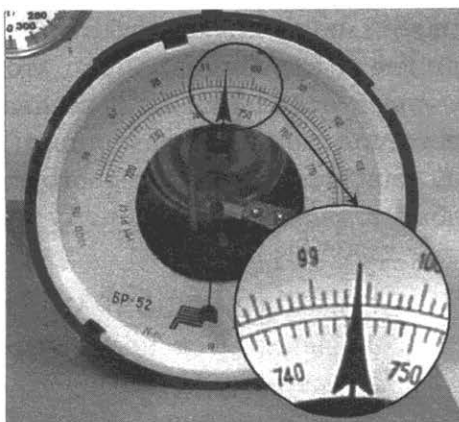
- 1) увеличивается  
2) уменьшается  
3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Запирающее напряжение

22. С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях (кПа), а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра.



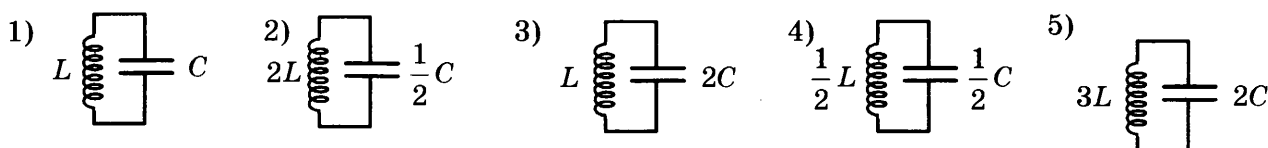


Запишите в ответ величину атмосферного давления, выраженного в кПа, с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) кПа.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает зависимость периода электромагнитных колебаний в контуре от емкости конденсатора. Какие **два** контура он должен выбрать для этого исследования?



В ответе запишите номера выбранных контуров.

Ответ:

24. В таблице приведена выборочная характеристика планет земной группы. Выберите **все** верные утверждения из пяти приведенных ниже, и запишите их номера.

Название планеты	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Расстояние до Солнца, млн км	57,9	108,2	149,6	227,9
Наклонение орбиты, градусы	7,005	3,395	0,0002	1,850
Эксцентриситет	0,206	0,007	0,017	0,093
Период обращения вокруг своей оси, сутки	58,6	243,0	1,0	1,0
Орбитальная скорость, км/с	47,9	35,0	29,8	24,1
Наклон экватора к орбите, градус	0,01	177,46	23,4	25,2
Число спутников, шт.	—	—	1	2

- 1) Из планет земной группы самая вытянутая орбита у Меркурия.
- 2) Период обращения Венеры вокруг Солнца больше периода обращения Меркурия вокруг Солнца примерно в 2,5 раза.
- 3) Самой большой скоростью движения по орбите обладает Марс.
- 4) Один оборот вокруг Солнца Венера делает примерно за 500 земных суток.
- 5) Ось вращения Меркурия практически перпендикулярна его орбите.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Для охлаждения лимонада массой 200 г в него бросают кубики льда при 0 °С. Масса каждого кубика 8 г. Первоначальная температура лимонада 30 °С. Сколько целых кубиков надо бросить в лимонад, чтобы установилась температура 15 °С? Тепловыми потерями пренебречь. Удельная теплоемкость лимонада такая же, как у воды.

Ответ: \_\_\_\_\_.

26. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{кр} = 600$  нм. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 3 раза меньше энергии падающих фотонов?

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

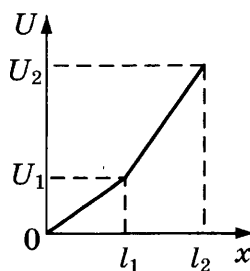


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

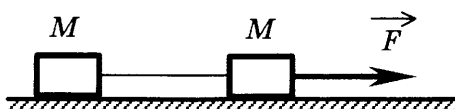
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Цилиндрический проводник постоянного поперечного сечения и длиной  $l = l_2$  включен в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра все время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра  $U$  от расстояния  $x$  до начала проводника. Как зависит от  $x$  удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.

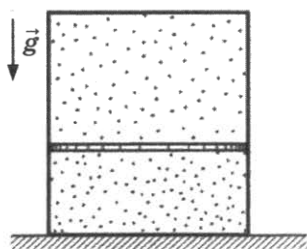


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

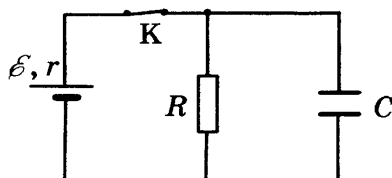
28. Два груза одинаковой массы  $M$ , связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся прямолинейно по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к одному из грузов (см. рисунок). Минимальная сила  $F$ , при которой нить обрывается, равна 12 Н. При какой силе натяжения обрывается нить?



29. Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $30^\circ$ . На какое расстояние по горизонтали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна  $1$  м/с.
30. Вертикально расположенный замкнутый цилиндрический сосуд высотой  $50$  см разделен подвижным поршнем массой  $11$  кг на две части, в каждой из которых содержится одинаковое количество идеального газа при температуре  $361$  К. Сколько молей газа находится в каждой части цилиндра, если поршень находится на высоте  $20$  см от дна сосуда? Толщиной поршня пренебречь.



31. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оцените предельный размер пятна, если при фокусном расстоянии объектива  $F = 50$  мм и диаметре входного отверстия  $D = 5$  мм резкими оказались все предметы, находившиеся на расстояниях более  $d = 5$  м от объектива. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.
32. В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  замкнут. Заряд конденсатора  $q = 2$  мкКл, ЭДС батарейки  $\mathcal{E} = 24$  В, ее внутреннее сопротивление  $r = 5$  Ом, сопротивление резистора  $R = 25$  Ом. Найдите количество теплоты, которое выделяется на резисторе после размыкания ключа  $K$  в результате разряда конденсатора. Потерями на излучение пренебречь.



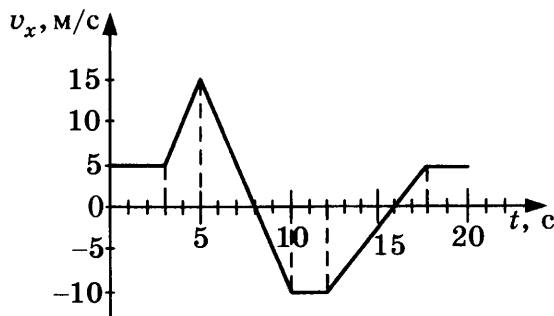
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 17

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела на ось  $OX$  от времени. Чему равна проекция ускорения тела на ось  $OX$  в промежуток времени от 5 с до 10 с?

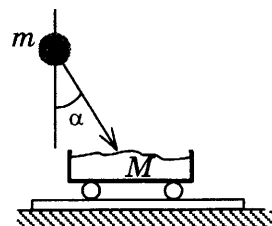


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Камень массой 100 г брошен под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с начальной скоростью  $v = 10$  м/с. Чему равен модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Камень падает под углом  $\alpha = 30^\circ$  к вертикали со скоростью  $v = 10$  м/с в тележку с песком общей массой  $M = 18$  кг, покоящуюся на горизонтальных рельсах. Скорость тележки с камнем после падения в нее камня равна 0,5 м/с. Определите массу камня.

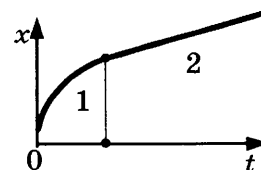


Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Математический маятник совершает гармонические колебания с периодом 2 с. В момент времени  $t = 0$  груз маятника проходит положение равновесия. Сколько раз потенциальная энергия маятника достигнет своего максимального значения к моменту времени  $t = 4$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_.

5. Бусинка скользит по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Ось  $Ox$  параллельна спице. На основании графика выберите **два** верных утверждения о движении бусинки.

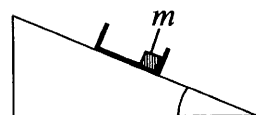


- 1) На участке 1 проекция ускорения  $a_x$  бусинки отрицательна.
- 2) На участке 1 модуль скорости остается неизменным, а на участке 2 — уменьшается.
- 3) На участке 1 модуль скорости увеличивается, а на участке 2 — уменьшается.
- 4) На участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — остается неизменным.
- 5) В процессе движения вектор скорости бусинки менял направление на противоположное.

Ответ: 

--	--

6. С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением легкая коробочка, в которой находится груз массой  $m$  (см. рисунок). Как изменятся ускорение коробочки и модуль работы силы трения, если с той же наклонной плоскости будет скользить та же коробочка с грузом массой  $\frac{m}{2}$ ?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

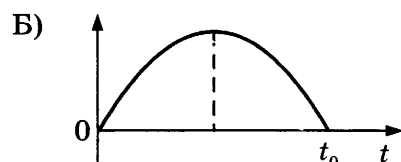
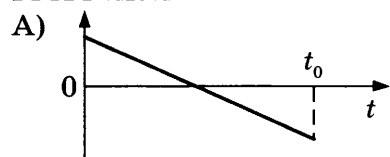
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение	Модуль работы силы трения

7. В момент  $t = 0$  шарик бросили вертикально вверх с начальной скоростью  $\vec{v}$  (см. рисунок). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять ( $t_0$  — время полета). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



#### ГРАФИКИ



#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата шарика  $y$
- 2) проекция скорости шарика  $v_y$
- 3) проекция ускорения шарика  $a_y$
- 4) проекция  $F_y$  силы тяжести, действующей на шарик

Ответ:

А	Б

8. Давление идеального газа в сосуде объемом  $V = 1$  л равно  $p = 90$  кПа. Каким будет давление в сосуде, если объем сосуда изотермически увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

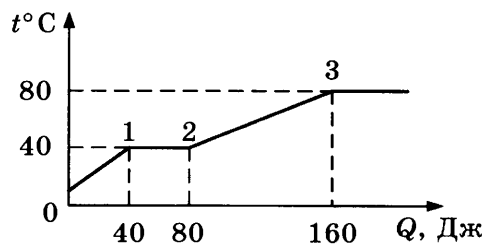
9. Температура нагревателя теплового двигателя, работающего по циклу Карно,  $327$  °С, температура холодильника  $27$  °С. Чему равен КПД теплового двигателя?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10. Какое количество теплоты нужно  $100$  г льда, имеющему температуру  $0$  °С, чтобы он полностью растаял?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. В цилиндре под поршнем находится твердое вещество. Цилиндр поместили в раскаленную печь. На рисунке показан график изменения температуры  $t$  вещества по мере поглощения им количества теплоты  $Q$ . Выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.



- 1) Температура кипения вещества равна  $80^\circ\text{C}$ .
- 2) В состоянии 1 вещество полностью расплавилось.
- 3) Теплоемкость вещества в жидком состоянии больше, чем в твердом.
- 4) Для того чтобы полностью расплавить вещество, уже находящееся при температуре плавления, ему надо передать  $80$  Дж теплоты.
- 5) На участке 2–3 происходит переход вещества в жидкое состояние.

Ответ: 

--	--

12. В сосуде при температуре  $T$  находится идеальный одноатомный газ, концентрация которого равна  $n$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $k$  — постоянная Больцмана).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа  $E$   
 Б) давление газа  $p$

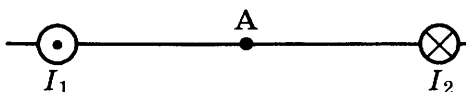
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{3}{2}kT$
- 2)  $\frac{3}{2}nkT$
- 3)  $nkT$
- 4)  $\frac{kT}{n}$

Ответ: 

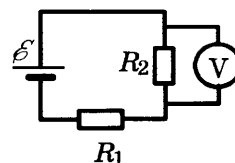
А	Б

13. Магнитное поле  $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$  создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами  $I_1$  и  $I_2 > I_1$ , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля в точке А? Точка А расположена на середине отрезка, соединяющего провода. Ответ запишите словом (словами).



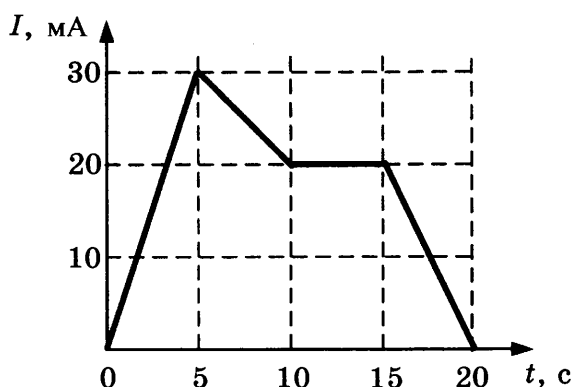
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока равна  $\mathcal{E} = 10$  В, его внутреннее сопротивление  $r = 1$  Ом, а сопротивления резисторов  $R_1 = R_2 = 2$  Ом. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. На рисунке приведен график зависимости силы тока  $I$  от времени  $t$  в катушке, индуктивность которой 1 Гн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 5 с до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени.

$t, 10^{-6}$ с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-9}$ Кл	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

Выберите *два* верных утверждения о процессе, происходящем в контуре:

- 1) Период колебаний равен  $4 \cdot 10^{-6}$  с.
- 2) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6}$  с энергия катушки максимальна.
- 3) В момент  $t = 4 \cdot 10^{-6}$  с энергия конденсатора минимальна.
- 4) В момент  $t = 2 \cdot 10^{-6}$  с сила тока в контуре равна 0.
- 5) Частота колебаний равна 125 кГц.

Ответ:

--	--

17. К концам длинного однородного проводника приложено напряжение  $U$ . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение  $U$ . Как изменятся при этом мощность тока и удельное сопротивление проводника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Мощность тока	Удельное сопротивление проводника

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до нити равно  $1,5F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем — собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ВИД ЛИНЗЫ**

- А) линза рассеивающая
- Б) линза собирающая

**СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ**

- 1) действительное, перевернутое, равное по размерам
- 2) мнимое, прямое, уменьшенное
- 3) действительное, увеличенное, перевернутое
- 4) мнимое, увеличенное, перевернутое

Ответ:

А	Б

19. Определите число протонов и число нейтронов в ядре, которое образовалось из ядра радиоактивного изотопа натрия полония  $^{24}_{11}\text{Na}$  в результате  $\beta$ -распада.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. В образце имеется  $4 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа цезия  $^{137}_{55}\text{Cs}$ , имеющего период полураспада 26 лет. Через сколько лет распадется  $3 \cdot 10^{10}$  ядер данного изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ лет.

21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только красный свет, а во второй — только зеленый. Как изменяются частота световой волны и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй?

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

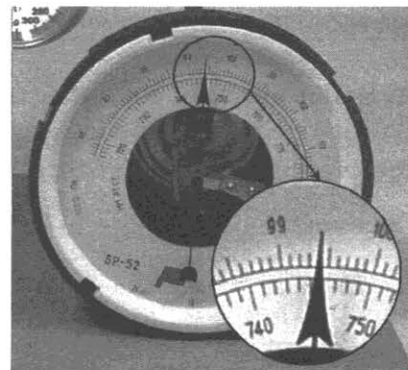
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота световой волны, падающей на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22. С помощью барометра проводились измерения атмосферного давления. Верхняя шкала барометра проградуирована в килопаскалях (кПа), а нижняя шкала — в миллиметрах ртутного столба (мм рт. ст.). Погрешность измерений давления равна цене деления шкалы барометра. Запишите в ответ величину атмосферного давления, выраженного в мм рт. ст., с учетом погрешности измерений.

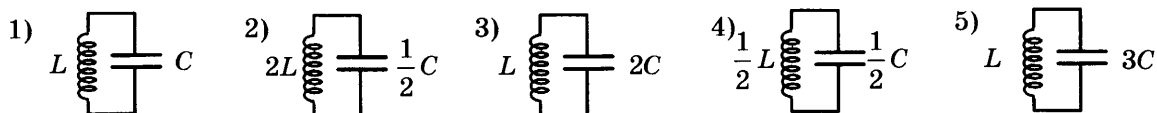
Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) мм рт. ст.



В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.



23. Ученик изучает зависимость периода электромагнитных колебаний в контуре от индуктивности катушки. Какие **два** контура он должен выбрать для этого исследования?



В ответе запишите номера выбранных контуров.

Ответ:

24. В таблице приведена выборочная характеристика планет земной группы. Выберите **все** верные утверждения из пяти приведенных ниже, и запишите их номера.

Название планеты	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Расстояние до Солнца, млн км	57,9	108,2	149,6	227,9
Наклонение орбиты, градусы	7,005	3,395	0,0002	1,850
Эксцентриситет	0,206	0,007	0,017	0,093
Период обращения вокруг своей оси, сутки	58,6	243,0	1,0	1,0
Орбитальная скорость, км/с	47,9	35,0	29,8	24,1
Наклон экватора к орбите, градус	0,01	177,46	23,4	25,2
Число спутников, шт.	–	–	1	2

- 1) На Марсе наблюдается смена времен года.
- 2) Период обращения Земли вокруг Солнца больше периода обращения Меркурия вокруг Солнца примерно в 3 раза.
- 3) Самой вытянутой орбитой обладает Меркурий.
- 4) Чем дальше от Солнца расположена планета земной группы, тем меньше скорость ее движения по орбите.
- 5) Расстояния до Солнца от Марса и от Меркурия отличаются примерно в 5 раз.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В теплоизолированный сосуд с большим количеством льда при температуре  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  заливают  $m = 1$  кг воды с температурой  $t_2 = 44^\circ\text{C}$ . Какая масса льда  $\Delta m$  расплавится при установлении теплового равновесия в сосуде?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

26. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600$  нм. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода?

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

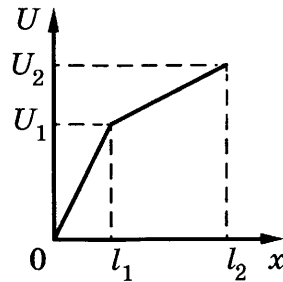


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

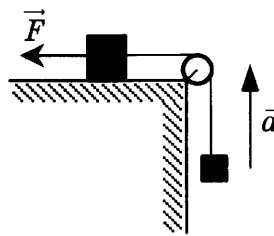
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Нихромовый проводник длиной  $l = l_2$  включен в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра все время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра  $U$  от расстояния  $x$  до начала проводника. Как зависит от  $x$  площадь поперечного сечения проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали.



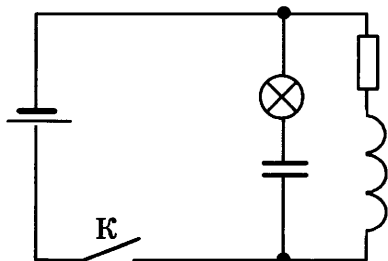
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Груз, лежащий на столе, связан легкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой  $0,25$  кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $F$ , равная  $9$  Н (см. рисунок). Второй груз движется с ускорением  $2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вверх. Трением между грузом и поверхностью стола пренебречь. Какова масса первого груза?



29. Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $45^\circ$ . На какое расстояние по вертикали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна  $2$  м/с.
30. В горизонтально расположенной трубке постоянного сечения, запаянной с одного конца, помещен столбик ртути длиной  $d = 15$  см, который отделяет воздух в трубке от атмосферы. Трубку расположили вертикально запаянным концом вниз и нагрели на  $\Delta T = 60$  К. При этом объем, занимаемый воздухом, не изменился. Атмосферное давление  $p_0 = 750$  мм рт. ст. Определите температуру воздуха  $T_0$  в лаборатории.

31. Условимся считать изображение на пленке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения в виде точки на пленке получается изображение пятна диаметром не более некоторого предельного значения. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от пленки, то резкими считаются не только бесконечно удаленные предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния  $d$ . Оцените диаметр входного отверстия объектива  $D$ , если при фокусном расстоянии  $F = 80$  мм резкими оказались все предметы, находившиеся на расстояниях более  $d = 4$  м от объектива. Предельный размер пятна равен  $\delta = 0,2$  мм. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.
32. В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС источника тока равна  $\mathcal{E} = 12$  В; емкость конденсатора  $C = 2$  мФ; индуктивность катушки  $L = 5$  мГн, сопротивление лампы  $r = 5$  Ом и сопротивление резистора  $R = 3$  Ом. В начальный момент времени ключ  $K$  замкнут. Какое количество теплоты  $Q$  выделится в лампе после размыкания ключа? Внутренним сопротивлением источника тока, катушки и проводов пренебречь.



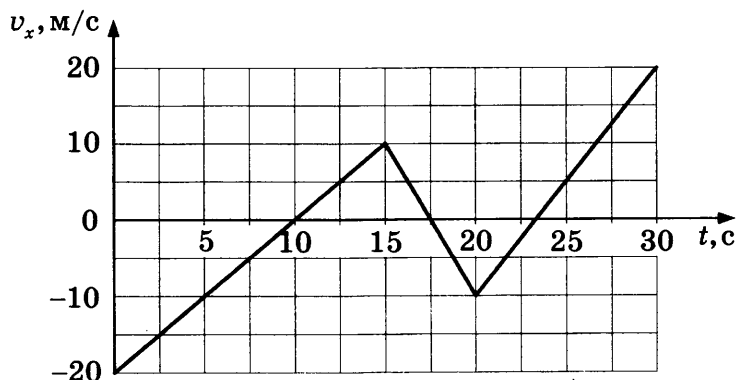
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 18

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Определите путь, пройденный телом за промежуток времени от 10 с до 15 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

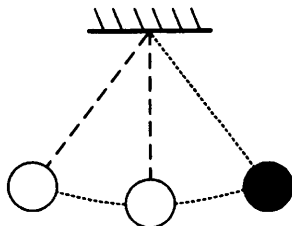
2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m = 2$  кг ускорение  $\vec{a}$ . Чему равна масса тела, которое под действием силы  $\frac{1}{2}\vec{F}$  в этой системе отсчета имеет ускорение  $\frac{1}{4}\vec{a}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

3. Равномерно поднимая веревку, человек достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м. Масса ведра 1,5 кг, масса воды в ведре 10 кг. Какую работу он при этом совершил? Массой веревки пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Математический маятник с периодом колебаний 4 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет минимального значения? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5. В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой  $m = 500$  г. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени. Какие **два** вывода из приведенных ниже соответствуют результатам эксперимента?

$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49
$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7

- 1) В течение всего эксперимента тело двигалось с постоянным ускорением.
- 2) Скорость тела в момент времени 3 с равнялась 6 м/с.
- 3) Сила, действующая на тело в момент времени 6 с, равна 2 Н.
- 4) Кинетическая энергия тела сначала увеличивалась, а потом оставалась постоянной.
- 5) За первые 2 с действующая на тело сила совершила работу 10 Дж.

Ответ: 

--	--

6. Брусok скользит без трения вниз по наклонной плоскости. Как меняются при этом движении его потенциальная энергия и сила реакции наклонной плоскости?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Потенциальная энергия бруска	Сила реакции наклонной плоскости

7. Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой  $\nu$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот процесс, и частотой их изменения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) кинетическая энергия груза
- Б) скорость груза

**ЧАСТОТА ИЗМЕНЕНИЯ**

- 1)  $\frac{\nu}{2}$
- 2)  $\nu$
- 3)  $2\nu$
- 4)  $\frac{\nu}{4}$

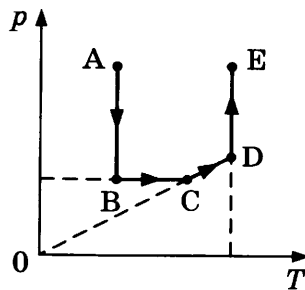
Ответ: 

А	Б

8. Масса воздуха в цилиндре при нагревании изменилась, так как крышка, закрывавшая цилиндр, была негерметична. Найдите отношение масс воздуха в цилиндре в конечном и начальном состояниях  $\frac{m_2}{m_1}$ , если при увеличении температуры воздуха в 2 раза давление увеличилось в 1,5 раза.

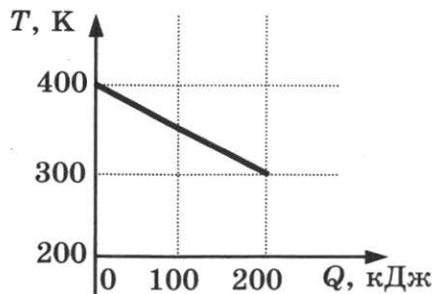
Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Чему равна работа газа в процессе CD (см. рисунок), если он получил в этом процессе 20 кДж теплоты?



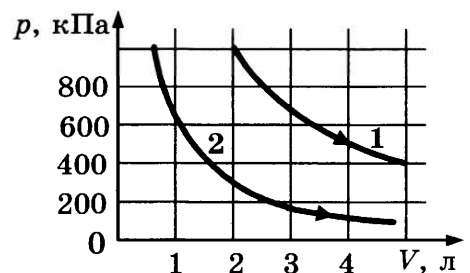
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. На рисунке приведен график зависимости температуры твердого тела от отданного им количества теплоты. Масса тела 4 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).

11. На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой газа. На основании графиков выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих с газом.



- 1) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 2) В процессе 1 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 3) Процесс 1 идет при более высокой температуре.
- 4) Процесс 2 идет при более высокой температуре.
- 5) В процессе 1 объем увеличивается.

Ответ:

12. В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его объем?

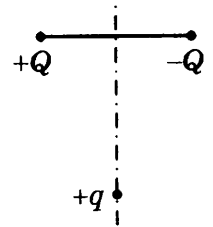
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Объем гелия

13. Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).

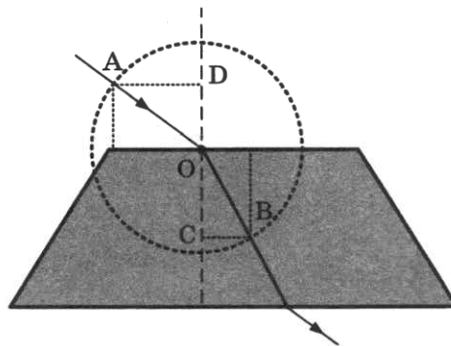


Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно 2 Ом, а второго — 4 Ом. Каким станет общее сопротивление этого участка, если и длину, и площадь поперечного сечения первого проводника уменьшить в 2 раза?

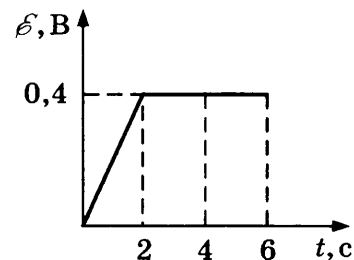
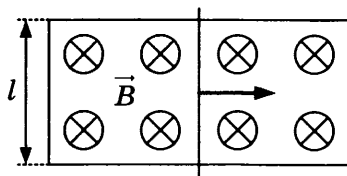
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. На рисунке показан ход светового луча через стеклянную пластину, находящуюся в воздухе. Точка  $O$  — центр окружности.  $AD = OC = 7$  см,  $BC = OD = 5$  см. Чему равен показатель преломления стекла  $n$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

16. По П-образному проводнику, находящемуся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости проводника, скользит проводящая перемычка (см. рисунок). На графике приведена зависимость ЭДС индукции, возникающей в перемычке при ее движении в магнитном поле. Пренебрегая сопротивлением проводника, выберите *два* верных утверждения о результатах этого опыта. Известно, что модуль индукции магнитного поля равен  $B = 0,4$  Тл, длина проводника  $l = 0,1$  м.



- 1) Проводник все время двигался с одинаковой скоростью.
- 2) Через 2 с проводник остановился.
- 3) В момент времени 4 с скорость проводника была равна 10 м/с.
- 4) Первые 2 с сила тока в проводнике увеличивалась.
- 5) Через 2 с проводник начал двигаться в противоположную сторону.

Ответ:

17. Плоский конденсатор подключен к батарее. Как изменятся емкость конденсатора и величина заряда на его обкладках, если увеличить зазор между обкладками конденсатора? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

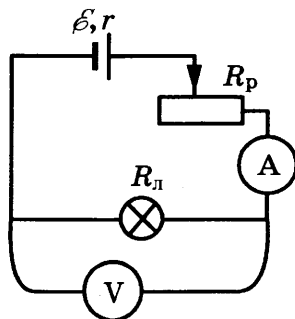
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Величина заряда на обкладках конденсатора

18. Ученик собрал электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчетов показаний амперметра и вольтметра в этой схеме. Измерительные приборы считать идеальными.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ**

- А) показания амперметра
- Б) показания вольтметра

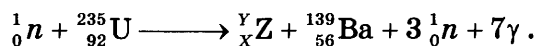
**ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ**

- 1)  $\frac{\varepsilon R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{р}} + r}$
- 2)  $\varepsilon R_{\text{л}} - \varepsilon (R_{\text{р}} + r)$
- 3)  $\varepsilon (R_{\text{л}} + R_{\text{р}} + r)$
- 4)  $\frac{\varepsilon}{R_{\text{л}} + R_{\text{р}} + r}$

Ответ:

А	Б

19. Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией



При этом образовалось ядро химического элемента  ${}^Y_X\text{Z}$ . Определите число протонов и нейтронов в этом ядре.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.



20. Энергия фотона в рентгеновском дефектоскопе в 2 раза больше энергии фотона в рентгеновском медицинском аппарате. Определите отношение частоты электромагнитных колебаний рентгеновских лучей в дефектоскопе к частоте электромагнитных колебаний рентгеновских лучей в медицинском аппарате.

Ответ: \_\_\_\_\_.

21. Большое число  $N$  радиоактивных ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  распадается, образуя стабильные дочерние ядра  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ . Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 139,8 суток, а дочерних появится за 93,2 суток после начала наблюдений? Установите соответствие между величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ

А) количество ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  через 139,8 суток

Б) количество ядер  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$  через 93,2 суток

ИХ ЗНАЧЕНИЕ

1)  $\frac{N}{8}$

2)  $\frac{N}{4}$

3)  $\frac{3N}{4}$

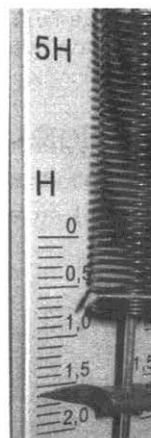
4)  $\frac{7N}{8}$

Ответ: 

А	Б

22. Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. Запишите в ответ величину силы тяжести, действующей на груз, с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.



В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Нужно провести лабораторную работу по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его диаметра. Какие **два** проводника из перечисленных в таблице необходимо выбрать, чтобы провести такое исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	Медь
2	10 м	0,5 мм	Медь
3	20 м	1,0 мм	Медь
4	10 м	0,5 мм	Алюминий
5	10 м	1,0 мм	Медь

В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

24. В таблице приведена выборочная характеристика планет земной группы. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже, и запишите их номера.

Название планеты	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Расстояние до Солнца, млн км	57,9	108,2	149,6	227,9
Наклонение орбиты, градусы	7,005	3,395	0,0002	1,850
Эксцентриситет	0,206	0,007	0,017	0,093
Период обращения вокруг своей оси, сутки	58,6	243,0	1,0	1,0
Орбитальная скорость, км/с	47,9	35,0	29,8	24,1
Наклон экватора к орбите, градус	0,01	177,46	23,4	25,2
Число спутников, шт.	–	–	1	2

- 1) Самые длинные «сутки» — на Венере.
- 2) Один оборот вокруг Солнца Венера совершает примерно за 224 земных суток.
- 3) Самой вытянутой орбитой обладает Марс.
- 4) Ось вращения Земли практически перпендикулярна плоскости ее орбиты.
- 5) Расстояния до Солнца от Венеры и от Меркурия отличаются в 2 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

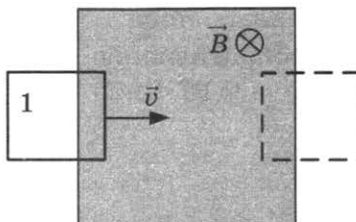
## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Идеальный газ изобарно нагревают так, что его температура изменяется на  $\Delta T = 240$  К, а объем увеличивается в 1,8 раза. Масса газа постоянна. Найдите конечную температуру газа по шкале Кельвина.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26. В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка,  $B = 0,1$  Тл. Проволочную квадратную рамку сопротивлением  $R = 10$  Ом и стороной  $l = 10$  см перемещают в плоскости рисунка поступательно со скоростью  $v = 1$  м/с. Чему равен индукционный ток в рамке в состоянии 1?



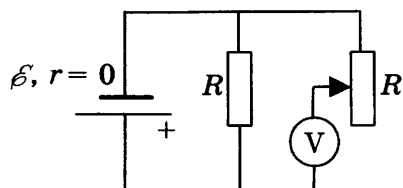
Ответ: \_\_\_\_\_ мА.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

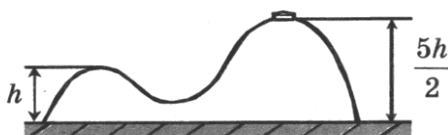
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны  $R$ , ЭДС батарейки равна  $\mathcal{E}$ , ее внутреннее сопротивление ничтожно мало ( $r = 0$ ). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

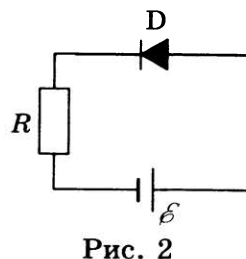
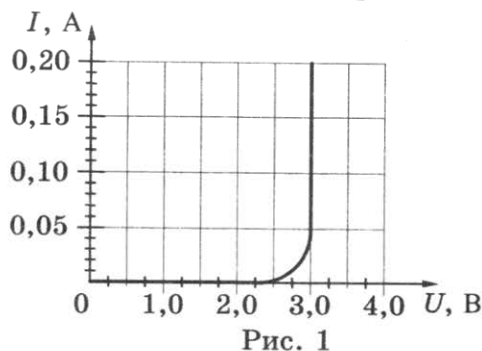


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

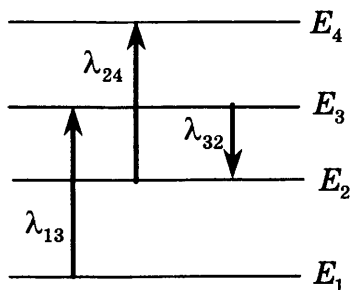
28. Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью  $v = 100$  м/с, разрывается на два равных осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его скорость  $v_2 = 400$  м/с?
29. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых  $h$  и  $\frac{5}{2}h$  (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причем шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы на левой вершине горки оказалась равной  $v$ . Найдите отношение масс шайбы и горки.



30. В калориметре находился лед при температуре  $t_1 = -5$  °С. Какой была масса  $m_1$  льда, если после добавления в калориметр  $m_2 = 4$  кг воды, имеющей температуру  $t_2 = 20$  °С, и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной  $t = 0$  °С, причем в калориметре была только вода?
31. На рисунке 1 изображена зависимость силы тока через светодиод D от приложенного к нему напряжения, а на рисунке 2 — схема его включения. Напряжение на светодиоде практически не зависит от силы тока через него в интервале значений  $0,05 \text{ A} < I < 0,2 \text{ A}$ . Чему равно  $R$  сопротивление резистора, включенного последовательно с диодом, если ЭДС источника  $\mathcal{E} = 6$  В? Сила тока в цепи равна 0,15 А. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



32. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна  $\lambda_0 = 250$  нм. Какова величина  $\lambda_{13}$ , если  $\lambda_{32} = 545$  нм,  $\lambda_{24} = 400$  нм?



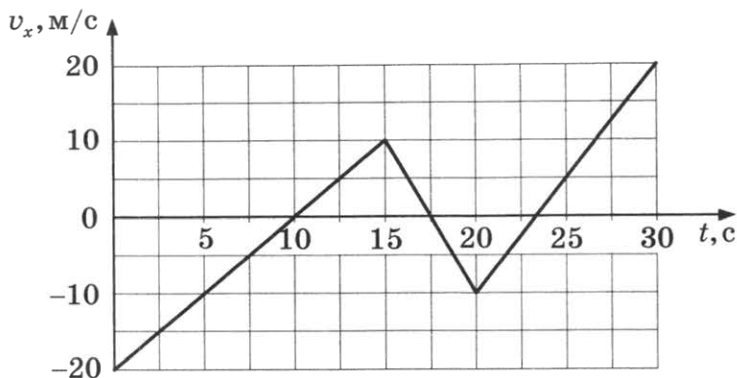
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 19

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Определите путь, пройденный телом за промежуток времени от 0 с до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

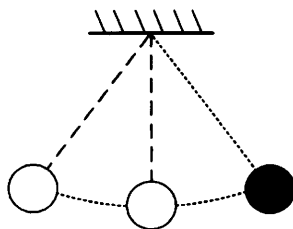
2. В инерциальной системе отсчета сила  $\vec{F}$  сообщает телу массой  $m$  ускорение  $\vec{a}$ . Модуль силы равен  $F = 4$  Н. Определите модуль силы, которая сообщает телу массой  $4m$  ускорение  $\frac{1}{2}\vec{a}$  в этой системе отсчета.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Равномерно поднимая веревку, человек достал ведро с водой из колодца глубиной 10 м, совершив при этом работу, равную 1400 Дж. Масса ведра 2 кг. Определите массу воды в ведре. Массой веревки пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Математический маятник с периодом колебаний 6 с отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Через какое время после этого кинетическая энергия маятника в первый раз достигнет максимального значения? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5. В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой  $m = 500$  г. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени. Какие **два** вывода из приведенных ниже соответствуют результатам эксперимента?

$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49
$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7

- 1) Первые 3 с тело двигалось равномерно, а затем тело двигалось с постоянным ускорением.
- 2) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 8 м/с.
- 3) Кинетическая энергия тела в момент времени 3 с равна 12 Дж.
- 4) Сила, действующая на тело, все время возрастала.
- 5) За первые 3 с действующая на тело сила совершила работу 9 Дж.

Ответ: 

--	--

6. Брусок скользит без трения вниз по наклонной плоскости. Как меняются при этом движении его ускорение и кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение бруска	Кинетическая энергия бруска

7. Подвешенный на пружине груз совершает вынужденные гармонические колебания под действием силы, меняющейся с частотой  $\nu$ . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими этот процесс, и частотой их изменения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) потенциальная энергия пружины
- Б) смещение груза от положения равновесия

**ЧАСТОТА ИЗМЕНЕНИЯ**

- 1)  $\frac{\nu}{2}$
- 2)  $\nu$
- 3)  $2\nu$
- 4)  $\frac{\nu}{4}$

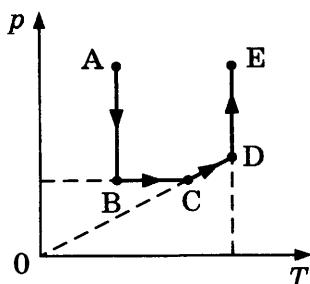
Ответ: 

А	Б

8. Масса воздуха в цилиндре при охлаждении изменилась, так как крышка, закрывавшая цилиндр, была негерметична. Найдите отношение масс воздуха в цилиндре в конечном и начальном состояниях  $\frac{m_2}{m_1}$ , если при уменьшении температуры воздуха в 3 раза давление уменьшилось в 1,5 раза.

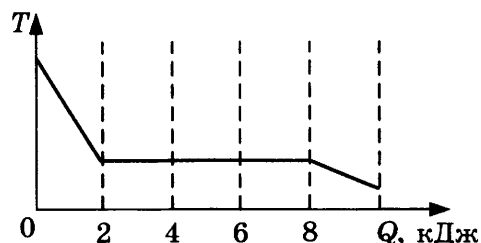
Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Чему равна работа газа в процессе АВ (см. рисунок), если он получил в этом процессе 20 кДж теплоты?



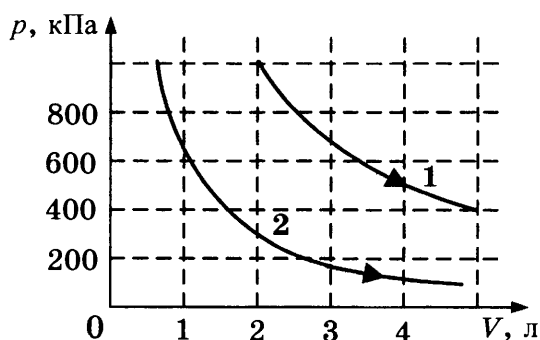
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. Зависимость температуры 0,2 кг первоначально газообразного вещества от количества выделенной им теплоты при остывании представлена на рисунке. Какова удельная теплота парообразования этого вещества?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж/кг.

11. На рисунке приведены графики двух изотермических процессов, проводимых с одной и той же массой газа. На основании графиков выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих с газом.



- 1) Оба процесса идут при одной и той же температуре.
- 2) В процессе 2 внутренняя энергия газа уменьшалась.
- 3) Процесс 1 идет при более низкой температуре.
- 4) Процесс 2 идет при более низкой температуре.
- 5) В процессе 1 давление уменьшается.

Ответ:

12. В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия уменьшается. Как изменяются при этом давление гелия и его температура?

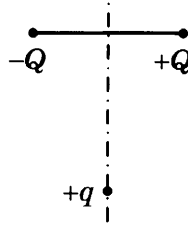
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Давление гелия

13. Заряд  $+q > 0$  находится на равном расстоянии от неподвижных точечных зарядов  $+Q > 0$  и  $-Q$ , расположенных на концах тонкой стеклянной палочки (см. рисунок). Куда направлено (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? Ответ запишите словом (словами).

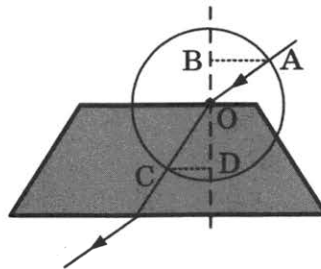


Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Участок цепи состоит из двух последовательно соединенных цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно 2 Ом, а второго — 5 Ом. Каким станет общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление и площадь поперечного сечения первого проводника увеличить вдвое?

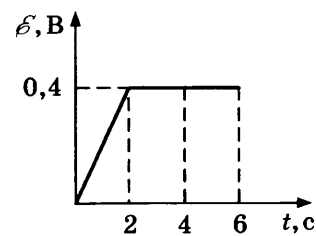
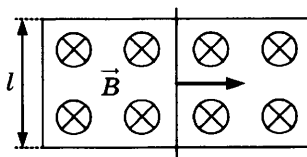
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. На рисунке показан ход луча света через стеклянную призму, находящуюся в воздухе. Точка  $O$  — центр окружности.  $AB = OD = 15$  см,  $OB = CD = 10$  см. Чему равен показатель преломления стекла  $n$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_.

16. По П-образному проводнику, находящемуся в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости проводника, скользит проводящая перемычка (см. рисунок). На графике приведена зависимость ЭДС индукции, возникающей в перемычке при ее движении в магнитном поле. Пренебрегая сопротивлением проводника, выберите *два* верных утверждения о результатах этого опыта. Известно, что модуль индукции магнитного поля равен  $B = 0,2$  Тл, длина проводника  $l = 0,15$  м.



- 1) Проводник сначала двигался равноускоренно, а затем равномерно.
- 2) Через 2 с скорость проводника была равна 10 м/с.
- 3) В момент времени 4 с сила Ампера на проводник не действовала.
- 4) В промежуток времени от 2 с до 6 с сила тока в проводнике не изменялась.
- 5) Через 6 с проводник остановился.

Ответ:



17. Плоский конденсатор подключен к батарее. Расстояние между обкладками конденсатора уменьшают. Как изменятся при этом емкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

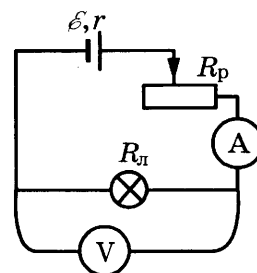
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

18. Ученик собрал электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчетов показаний амперметра и напряжения на источнике тока. Измерительные приборы считать идеальными. Вольтметр показывает напряжение  $U$ .



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ**

- А) показания амперметра
- Б) напряжение на источнике тока

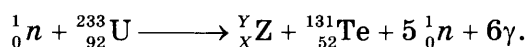
**ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ**

- 1)  $\frac{U}{R_{л}}$
- 2)  $\frac{U}{R_{л} + r}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}R_{л} - Ur}{R_{л}}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}R_{л} + Ur}{R_{л}}$

Ответ:

А	Б

19. Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией:



При этом образовалось ядро химического элемента  ${}^Y_X\text{Z}$ . Определите число протонов и нейтронов в этом ядре.

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Длина волны рентгеновского излучения равна  $10^{-10}$  м. Во сколько раз энергия одного фотона этого излучения превосходит энергию фотона видимого света длиной волны  $4 \cdot 10^{-7}$  м?

Ответ: \_\_\_\_\_.

21. Большое число  $N$  радиоактивных ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  распадается, образуя стабильные дочерние ядра  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ . Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 93,2 суток, а дочерних появится за 139,8 суток после начала наблюдений? Установите соответствие между величинами и их значениями.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ

А) количество ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  через 93,2 суток

Б) количество ядер  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$  через 139,8 суток

ИХ ЗНАЧЕНИЕ

1)  $\frac{N}{8}$

2)  $\frac{N}{4}$

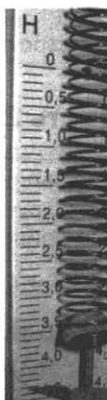
3)  $\frac{3N}{4}$

4)  $\frac{7N}{8}$

Ответ:

А	Б

22. Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. Запишите в ответ величину силы тяжести, действующей на груз, с учетом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Нужно провести лабораторную работу по обнаружению зависимости сопротивления проводника от его длины. Какие **два** проводника из перечисленных в таблице необходимо выбрать, чтобы провести такое исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал
1	5 м	1,0 мм	Медь
2	10 м	0,5 мм	Медь
3	20 м	1,0 мм	Медь
4	10 м	0,5 мм	Алюминий
5	10 м	1,5 мм	Медь

В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ:

--	--

24. В таблице приведена выборочная характеристика планет земной группы. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже, и запишите их номера.

Название планеты	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Расстояние до Солнца, млн км	57,9	108,2	149,6	227,9
Наклонение орбиты, градусы	7,005	3,395	0,0002	1,850
Эксцентриситет	0,206	0,007	0,017	0,093
Период обращения вокруг своей оси, сутки	58,6	243,0	1,0	1,0
Орбитальная скорость, км/с	47,9	35,0	29,8	24,1
Наклон экватора к орбите, градус	0,01	177,46	23,4	25,2
Число спутников, шт.	—	—	1	2

- 1) За один период обращения вокруг Солнца Меркурий оборачивается вокруг своей оси менее 2 раз.
- 2) Период обращения Земли вокруг Солнца больше периода обращения Венеры вокруг Солнца примерно в 1,4 раза.
- 3) Венера и Меркурий не имеют спутников.
- 4) Так как Марс расположен дальше всех от Солнца, его скорость движения по орбите наибольшая.
- 5) Венера вращается вокруг своей оси в другую сторону, чем Меркурий.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

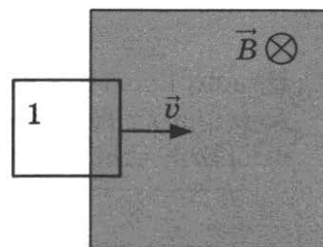
## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Идеальный газ изохорно нагревают так, что его температура изменяется на  $\Delta T = 240$  К, а давление увеличивается в 1,8 раза. Масса газа постоянна. Найдите начальную температуру газа по шкале Кельвина.

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26. В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка, с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Квадратную проволочную рамку, сопротивление которой 10 Ом и длина стороны 10 см, перемещают в этом поле в плоскости рисунка поступательно равномерно с некоторой скоростью  $v$ . При попадании рамки в магнитное поле в положении 1 в ней возникает индукционный ток, равный 1 мА. Какова скорость движения рамки?



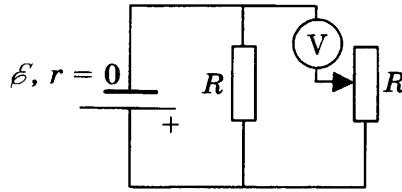
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

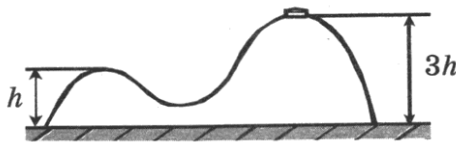
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны  $R$ , ЭДС батарейки равна  $\mathcal{E}$ , ее внутреннее сопротивление ничтожно ( $r = 0$ ). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью  $v = 100$  м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова масса второго осколка, если его скорость равна  $v_2 = 400$  м/с?
29. Горка с двумя вершинами, высоты которых  $h$  и  $3h$ , покоится на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба, масса которой в 12 раз меньше массы горки. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причем шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость горки  $u$  в тот момент, когда шайба окажется на левой вершине горки.



30. В калориметре находился  $m_1 = 1$  кг льда. Какой была температура льда  $t_1$ , если после добавления в калориметр  $m_2 = 15$  г воды, имеющей температуру  $t_2 = 20^\circ\text{C}$ , в калориметре установилось тепловое равновесие при  $t = -2^\circ\text{C}$ ? Теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью калориметра пренебречь.
31. На рисунке 1 изображена зависимость силы тока через светодиод D от приложенного к нему напряжения, а на рисунке 2 — схема его включения. Напряжение на светодиоде практически не зависит от силы тока через него в интервале значений  $0,05 \text{ A} \leq I \leq 0,2 \text{ A}$ . Этот светодиод соединен последовательно с резистором  $R$  и подключен к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 6$  В. При этом сила тока в цепи равна 0,1 А. Какова сила тока, текущего через светодиод, при замене источника на другой с ЭДС  $\mathcal{E}_2 = 4,5$  В? Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

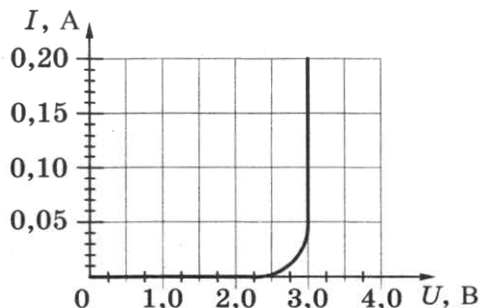


Рис. 1

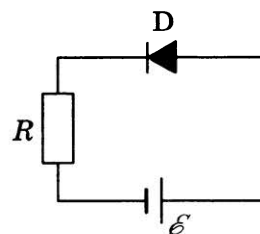
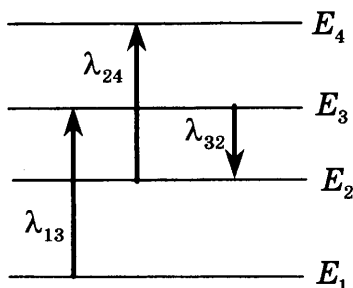


Рис. 2

32. На рисунке изображены энергетические уровни атома и указаны длины волн фотонов, излучаемых и поглощаемых при переходах с одного уровня на другой. Экспериментально установлено, что минимальная длина волны для фотонов, излучаемых при переходах между этими уровнями, равна  $\lambda_0 = 200$  нм. Какова величина  $\lambda_{24}$ , если  $\lambda_{32} = 500$  нм,  $\lambda_{13} = 250$  нм?



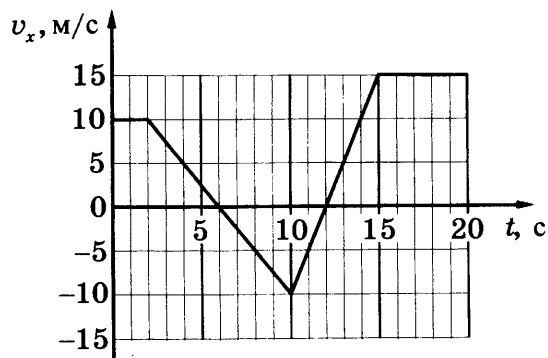
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 20

## Часть 1

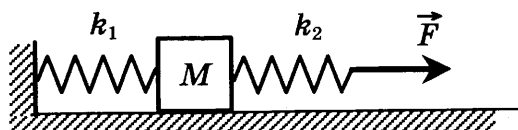
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 2 до 10 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. К системе из кубика массой  $M = 1$  кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жесткости пружин равны  $k_1 = 400$  Н/м и  $k_2 = 100$  Н/м. Удлинение первой пружины равно 2 см. На сколько растянута вторая пружина?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

3. Шар массой 2 кг, летящий со скоростью 10 м/с, врезается в стоящую на горизонтальной площадке платформу с песком массой 20 кг под углом  $60^\circ$  к горизонту и застревает в песке. Какой импульс приобретет в результате этого платформа с шариком? Считать, что платформа может двигаться горизонтально без трения.

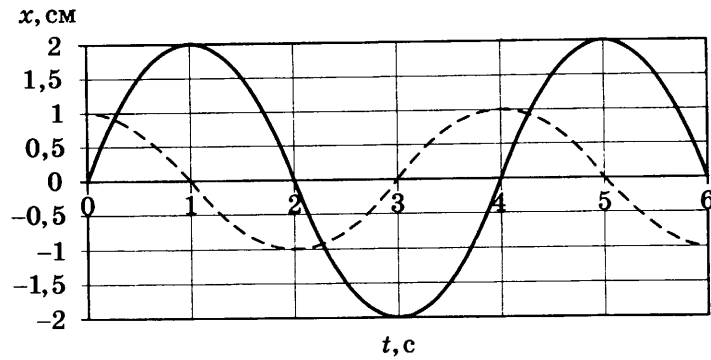
Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

4. Для экспериментального определения скорости звука ученик встал на расстоянии 33 м от стены и хлопнул в ладоши. В момент хлопка включился электронный секундомер, который выключился отраженным звуком. Время, отмеченное секундомером, равно 0,2 с. Чему равна скорость звука, определенная учеником?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

5. На рисунке приведены зависимости от времени координат двух колеблющихся тел 1 и 2, прикрепленных к одинаковым пружинам. Сплошной линией изображены колебания груза  $m_1$ , пунктиром — тела  $m_2$ .

Выберите *два* верных утверждения о движении тел.



- 1) Периоды колебаний тел одинаковы.
- 2) Амплитуды колебаний тел одинаковы.
- 3) Масса тела 1 в два раза меньше массы тела 2 ( $m_2 = 2m_1$ ).
- 4) Максимальная кинетическая энергия груза 1 в четыре раза больше, чем максимальная кинетическая энергия груза 2.
- 5) Максимальные потенциальные энергии пружин одинаковы.

Ответ: 

--	--

6. Высота полета искусственного спутника над Землей уменьшилась с 400 км до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника и период его обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость	Период обращения

7. Деревянный брусок, площади граней которого связаны отношением  $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$ , скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью  $S_3$ . Коэффициент трения бруска об опору равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) масса бруска
- Б) ускорение бруска

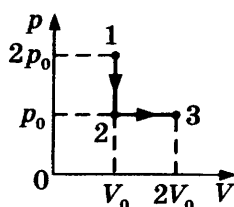
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{F}{3\mu g}$
- 2)  $\frac{F}{\mu g}$
- 3) 0
- 4)  $\frac{\mu g}{3}$

Ответ: 

А	Б

8. Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на диаграмме  $p$ - $V$ . Чему равна температура газа в состоянии 2, если в состоянии 1 температура равна 400 К?



Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9. Газ получил количество теплоты 300 Дж, а его внутренняя энергия увеличилась на 100 Дж. Какая работа была совершена при этом газом?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. В сосуде при температуре 100 °С находится влажный воздух. Парциальное давление водяных паров в сосуде равно 60 кПа. Определите относительную влажность воздуха в сосуде.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

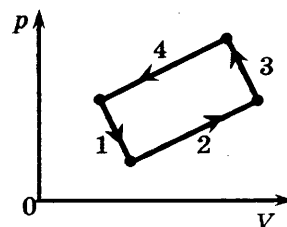
11. При изучении процессов, происходящих с газом, ученик занес в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие **два** из приведенных ниже утверждений соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$p$ , кПа	200	180	150	100	110	150	200
$t$ , °С	27	27	27	27	57	177	327

- 1) Объем газа в состоянии 4 в 2 раза меньше объема газа в состоянии 1.
- 2) В опытах № 4–7 объем газа был одинаковым.
- 3) Внутренняя энергия газа в опыте № 6 в 3 раза больше, чем в опыте 5.
- 4) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 газ получал тепло.
- 5) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 газ совершал работу.

Ответ:

12. На рисунке изображена диаграмма четырех последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. В каком из процессов газ совершает наименьшую работу, а в каком из процессов работа внешних сил максимальна? Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

- А) работа газа минимальна
- Б) работа внешних сил максимальна

**НОМЕРА ПРОЦЕССОВ**

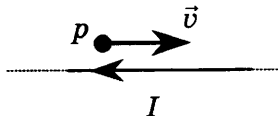
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Ответ: 

А	Б



13. Протон  $p$  имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) действующая на протон сила Лоренца? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

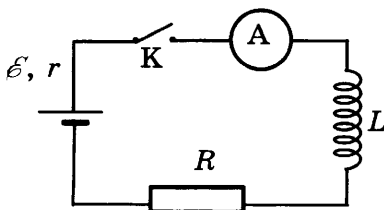
14. Комната освещается четырьмя одинаковыми параллельно включенными лампочками. Расход электроэнергии за час равен 800 кДж. Каким будет расход электроэнергии в час, если число этих лампочек уменьшить вдвое?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

15. В опыте по наблюдению электромагнитной индукции квадратная рамка из одного витка тонкого провода находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция магнитного поля равномерно возрастает от 0 до максимального значения  $B_{\max}$  за время  $T$ . При этом в рамке возбуждается ЭДС индукции, равная 8 мВ. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке, если  $T$  увеличить в 2 раза, а  $B_{\max}$  в 2 раза уменьшить.

Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. В схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  замыкают в момент времени  $t = 0$ . Показания амперметра в последовательные моменты времени приведены в таблице. Сопротивление резистора равно 100 Ом. Сопротивлением проводов и амперметра, активным сопротивлением катушки индуктивности и внутренним сопротивлением источника пренебречь.



$t$ , мс	0	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700
$I$ , мА	0	23	38	47	52	55	57	59	59	60	60

Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) В контуре происходят затухающие колебания силы тока.
- 2) Напряжение на резисторе не меняется с течением времени.
- 3) ЭДС источника равна 6 В.
- 4) Напряжение на катушке в момент времени 700 мс равно 0.
- 5) Напряжение на резисторе в момент времени 600 мс равно 0.

Ответ:

17. При настройке контура радиопередатчика его индуктивность увеличили. Как при этом изменятся период колебаний тока в контуре и длина волны излучения? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

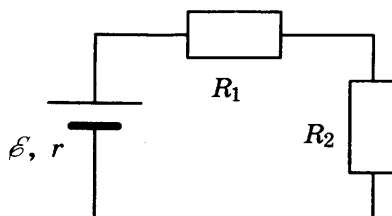
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

18. Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рисунок). Сопротивление первого резистора равно  $R_1$ , напряжение на нем равно  $U_1$ . Напряжение на втором резисторе равно  $U_2$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сопротивление резистора  $R_2$   
 Б) внутреннее сопротивление источника тока  $r$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $R_1 \cdot \frac{U_1}{U_2}$
- 2)  $R_1 \cdot \frac{U_2}{U_1}$
- 3)  $R_1 \cdot \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_2}$
- 4)  $R_1 \cdot \frac{\mathcal{E} - U_1 - U_2}{U_1}$

Ответ:

А	Б

19. Определите число нуклонов и электронов в нейтральном атоме азота  ${}^{12}_7\text{N}$ .

Ответ:

Число нуклонов	Число электронов

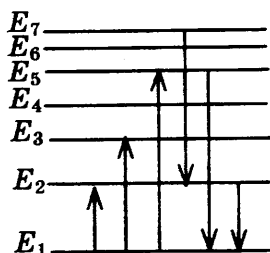
В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Поток фотонов с энергией 15 эВ выбивает из металла электроны, максимальная кинетическая энергия которых 8 эВ. Какова работа выхода электронов с поверхности данного металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

21. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Установите соответствие между отмеченными стрелками переходами между энергетическими уровнями и происходящими при этом процессами.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ПРОЦЕССЫ**

- А) поглощение фотона максимальной частоты
- Б) излучение фотона минимальной частоты

**ПЕРЕХОДЫ**

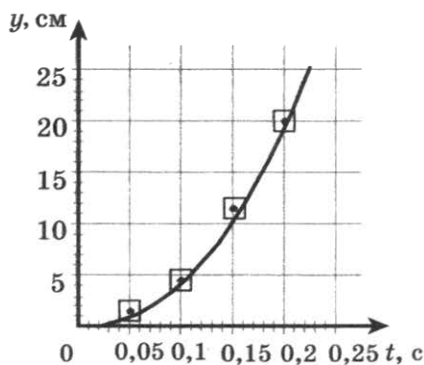
- 1) с уровня 1 на уровень 5
- 2) с уровня 1 на уровень 2
- 3) с уровня 5 на уровень 1
- 4) с уровня 2 на уровень 1

Ответ: 

А	Б

22. Ученик исследовал движение шарика, брошенного горизонтально. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения. По результатам исследования он заполнил таблицу и построил график зависимости координаты шарика  $y$  от времени  $t$ :

$t, c$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, cm$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, cm$	0	1,5	4,5	11,5	20



Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени — 0,01 с. Чему равна  $y$ -координата шарика в момент времени 0,18 с? Запишите в ответ значение координаты  $y$  с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) см.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Нужно провести лабораторную работу по обнаружению зависимости жесткости проволоки от ее длины. Для этого использовали установки, состоящие из закрепленной на потолке проволоки и подвешенного к ней груза. Какие **две** установки из перечисленных в таблице необходимо выбрать, чтобы провести такое исследование? Все проволоки имели одинаковый диаметр.

№ установки	Длина проволоки	Материал проволоки	Масса груза
1	1,0 м	медь	10 кг
2	1,5 м	медь	2 кг
3	2,0 м	медь	5 кг
4	0,5 м	алюминий	5 кг
5	0,5 м	медь	5 кг

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Средняя температура на поверхности, °С
Меркурий	4 878	87,97 суток	58,6 суток	350 °С день, -170°С ночь
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	480 °С
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	-63 °С
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	-150 °С
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	-180 °С
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	-214 °С
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	-220 °С

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Уран и Нептун имеют практически одинаковые периоды обращения вокруг Солнца.
- 2) Радиус Нептуна больше радиуса Венеры примерно в 4,1 раза.
- 3) Высокая температура на поверхности Венеры связана с ее медленным вращением вокруг оси.
- 4) Период обращения Сатурна вокруг Солнца больше периода его вращения вокруг оси в 15 раз.
- 5) Большая разница между ночными и дневными температурами на Меркурии объясняется отсутствием на планете атмосферы.

Ответ: \_\_\_\_\_.

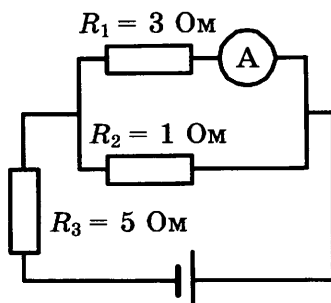


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В цепи, изображенной на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите напряжение на резисторе  $R_3$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

26. Линза с фокусным расстоянием  $F = 2$  м дает на экране изображение предмета, увеличенное в 4 раза. Каково расстояние от предмета до линзы?

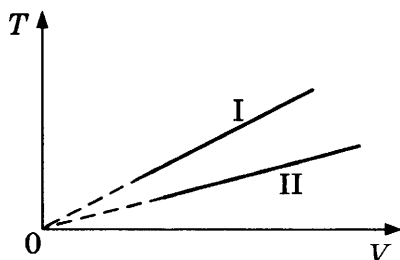
Ответ: \_\_\_\_\_ м.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

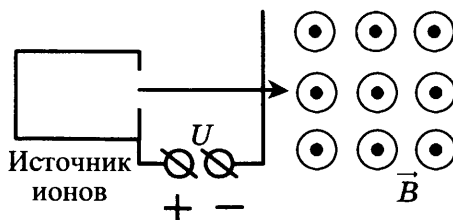
27. На рисунке изображены графики двух процессов, проведенных с идеальным газом при одном и том же давлении. Почему изобара I лежит выше изобары II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Невесомая недеформированная пружина лежит на горизонтальном столе. Один ее конец закреплен, а другой касается бруска массой  $M = 0,1$  кг, находящегося на том же столе. Брусок сдвигают вдоль оси пружины, сжимая пружину на  $\Delta x = 1$  см, и отпускают. При последующем движении брусок приобретает максимальную скорость, равную 1 м/с. Определите жесткость пружины. Трение не учитывать.
29. Снаряд, движущийся со скоростью  $v_0$ , разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение в том же направлении, а другая летит в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счет энергии взрыва на величину  $\Delta E$ . Скорость осколка, движущегося вперед по направлению движения снаряда, равна  $v_1$ . Найдите массу  $m$  осколка.

30. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре  $T_1 = 600$  К и давлении  $p_1 = 4 \cdot 10^5$  Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление изменяется обратно пропорционально квадрату объема. Конечное давление газа  $p_2 = 10^5$  Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу  $A = 2493$  Дж?
31. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$  кг/Кл. Определите значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебречь.



32. Металлическая пластина облучается светом частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна  $3,7$  эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью  $130$  В/м, причем вектор  $\vec{E}$  направлен в сторону пластины и перпендикулярен ее поверхности. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии  $10$  см от пластины?



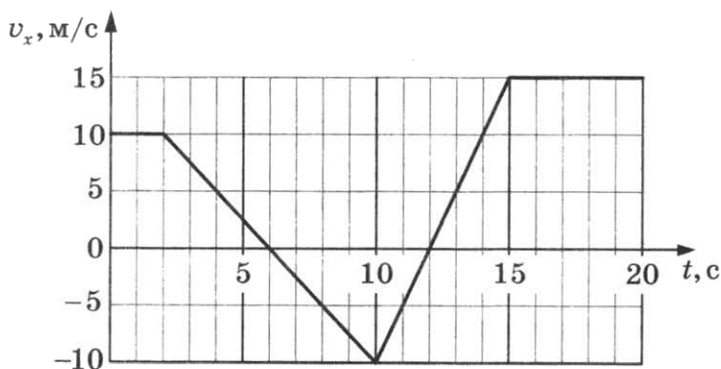
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 21

## Часть 1

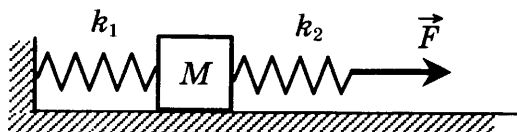
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 15 до 20 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. К системе из кубика массой  $M = 0,5$  кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жесткости пружин равны  $k_1 = 400$  Н/м и  $k_2 = 200$  Н/м. Удлинение второй пружины равно 2 см. На сколько растянута первая пружина?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

3. Камень массой 1 кг врезается в стоящую на горизонтальной площадке платформу с песком массой 20 кг под углом  $60^\circ$  к горизонту и застревает в песке. После удара импульс платформы с камнем стал равен  $4$  кг · м/с. Определите скорость камня перед ударом. Считать, что платформа может двигаться горизонтально без трения.

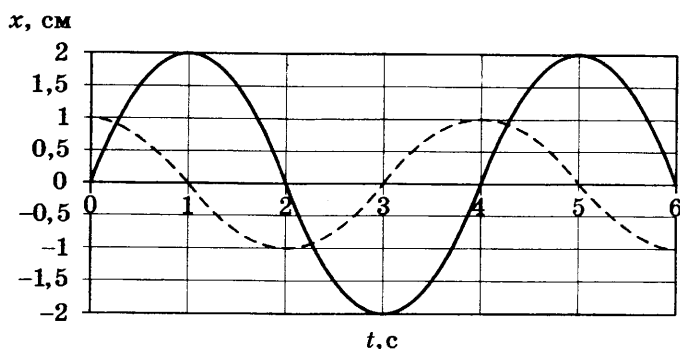
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4. На расстоянии 495 м от наблюдателя рабочие вбивают сваи с помощью копра. Каково время между видимым ударом молота о сваю и звуком удара, услышанным наблюдателем? Скорость звука в воздухе 330 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5. На рисунке приведены зависимости от времени координат двух колеблющихся тел 1 и 2, прикрепленных к одинаковым пружинам. Выберите два верных утверждения о движении тел. Сплошной линией изображены колебания груза  $m_1$ , пунктиром — тела  $m_2$ .

Выберите **два** верных утверждения о движении тел.



- 1) Период колебаний тела 1 в два раза больше периода колебаний тела 2.
- 2) Амплитуды колебаний тел одинаковы.
- 3) Масса тела 1 равна массе тела 2 ( $m_1 = m_2$ ).
- 4) Максимальная кинетическая энергия груза 1 в два раза больше, чем максимальная кинетическая энергия груза 2.
- 5) Максимальные потенциальные энергии пружин отличаются в 4 раза.

Ответ:

6. Высота полета искусственного спутника над Землей уменьшилась с 600 км до 400 км. Как изменились в результате этого его кинетическая энергия и центростремительное ускорение? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия	Центростремительное ускорение

7. Деревянный брусок, площади граней которого связаны отношением  $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$ , скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$  по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью  $S_2$ . Коэффициент трения бруска об опору равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами для их вычисления.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) масса бруска  
 Б) сила нормальной реакции опоры

**ФОРМУЛЫ**

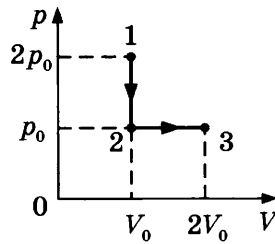
- 1)  $\frac{F}{2\mu g}$
- 2)  $\frac{F}{\mu g}$
- 3)  $\frac{F}{2}$
- 4)  $\frac{F}{\mu}$

Ответ: 

А	Б



8. Газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на диаграмме  $p$ - $V$ . Чему равна температура газа в состоянии 3, если в состоянии 2 температура равна 100 К?



Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9. Внешние силы совершили над газом работу 300 Дж, а внутренняя энергия газа увеличилась на 500 Дж. Какое количество теплоты газ получил от окружающей среды?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. В сосуде при температуре 100 °С находится влажный воздух с относительной влажностью 80%. Определите парциальное давление водяных паров в сосуде.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

11. При изучении процессов, происходящих с газом, ученик занес в таблицу результаты измерения температуры и давления одного и того же количества газа в различных равновесных состояниях. Какие **два** из утверждений, приведенных ниже, соответствуют результатам этих опытов? Газ считать идеальным.

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7
$p$ , кПа	200	180	150	100	110	150	200
$t$ , °С	27	27	27	27	57	177	327

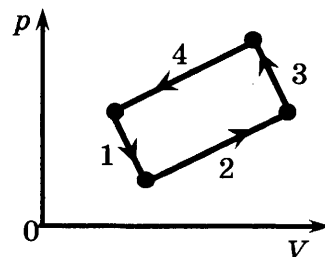
- 1) Объем газа в состоянии 4 в 2 раза больше объема газа в состоянии 1.
- 2) В опытах 1–3 объем газа был одинаковым.
- 3) Внутренняя энергия газа в опыте 6 в 3 раза больше, чем в опыте 5.
- 4) При переходе от состояния 5 к состоянию 6 газ отдавал тепло.
- 5) При переходе от состояния 2 к состоянию 3 газ совершал работу.

Ответ: 

--	--

12. На рисунке изображена диаграмма четырех последовательных изменений состояния 3 моль идеального газа. В каком из процессов газ совершает максимальную работу, а в каком из процессов модуль работы внешних сил минимален?

Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) работа газа максимальна  
 Б) модуль работы внешних сил минимален

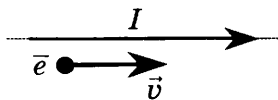
НОМЕРА ПРОЦЕССОВ

- 1) 1  
 2) 2  
 3) 3  
 4) 4

Ответ: 

А	Б

13. Электрон  $e^-$  имеет горизонтальную скорость  $\vec{v}$ , направленную вдоль прямого длинного проводника с током  $I$  (см. рисунок). Куда направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

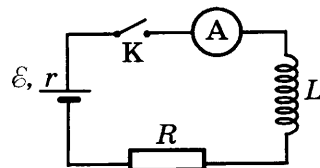
14. Комната освещается люстрой из четырех одинаковых параллельно включенных лампочек. Расход электроэнергии за час равен 600 кДж. Каким будет расход электроэнергии в час, если включить еще одну такую же люстру параллельно первой?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

15. В опыте по наблюдению электромагнитной индукции квадратная рамка из одного витка тонкого провода находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Индукция магнитного поля равномерно убывает от максимального значения  $B_{\max}$  до 0 за время  $T$ . При этом в рамке возбуждается ЭДС индукции, равная 10 мВ. Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке, если  $T$ , и  $B_{\max}$  уменьшить в 2 раза.

Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. В схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  замыкают в момент времени  $t = 0$ . Показания амперметра в последовательные моменты времени приведены в таблице. Сопротивление резистора равно 100 Ом. Сопротивлением проводов и амперметра, активным сопротивлением катушки индуктивности и внутренним сопротивлением источника пренебречь.



$t$ , мс	0	50	100	150	200	250	300	400	500	600	700
$I$ , мА	0	23	38	47	52	55	57	59	59	60	60

Выберите *два* верных утверждения о процессе, происходящем в контуре.

- 1) Напряжение на резисторе сначала увеличивается, а затем не меняется.
- 2) Напряжение на резисторе не меняется с течением времени.
- 3) ЭДС источника равна 3,4 В.
- 4) Напряжение на катушке в момент времени 300 мс равно 0.
- 5) Напряжение на катушке в момент времени 0 мс максимально.

Ответ:

17. При настройке контура радиопередатчика его емкость увеличили. Как при этом изменятся частота колебаний тока в контуре и длина волны излучения?

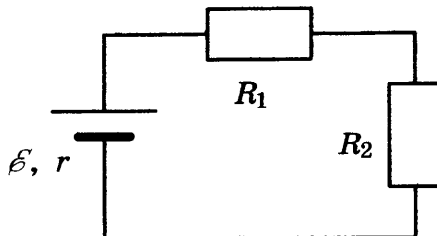
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

18. Два резистора подключены к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  (см. рисунок). Сопротивление второго резистора равно  $R_2$ , напряжение на нем равно  $U_2$ . Напряжение на первом резисторе равно  $U_1$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сопротивление резистора  $R_1$   
 Б) мощность, выделяемая в цепи

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $R_2 \frac{U_1}{U_2}$   
 2)  $R_2 \frac{U_2}{U_1}$   
 3)  $\frac{\mathcal{E}U_2}{R_2}$   
 4)  $\frac{(\mathcal{E} + U_1 + U_2)^2}{R_2}$

Ответ: 

А	Б

19. Определите число нуклонов и электронов в нейтральном атоме бора  ${}^{10}_5\text{B}$ .

Ответ: 

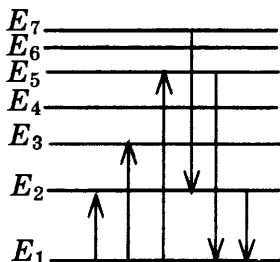
Число нуклонов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Поток фотонов с энергией 10 эВ выбивает из металла электроны. Какова максимальная кинетическая энергия электронов, если работа выхода электронов с поверхности данного металла равна 6 эВ?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

21. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Установите соответствие между отмеченными стрелками переходами между энергетическими уровнями и происходящими при этом процессами.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ПРОЦЕССЫ**

- А) поглощение фотона с максимальным импульсом
- Б) излучение фотона с максимальной длиной волны

**ПЕРЕХОДЫ**

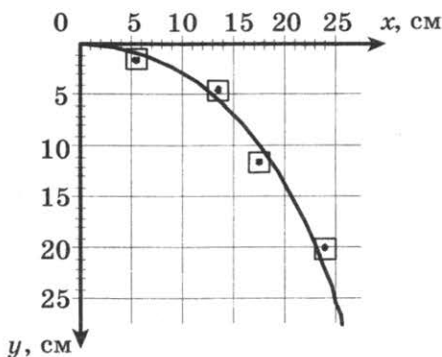
- 1) с уровня 1 на уровень 5
- 2) с уровня 1 на уровень 3
- 3) с уровня 7 на уровень 2
- 4) с уровня 2 на уровень 1

Ответ: 

А	Б

22. Ученик исследовал движение шарика, брошенного горизонтально. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения. По результатам исследования он заполнил таблицу и построил график траектории движения шарика (зависимость координаты шарика  $y$  от координаты  $x$ ):

$t, c$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, cm$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, cm$	0	1,5	4,5	11,5	20



Погрешность измерения координат равна 1 см, а погрешность измерения промежутков времени 0,01 с. Чему равна  $y$ -координата шарика в тот момент, когда координата  $x$  равна 25 см? Запишите в ответ значение координаты  $y$  с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) см.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Нужно провести лабораторную работу по обнаружению зависимости жесткости проволоки от ее материала. Для этого использовали установки, состоящие из закрепленной на потолке проволоки и подвешенного к ней груза. Какие **две** установки из перечисленных в таблице необходимо выбрать, чтобы провести такое исследование? Все проволоки имели одинаковый диаметр.

№ установки	Длина проволоки	Материал проволоки	Масса груза
1	1,0 м	Медь	10 кг
2	1,5 м	Медь	2 кг
3	2,0 м	Медь	5 кг
4	0,5 м	Алюминий	5 кг
5	0,5 м	Медь	5 кг

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ: 

--	--

24. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Средняя температура на поверхности, °C
Меркурий	4 878	87,97 суток	58,6 суток	350 °C день, -170 °C ночь
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	480 °C
Марс	6 794	687 суток	24 часа 37 минут	-63 °C
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	-150 °C
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	-180 °C
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	-214 °C
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	-220 °C

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Самой большой планетой Солнечной системы является Сатурн.
- 2) Низкая температура на поверхности Урана связана с большим удалением от Солнца.
- 3) Большая разница между ночными и дневными температурами на Меркурии объясняется его быстрым вращением вокруг оси.
- 4) Отличительным признаком планет-гигантов является быстрое по сравнению с планетами земной группы вращение вокруг своей оси.
- 5) За один меркурианский «год» проходит около 1,5 меркурианских «суток».

Ответ: \_\_\_\_\_.

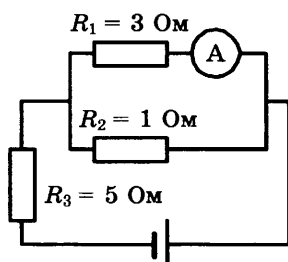


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В цепи, изображенной на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 1 Ом.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

26. Линза с фокусным расстоянием  $F = 1$  м дает на экране изображение предмета, уменьшенное в 4 раза. Каково расстояние от предмета до линзы?

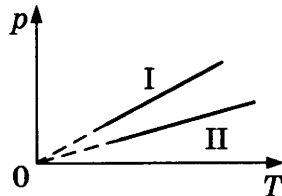
Ответ: \_\_\_\_\_ м.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.  
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

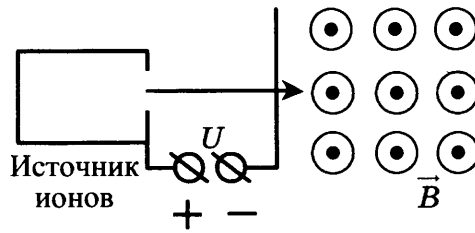
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объема. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Горизонтально расположенная невесомая пружина с жесткостью  $k = 1000$  Н/м находится в недеформированном состоянии. Один ее конец закреплен, а другой касается бруска массой  $M = 0,1$  кг, находящегося на горизонтальной поверхности. Брусок сдвигают, сжимая пружину, и отпускают. На какую длину  $\Delta x$  была сжата пружина, если после отпускания бруска его скорость достигла величины  $v = 1$  м/с? Трением пренебречь.
29. Снаряд массой  $2m$  разрывается в полете на две равные части, одна из которых продолжает движение в том же направлении, а другая летит в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счет энергии взрыва на величину  $\Delta E$ . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен  $v_1$ , а модуль скорости второго осколка равен  $v_2$ . Найдите  $\Delta E$ .
30. Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре  $T_1 = 600$  К и давлении  $p_1 = 9 \cdot 10^4$  Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его давление обратно пропорционально квадрату объема. Конечное давление газа  $p_2 = 10^4$  Па. Какую работу совершил газ при расширении, если он отдал холодильнику количество теплоты  $Q = 1500$  Дж?
31. Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов  $U = 10$  кВ и влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору его индукции  $\vec{B}$  (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле  $R = 0,2$  м, модуль индукции магнитного поля  $B = 0,5$  Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду  $\frac{m}{q}$ . Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебречь.



32. Металлическая пластина облучается светом частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряженностью 130 В/м, причем вектор напряженности  $\vec{E}$  поля направлен к пластине перпендикулярно ее поверхности. Измерения показали, что на расстоянии  $L = 10$  см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна  $E = 15,9$  эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.



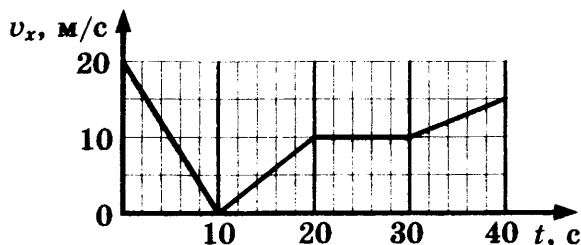
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## ВАРИАНТ 22

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость проекции его скорости на ось  $Ox$  от времени. Ось  $Ox$  направлена параллельно улице. Определите путь, пройденный автомобилем за промежуток времени от 30 с до 40 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

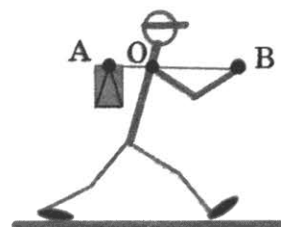
2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который движется по круговой орбите на расстоянии двух радиусов Земли от земной поверхности?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. Груз массой 1 кг под действием силы 30 Н, направленной вертикально вверх, поднимается на высоту 2 м. Чему равна работа этой силы?

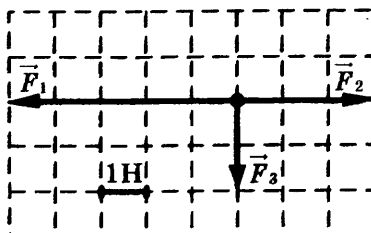
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Человек несет груз на палке (см. рисунок). Определите, какую минимальную по величине силу человек должен приложить к концу В невесомой палки, чтобы удержать в равновесии груз массой 2 кг. Расстояние  $AO$  равно 0,2 м, расстояние  $OB$  равно 0,4 м.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

5. На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на небольшой шарик массой  $m = 400$  г. В начальный момент времени шарик удерживали неподвижным. Выберите из перечисленных ниже *два* верных утверждения о движении шарика, после того как он был отпущен и никаких других сил на него не действовало.





- 1) После того как шарик отпустили, он остался неподвижным.
- 2) Модуль ускорения шарика равен  $7 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Через две секунды после отпущения скорость шарика равна  $8,4 \text{ м/с}$ .
- 4) Шарик движется прямолинейно.
- 5) Модуль импульса шарика за  $3 \text{ с}$  после отпущения изменился на  $6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

Ответ: 

--	--

6. Шарик, брошенный вертикально вверх с поверхности земли с начальной скоростью  $v_0$ , поднялся на высоту  $H$ , а затем упал обратно на землю. Что произойдет со временем полета и высотой подъема шарика, если уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Время полета	Высота подъема

7. Два пластилиновых шарика массами  $2m$  и  $m$  находятся на горизонтальном гладком столе. Первый из них движется ко второму со скоростью  $\vec{v}$ , а второй покоится относительно стола. Между ними происходит абсолютно неупругий удар. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль изменения скорости первого шарика в результате удара
- Б) модуль изменения скорости второго шарика в результате удара

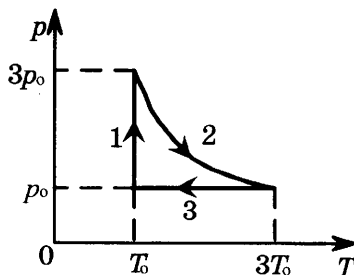
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $v$
- 2)  $2v$
- 3)  $\frac{1}{3}v$
- 4)  $\frac{2}{3}v$

Ответ: 

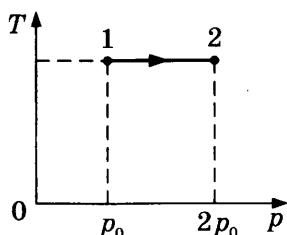
А	Б

8. На  $p$ - $T$ -диаграмме отображена последовательность трех процессов ( $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ ) изменения состояния 2 моль идеального газа. При давлении  $p_0$  и температуре  $T_0$  газ занимает объем 6 л. Какой объем занимает газ в конце процесса 1?



Ответ: \_\_\_\_\_ л.

9. На  $T$ - $p$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. Работа, совершенная над газом, равна 80 кДж. Какое количество теплоты отдал газ окружающей среде?

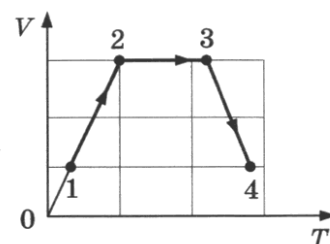


Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. В сосуде под поршнем находится воздух с относительной влажностью 40%. Определите отношение плотности пара в сосуде к плотности насыщенного пара при этой температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11. Газ в количестве 5 моль последовательно перешел из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояния 3 и 4. Выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих с газом.

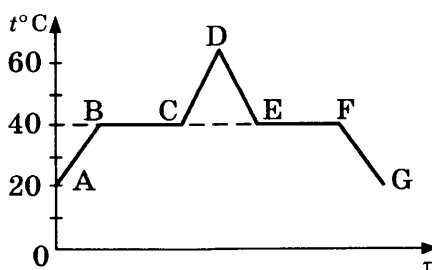


- 1) На участке 1–2 работа газа равна нулю.
- 2) На участке 2–3 работа газа равна нулю.
- 3) На участке 1–2 давление газа увеличивалось.
- 4) Давление газа максимально в состоянии 3.
- 5) Внутренняя энергия газа максимальна в состоянии 4.

Ответ: 

--	--

12. Изначально цилиндр был заполнен жидким эфиром, отделенным от атмосферы легким подвижным поршнем. Цилиндр с эфиром начали нагревать. Эфир нагрелся, затем закипел. После того как весь эфир превратился в пар, а пар немного нагрелся, нагреватель отключили, и эфир начал остывать. Установите соответствие между физическими процессами и участками графика зависимости температуры эфира от времени. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) нагрев паров эфира  
Б) конденсация паров эфира

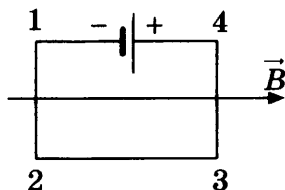
**УЧАСТКИ ГРАФИКА**

- 1) АВ  
2) CD  
3) DE  
4) EF

Ответ: 

А	Б

13. Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1), лежащих в горизонтальной плоскости, и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  которого направлен горизонтально вправо (см. рисунок). Куда направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 1–2? Ответ запишите словом (словами).



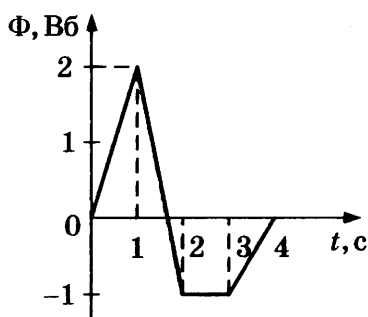
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. По участку цепи, состоящему из резисторов  $R_1 = 1$  кОм и  $R_2 = 3$  кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток  $I = 10$  мА. Какое количество теплоты выделится на этом участке за время  $t = 1$  мин?



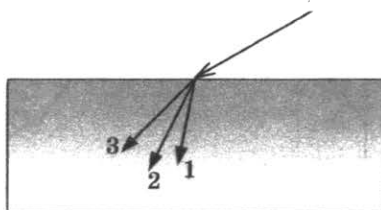
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

15. На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего контур, от времени. Чему равен модуль ЭДС индукции в промежутке времени от 0 с до 1 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

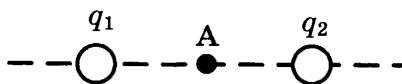
16. Ученик изучал законы преломления света на границе раздела воздух–стекло. При падении на поверхность стекла узкого пучка белого света он разделился на несколько лучей разных цветов — красного, фиолетового и зеленого (см. рисунок). Выберите *два* верных утверждения о результатах данного опыта.



- 1) Луч 2 — зеленый.
- 2) Угол преломления луча фиолетового цвета больше, чем красного.
- 3) Данное оптическое явление называется интерференцией.
- 4) Показатель преломления стекла для зеленого света меньше, чем для фиолетового.
- 5) Волны фиолетового цвета распространяются в стекле с самой большой скоростью (из цветов, рассмотренных в данном опыте).

Ответ:

17. Два небольших металлических шарика одинакового диаметра имеют заряды  $q_1 = +5$  нКл и  $q_2 = -3$  нКл и находятся на некотором расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шарики привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменятся при этом модуль силы взаимодействия шариков и модуль напряженности электрического поля в точке А?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы взаимодействия шариков	Модуль напряженности электрического поля в точке А

18. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен  $q$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) максимальная энергия электрического поля конденсатора
- Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{q^2}{2C}$
- 2)  $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
- 3)  $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
- 4)  $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б

19. Ядро магния  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  захватило электрон. Определите число протонов и нейтронов в этом ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Ответ:

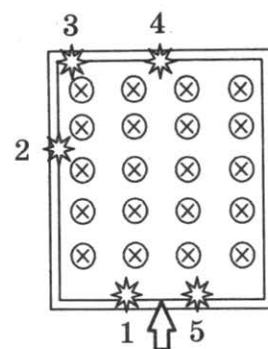
Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. На сколько нужно увеличить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличилась в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

21. В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны  ${}^0_{-1}e$ , позитроны  ${}^0_{+1}e$ , протоны  ${}^1_1p$ , нейтроны  ${}^1_0n$  и  $\alpha$ -частицы  ${}^4_2\text{He}$ ). Установите соответствие между вспышками на экране и частицей, попавшей в данное место экрана.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЧАСТИЦА

А) позитрон

Б) протон

ВСПЫШКА

1) 1

2) 2

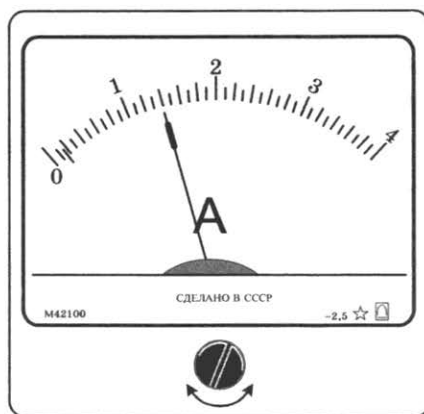
3) 3

4) 4

Ответ:

А	Б

22. С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна цене деления шкалы амперметра.



Запишите в ответ величину силы тока в цепи, с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_ ± \_\_\_\_ ) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Проводники изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проводников нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость сопротивления проволоки от ее диаметра?



1)



2)



3)



4)



5)

В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ:

--	--

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

24. Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Период вращения вокруг оси	Средняя температура на поверхности, °С
Меркурий	4878	87,97 суток	58,6 суток	350 °С день, -170 °С ночь
Венера	12 104	224,7 суток	243 суток 3 часа 50 минут	480 °С
Марс	6794	687 суток	24 часа 37 минут	-63 °С
Юпитер	142 800	11 лет 314 суток	9 часов 55,5 минут	-150 °С
Сатурн	119 900	29 лет 168 суток	10 часов 40 минут	-180 °С
Уран	51 108	83 года 273 суток	17 часов 14 минут	-214 °С
Нептун	49 493	164 года 292 суток	17 часов 15 минут	-220 °С

Выберите *все* верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Высокая температура на поверхности Венеры связана с «парниковым эффектом».
- 2) Уран и Нептун близки по размерам друг к другу.
- 3) Так как период обращения Марса вокруг Солнца примерно в 2 раза больше, чем у Земли, он расположен в 2 раза дальше от Солнца, чем Земля.
- 4) Длительность суток на Уране и Сатурне практически одинакова.
- 5) Периоды обращения вокруг Солнца планет земной группы практически одинаковы.

Ответ: \_\_\_\_\_.



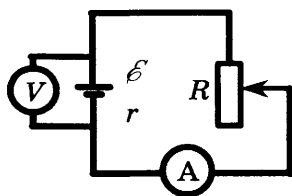
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 6 В, амперметр — 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 4 В и 2 А. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

26. Кольцо площадью  $10 \text{ см}^2$  из тонкой проволоки с сопротивлением 1 мОм находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого составляют угол  $30^\circ$  с плоскостью кольца. За какое время в кольце выделится количество теплоты 32 мкДж, если магнитная индукция возрастает со скоростью 0,08 Тл/с?

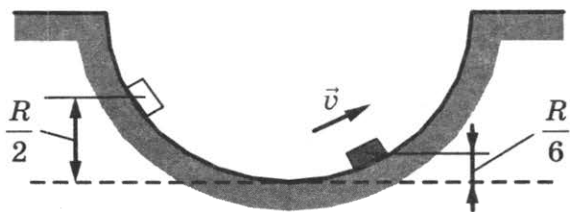
Ответ: \_\_\_\_\_ с.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

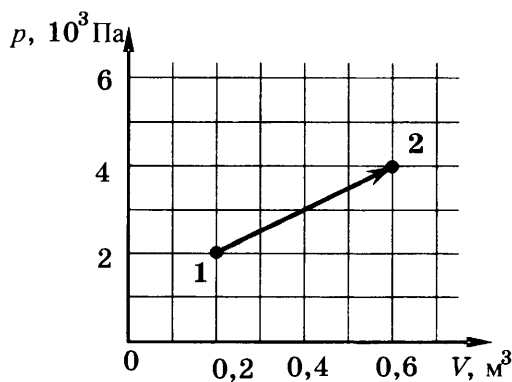
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом  $R$ . Начальное положение шайбы находится на высоте  $\frac{R}{2}$  относительно нижней точки поверхности. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо–вверх, находясь на высоте  $\frac{R}{6}$  над нижней точкой поверхности (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



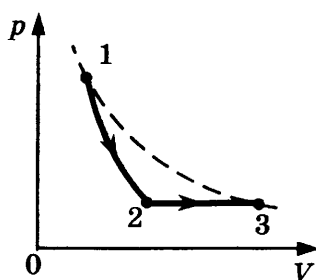
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде под поршнем повысилась в 2 раза, и он перешел из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Поршень прилегал к стенкам сосуда неплотно, и сквозь зазор между ними мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение  $\frac{N_2}{N_1}$  числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.

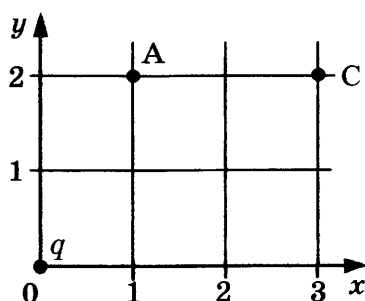


29. Полый конус с углом при вершине  $2\alpha$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен  $\mu$ . При каком максимальном расстоянии  $L$  от вершины конуса шайба будет неподвижна относительно него? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.

30. Идеальный одноатомный газ расширяется сначала адиабатически, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (см. рисунок). При адиабатическом расширении газ совершил работу, равную  $A_{12} = 3$  кДж. Какова работа газа  $A_{123}$  за весь процесс?



31. Точечный заряд  $q$ , помещенный в начало координат, создает в точке А (см. рисунок) электростатическое поле напряженностью  $E_1 = 65$  В/м. Какова напряженность поля  $E_2$  в точке С?



32. Фотокатод, покрытый кальцием (работа выхода  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж), освещается светом с длиной волны  $\lambda = 300$  нм. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 8,3 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля. Каков максимальный радиус окружности  $R$ , по которой движутся электроны?



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

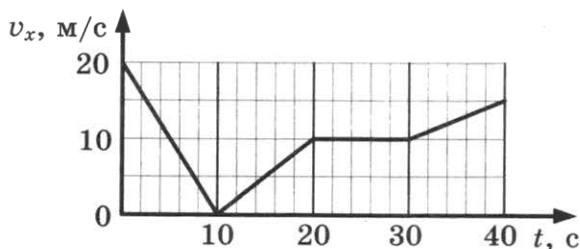


## ВАРИАНТ 23

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость проекции его скорости на ось  $Ox$  от времени. Ось  $Ox$  направлена параллельно улице. Определите путь, пройденный автомобилем за промежуток времени от 0 с до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 720 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который с помощью реактивных двигателей удерживается неподвижно относительно Земли на расстоянии трех ее радиусов от центра Земли?

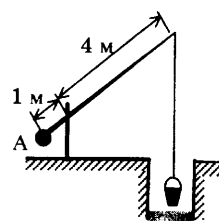
Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3. На тело, лежащее на горизонтальной поверхности, действуют с силой 10 Н, направленной вверх под углом  $60^\circ$  к горизонту. Под действием этой силы тело сдвинулось вдоль поверхности на 5 м. Определите работу этой силы.

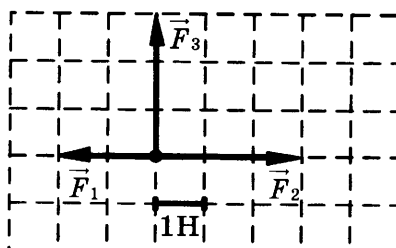
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Каким должен быть груз А колодезного журавля (см. рисунок), чтобы он уравновешивал ведро массой 10 кг? (Рычаг считайте невесомым.)

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.



5. На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на небольшой шарик массой  $m = 40$  г. В начальный момент времени шарик удерживали неподвижным. Выберите из перечисленных ниже **два** верных утверждения о движении шарика после того, как он был отпущен и никаких других сил не него не действовало.



- 1) После того как шарик отпустили, он стал двигаться горизонтально вправо.
- 2) Модуль ускорения шарика равен  $5,6 \text{ м/с}^2$ .
- 3) Через 1 секунду после отпущения скорость шарика стала равна  $79 \text{ м/с}$ .
- 4) Траекторией движения шарика является парабола.
- 5) После того как шарик отпустили, его кинетическая энергия стала увеличиваться.

Ответ: 

--	--

6. Шарик, брошенный от поверхности Земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялся на высоту  $H$ , а затем упал обратно на Землю. Что произойдет с ускорением шарика и его максимальной потенциальной энергией относительно земной поверхности, если уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:
- 1) увеличится
  - 2) уменьшится
  - 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение шарика	Максимальная потенциальная энергия

7. Два пластилиновых шарика массами  $m$  и  $3m$  находятся на горизонтальном гладком столе. Первый из них движется ко второму со скоростью  $\vec{v}$ , а второй покоится относительно стола. Между ними происходит абсолютно неупругий удар. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль изменения скорости первого шарика в результате удара  
 Б) модуль изменения скорости второго шарика в результате удара

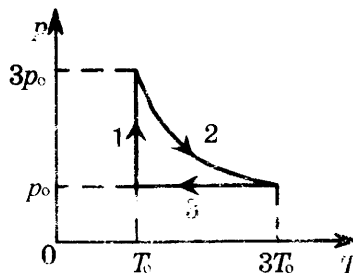
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $v$
- 2)  $3v$
- 3)  $\frac{1}{4}v$
- 4)  $\frac{3}{4}v$

Ответ: 

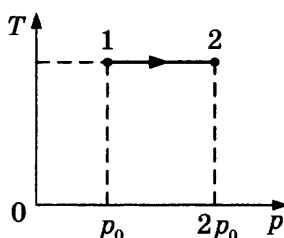
А	Б

8. На  $p$ - $T$ -диаграмме отображена последовательность трех процессов (1 → 2 → 3) изменения состояния 2 моль идеального газа. При давлении  $p_0$  и температуре  $T_0$  газ занимает объем 2 л. Какой объем занимает газ в конце процесса 2?



Ответ: \_\_\_\_\_ л.

9. На  $T$ - $p$ -диаграмме показан процесс изменения состояния идеального одноатомного газа. В этом процессе газ отдал окружающей среде 20 кДж теплоты. Какую работу совершили над газом внешние силы?

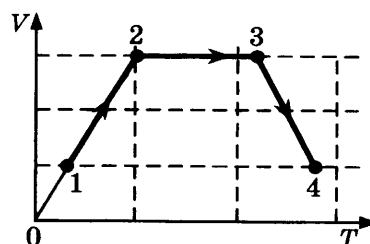


Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. В сосуде под поршнем находится воздух с относительной влажностью 60%. Определите отношение концентрации молекул водяного пара в сосуде к концентрации молекул насыщенного пара при этой же температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11. Газ в количестве 3 моль последовательно перешел из состояния 1 в состояние 2, а затем в состояния 3 и 4. Выберите **два** верных утверждения о процессах, происходящих с газом.



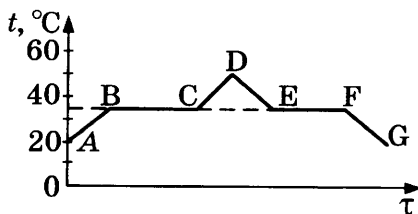
- 1) На участке 1–2 внутренняя энергия газа увеличивалась.
- 2) На участке 1–2 работа газа равна нулю.
- 3) На участке 2–3 давление газа не менялось.
- 4) Давление газа максимально в состоянии 4.
- 5) Внутренняя энергия газа максимальна в состоянии 3.

Ответ: 

--	--

12. Изначально цилиндр был заполнен жидким эфиром, отделенным от атмосферы легким подвижным поршнем. Цилиндр с эфиром начали нагревать. Эфир нагрелся, затем закипел. После того как весь эфир превратился в пар, а пар немного нагрелся, нагреватель отключили, и эфир начал остывать. Установите соответствие между физическими процессами и участками графика зависимости температуры эфира от времени.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) кипение жидкого эфира
- Б) охлаждение жидкого эфира

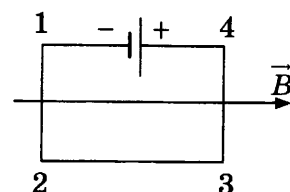
**УЧАСТКИ ГРАФИКА**

- 1) АВ
- 2) ВС
- 3) DE
- 4) FG

Ответ: 

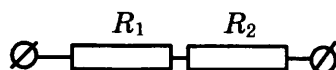
А	Б

13. Электрическая цепь, состоящая из четырех прямолинейных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1), лежащих в горизонтальной плоскости, и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, вектор магнитной индукции  $\vec{B}$  которого направлен горизонтально вправо (см. рисунок). Куда направлена (вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 3–4? Ответ запишите словом (словами).



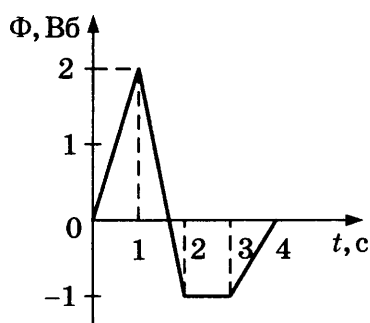
Ответ: \_\_\_\_\_.

14. По участку цепи, состоящему из резисторов  $R_1 = 2$  кОм и  $R_2 = 4$  кОм (см. рисунок), протекает постоянный ток  $I = 10$  мА. Какое количество теплоты выделится на этом участке за время  $t = 1$  мин?



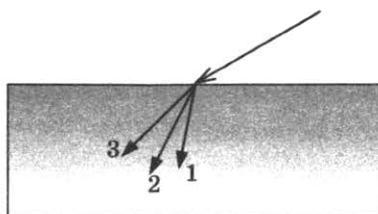
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

15. На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего контур, от времени. Чему равен модуль ЭДС индукции в промежутке времени от 3 с до 4 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

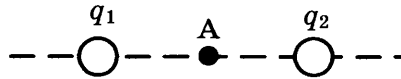
16. Ученик изучал законы преломления света на границе раздела воздух–вода. При падении на поверхность воды узкого пучка белого света он разделился на несколько лучей разных цветов — красного, желтого и синего (см. рисунок). Выберите *два* верных утверждения о результатах данного опыта.



- 1) Луч 2 — красный.
- 2) Угол преломления луча красного цвета больше, чем у синего.
- 3) Данное оптическое явление называется дифракцией.
- 4) Показатель преломления стекла для желтого света меньше, чем для синего.
- 5) Волны синего цвета распространяются в стекле с самой большой скоростью (из цветов, рассмотренных в данном опыте).

Ответ:

17. Два небольших металлических шарика одинакового диаметра имеют заряды  $q_1 = +6$  нКл и  $q_2 = +8$  нКл и находятся на некотором расстоянии друг от друга (см. рисунок). Шарыки привели в соприкосновение и раздвинули на прежнее расстояние. Как изменятся при этом модуль силы взаимодействия шариков и модуль напряженности электрического поля в точке А?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Модуль силы взаимодействия шариков	Модуль напряженности электрического поля в точке А

18. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C$  и катушки индуктивностью  $L$ . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальная сила тока в контуре равна  $I$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) максимальная энергия магнитного поля катушки
- Б) максимальный заряд конденсатора

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{CI^2}{2}$
- 2)  $\frac{LI^2}{2}$
- 3)  $I\sqrt{\frac{L}{C}}$
- 4)  $I\sqrt{LC}$

Ответ:

А	Б

19. Ядро фтора  ${}^{18}_9\text{F}$  захватило электрон. Определите число протонов и нейтронов в ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Ответ:

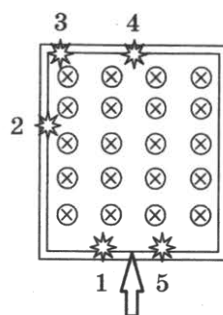
Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Фотоны с энергией 2,1 эВ вызывают фотоэффект с поверхности цезия, для которого работа выхода равна 1,9 эВ. На сколько нужно уменьшить энергию фотона, чтобы максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов уменьшилась в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

21. В камере прибора создано магнитное поле (см. рисунок), направленное перпендикулярно плоскости рисунка от нас. В прибор влетают с одинаковыми скоростями разные частицы, являющиеся продуктами различных ядерных реакций (электроны  ${}_{-1}^0e$ , позитроны  ${}_{+1}^0e$ , протоны  ${}_{+1}^1p$ , нейтроны  ${}_{0}^1n$  и  $\alpha$ -частицы  ${}_{+2}^4\text{He}$ ). Установите соответствие между вспышками на экране и частицей, попавшей в данное место экрана.



К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ЧАСТИЦА

А) нейтрон

Б)  $\alpha$ -частица

ВСПЫШКА

1) 1

2) 2

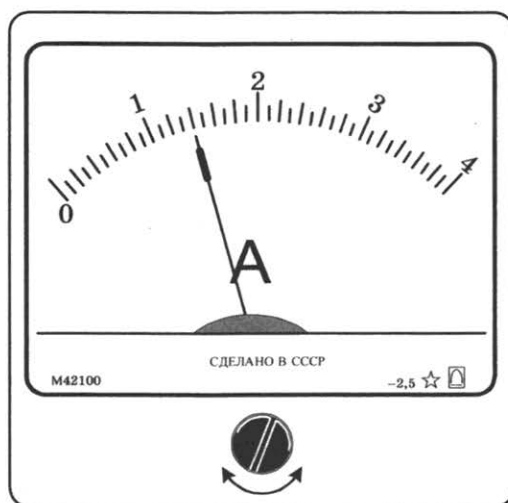
3) 3

4) 4

Ответ: 

А	Б

22. С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна половине цены деления шкалы амперметра.



Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Проводники изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проводников нужно выбрать, чтобы на опыте обнаружить зависимость сопротивления проволоки от ее длины?



В ответе запишите номера выбранных проводников.

Ответ: 

--	--

24. В таблице приведены выборочные характеристики Солнца, Земли и Луны. Выберите **все** верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.

	Средний диаметр (км)	Масса (кг)	Ускорение свободного падения (м/с <sup>2</sup> )	Средняя скорость орбитального движения (км/с)	Период обращения вокруг оси (сутки)	Вторая космическая скорость (км/с)
Солнце	$1,39 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{30}$	274	250	25,4	620
Земля	12 740	$6 \cdot 10^{24}$	9,8	29,8	1	11,2
Луна	3476	$7,35 \cdot 10^{22}$	1,62	1,03	27,3	2,4

- 1) Для того чтобы космический корабль смог улететь с Луны, преодолев ее притяжение, ему нужно сообщить скорость 1,03 км/с.
- 2) Размер Солнца в 109 раз больше размера Земли.
- 3) На тело массой 5 кг, находящееся вблизи поверхности Луны, действует сила тяготения, равная 8,1 Н.
- 4) Масса Луны в 4,3 раза меньше массы Земли.
- 5) Солнце вращается вокруг своей оси медленнее, чем Земля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

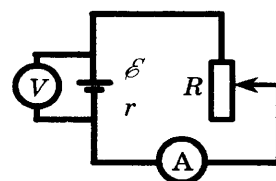


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. При одном сопротивлении реостата вольтметр показывает 8 В, амперметр — 1 А (см. рисунок). При другом сопротивлении реостата показания приборов: 6 В и 2 А. Чему равна ЭДС источника тока? Амперметр и вольтметр считать идеальными.



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

26. Кольцо площадью  $10 \text{ см}^2$  из тонкой проволоки с сопротивлением 1 мОм находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого составляют угол  $30^\circ$  с плоскостью кольца. Какое количество теплоты выделится в кольце за 100 с, если магнитная индукция возрастает со скоростью 0,06 Тл/с?

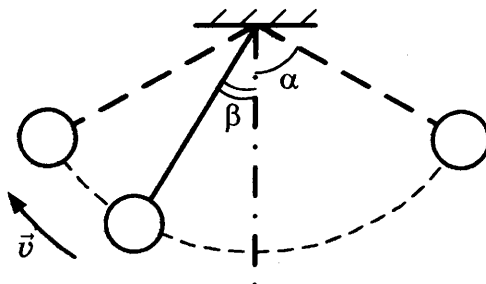
Ответ: \_\_\_\_\_ мкДж.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

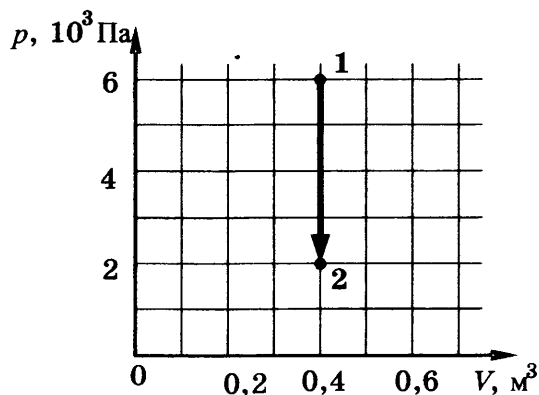
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. Маленький шарик, подвешенный к потолку на легкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол  $\alpha = 60^\circ$ . Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол  $\beta = 30^\circ$  с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



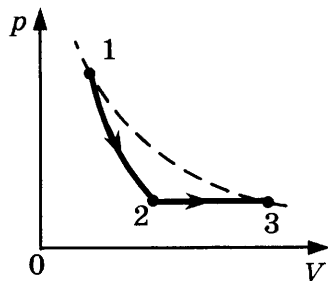
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде понизилась в 2 раза, и он перешел из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение  $\frac{N_1}{N_2}$  числа молекул газа в сосуде в начале и конце опыта. Воздух считать идеальным газом.



29. Конус с углом при вершине  $2\alpha$  вращается вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На поверхности конуса находится небольшая шайба. При какой минимальной угловой скорости вращения конуса шайба не будет соскальзывать с него, если коэффициент трения о поверхность конуса равен  $\mu$  и шайба находится на расстоянии  $L$  от вершины конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.
30. Идеальный одноатомный газ расширяется сначала адиабатически, а затем изобарно. Конечная температура газа равна начальной (см. рисунок). За весь процесс газом совершается работа, равная  $A_{123} = 3$  кДж. Какую работу  $A_{12}$  совершает газ при адиабатическом расширении?





31. Точки  $A$ ,  $B$ ,  $C$  и  $D$  расположены на прямой и разделены равными промежутками  $L$  (см. рисунок). В точке  $A$  помещен заряд  $q_1 = 8 \cdot 10^{-12}$  Кл, в точке  $B$  — заряд  $q_2 = -5 \cdot 10^{-12}$  Кл. Какой заряд  $q_3$  надо поместить в точку  $D$ , чтобы напряженность поля в точке  $C$  была равна нулю?



32. Фотокатод, покрытый кальцием, освещается светом с длиной волны  $\lambda = 225$  нм. Работа выхода электронов из кальция равна  $A = 4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружности с максимальным радиусом  $R = 5$  мм. Каков модуль индукции магнитного поля  $B$ ?



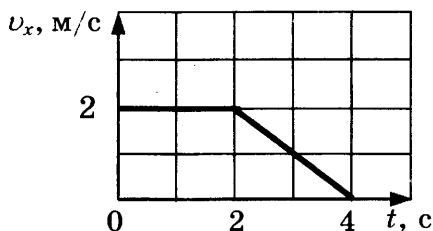
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 24

## Часть 1

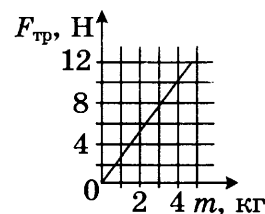
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Тело движется вдоль оси  $X$ . На графике показана зависимость проекции скорости тела на ось  $X$  от времени. Каков путь, пройденный телом к моменту времени  $t = 4$  с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2. При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Определите с помощью графика коэффициент трения в этом исследовании.



Ответ: \_\_\_\_\_.

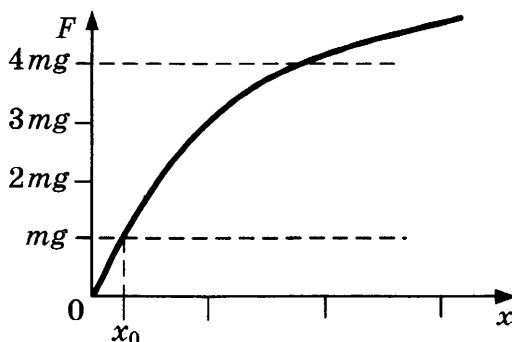
3. Два автомобиля одинаковой массы 1000 кг движутся со скоростями 10 м/с и 20 м/с относительно Земли в противоположных направлениях. Чему равен модуль импульса второго автомобиля в системе отсчета, связанной с первым автомобилем?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

4. Струна создает звуковую волну, которая распространяется в воздухе со скоростью 340 м/с. Длина звуковой волны равна 0,68 м. Какова частота колебаний струны?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5. Зависимость силы упругости резинового жгута  $F$  от удлинения  $x$  изображена на графике. Период малых вертикальных колебаний груза массы  $m$ , подвешенного на резинового жгуте, равен  $T_0$ .



Выберите *два* утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) Зависимость силы упругости резинового жгута от удлинения не подчиняется закону Гука.
- 2) При увеличении силы упругости в 2 раза удлинение увеличивается в 2 раза.
- 3) При силе упругости, равной  $4mg$ , удлинение  $x < 4x_0$ .
- 4) Период  $T$  малых вертикальных колебаний груза массой  $4m$  на этом жгуте удовлетворяет соотношению  $T = 2T_0$ .
- 5) Период  $T$  малых вертикальных колебаний груза массой  $4m$  на этом жгуте удовлетворяет соотношению  $T > 2T_0$ .

Ответ: 

--	--

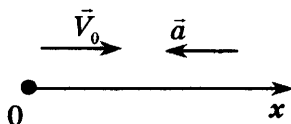
6. Груз массой  $m$ , подвешенный к пружине, совершает свободные вертикальные колебания с периодом  $T$  и амплитудой  $x_0$ . Что произойдет с периодом и максимальной потенциальной энергией пружины, если при неизменной амплитуде уменьшить массу груза? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Максимальная потенциальная энергия пружины

7. Тело равноускоренно движется вдоль оси  $X$ . Ускорение тела  $\vec{a}$ , начальная скорость тела  $\vec{V}_0$ , время движения  $t$ . Направление начальной скорости и ускорения тела указаны на рисунке.



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) проекция перемещения тела за время  $t$
- Б) проекция скорости тела в некоторый момент времени  $t$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $V_0t + at^2/2$
- 2)  $V_0t - at^2/2$
- 3)  $V_0 + at^2/2$
- 4)  $V_0 - at$

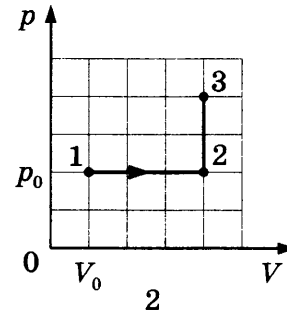
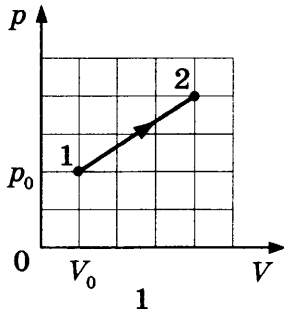
Ответ: 

А	Б

8. При сжатии идеального газа и его объем, и температура уменьшились в 2 раза. Каким стало конечное давление газа, если начальное давление равно 80 кПа? Масса газа неизменна.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. На рисунке приведены графики двух процессов, происходящих с одним и тем же количеством идеального газа. Определите отношение работ газа  $\frac{A_1}{A_2}$  в этих процессах.

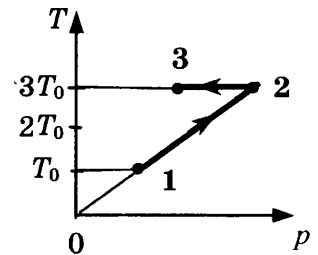


Ответ: \_\_\_\_\_.

10. Температура алюминиевой детали массой 2 кг увеличилась от 200 °С до 400 °С. Какое количество теплоты получила деталь?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. Зависимость температуры одного моля одноатомного идеального газа от давления показана на рисунке. Выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают результаты этого эксперимента.



- 1) В процессе 1–2 объем газа увеличился в 3 раза.
- 2) В процессе 2–3 газ совершал работу.
- 3) В процессе 2–3 внутренняя энергия газа уменьшалась.
- 4) В процессе 1–2 к газу подводили тепло.
- 5) Объем газа в состоянии 3 равен объему газа в состоянии 1.

Ответ: 

--	--

12. Установите соответствие между формулами и процессами в идеальном газе, которые они описывают ( $N$  — число частиц,  $p$  — давление,  $V$  — объем,  $T$  — абсолютная температура). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

А)  $\frac{p}{T} = \text{const}$

Б)  $\frac{V}{T} = \text{const}$

**ПРОЦЕССЫ**

1) изобарный процесс при  $N = \text{const}$

2) изотермический процесс при  $N = \text{const}$

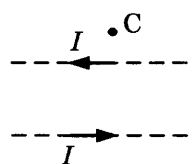
3) изохорный процесс при  $N = \text{const}$

4) адиабатный процесс при  $N = \text{const}$

Ответ: 

А	Б

13. По двум тонким длинным прямым проводникам, параллельным друг другу, текут одинаковые токи  $I$  (см. рисунок). Как направлено (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) создаваемое ими магнитное поле в точке С? Ответ запишите словом (словами).

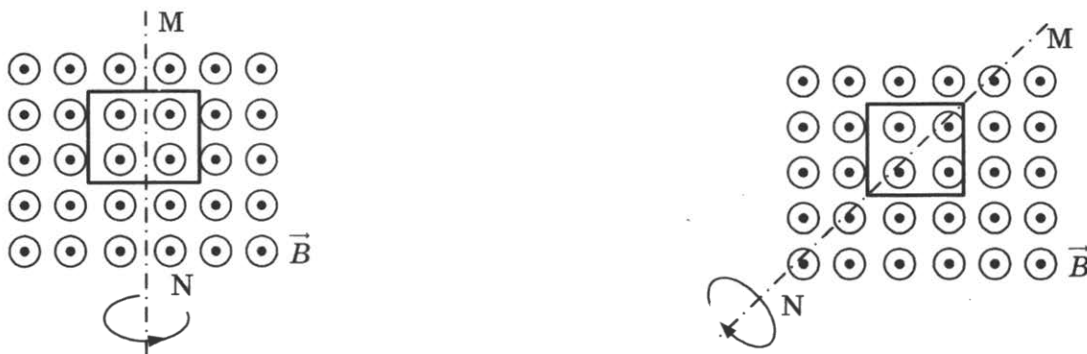


Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Модуль сил взаимодействия двух одинаковых точечных электрических зарядов равен 8 мкН. Чему равен модуль сил взаимодействия двух других точечных зарядов на том же расстоянии друг от друга, если величина каждого заряда в 2 раза больше, чем в первом случае?

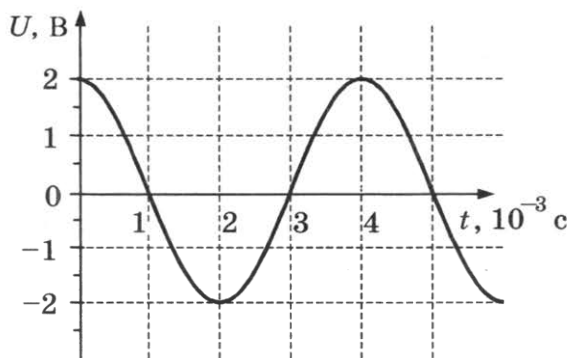
Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

15. На рисунке показаны два способа вращения квадратной проволочной рамки в однородном магнитном поле, линии индукции которого направлены из плоскости чертежа к нам. Вращение происходит вокруг оси MN, лежащей в плоскости рисунка. В первом случае максимальная величина ЭДС индукции, возникающей в рамке, равна 4 мВ. Определите максимальную величину ЭДС индукции, возникающей в рамке во втором случае, если частота вращения рамки в обоих случаях одинакова.



Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

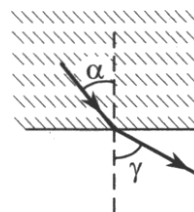
16. Напряжение между обкладками конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какие **два** верных вывода можно сделать по результатам этого опыта?



- 1) В промежутке от  $3 \cdot 10^{-3}$  с до  $4 \cdot 10^{-3}$  с энергия магнитного поля катушки увеличивается до максимального значения.
- 2) Период изменения энергии электрического поля конденсатора равен  $2 \cdot 10^{-3}$  с.
- 3) В момент времени  $3 \cdot 10^{-3}$  с заряд конденсатора равен 0.
- 4) В промежутке от  $1 \cdot 10^{-3}$  с до  $2 \cdot 10^{-3}$  с энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки.
- 5) Сила тока через катушку контура не зависит от времени.

Ответ:

17. Световой пучок выходит из стекла в воздух (см. рисунок). Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и скоростью их распространения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Скорость

18. Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  параллельно подсоединили к клеммам батарейки для карманного фонаря. Напряжение на клеммах батарейки  $U$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сила тока через батарейку
- Б) напряжение на резисторе с сопротивлением  $R_1$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{U(R_1 + R_2)}{R_1 R_2}$
- 2)  $U$
- 3)  $\frac{U}{R_1 + R_2}$
- 4)  $\frac{U(R_1 + R_2)}{R_2}$

Ответ:

А	Б

19. Сколько протонов и электронов содержит нейтральный атом титана  ${}^{48}_{22}\text{Ti}$ ?

Ответ:

Число протонов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада радиоактивного изотопа кальция  ${}^{45}_{20}\text{Ca}$  составляет 164 суток. Если изначально было  $4 \cdot 10^{24}$  атомов  ${}^{45}_{20}\text{Ca}$ , то примерно сколько их будет через 328 суток?

Ответ: \_\_\_\_\_  $10^{24}$  атомов.

21. Радиоактивное ядро испытало  $\beta$ -распад. Как изменились в результате этой ядерной реакции заряд и число нейтронов в ядре?

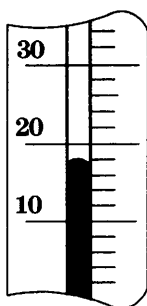
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Заряд ядра	Число нейтронов в ядре

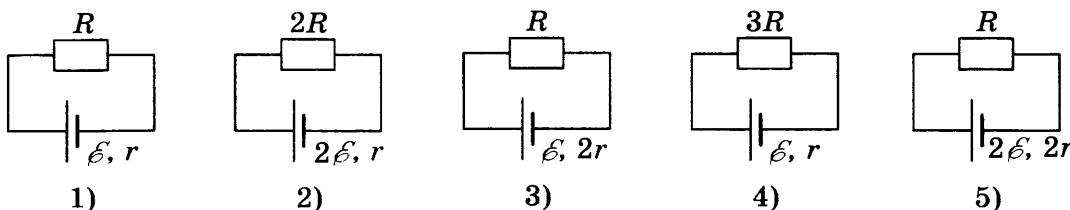
22. На рисунке показана часть шкалы комнатного термометра. Погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ температуру воздуха в комнате с учетом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) °C.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Для выполнения лабораторной работы ученику требуется проверить зависимость тепловой мощности, выделяющейся на резисторе, от его сопротивления. В его распоряжении имеется 5 установок, показанных на рисунке. Какие из установок нужно использовать для того, чтобы выполнить эту работу?



В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. В таблице приведены выборочные характеристики Солнца, Земли и Луны. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.

	Средний диаметр (км)	Масса (кг)	Ускорение свободного падения (м/с <sup>2</sup> )	Средняя скорость орбитального движения (км/с)	Период обращения вокруг оси (сутки)	Вторая космическая скорость (км/с)
Солнце	$1,39 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{30}$	274	250	25,4	620
Земля	12 740	$6 \cdot 10^{24}$	9,8	29,8	1	11,2
Луна	3476	$7,35 \cdot 10^{22}$	1,62	1,03	27,3	2,4

- 1) Масса Луны примерно в 82 раза меньше массы Земли.
- 2) Размер Солнца в 109 раз больше размера Луны.
- 3) На тело массой 7 кг, находящееся вблизи поверхности Луны, действует сила тяготения, равная 11,3 Н.
- 4) Для того чтобы космический корабль смог улететь с Земли, преодолев ее притяжение, ему нужно сообщить скорость 11,2 км/с.
- 5) Луна вращается вокруг своей оси быстрее, чем Земля.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  находится  $0,924 \cdot 10^{-2}$  кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

26. Две частицы с отношением зарядов  $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{2}$  и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{4}$  движутся в однородном электрическом поле. Начальная скорость у обеих частиц равна нулю. Определите отношение кинетических энергий этих частиц  $\frac{W_2}{W_1}$  спустя одно и то же время после начала движения.

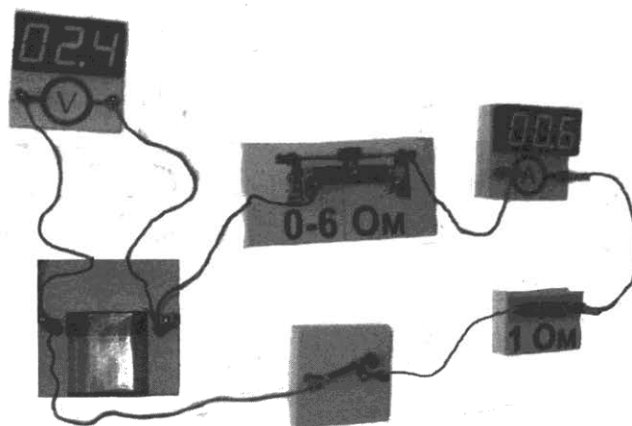
Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

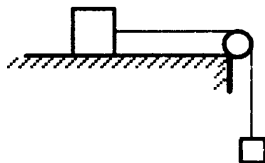
27. На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра. Используя законы постоянного тока, объясните, как изменятся (увеличатся или уменьшатся) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее правое положение.



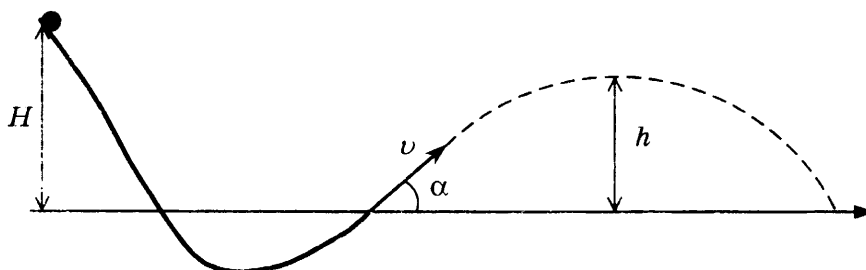
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.



28. По гладкому горизонтальному столу из состояния покоя движется массивный брусок, соединенный с грузом массой  $0,4 \text{ кг}$  невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Ускорение груза равно  $2 \text{ м/с}^2$ . Чему равна масса бруска?



29. При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$  (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Пролетев по воздуху, гонщик приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова высота полета  $h$  на этом трамплине? Сопротивлением воздуха и трением пренебречь.



30. С разреженным азотом, который находится в сосуде под поршнем, провели два опыта. В первом опыте газу сообщили, закрепив поршень, количество теплоты  $Q_1 = 742 \text{ Дж}$ , в результате чего его температура изменилась на некоторую величину  $\Delta T$ . Во втором опыте, предоставив азоту возможность изобарно расширяться, сообщили ему количество теплоты  $Q_2 = 1039 \text{ Дж}$ , в результате чего его температура изменилась также на  $\Delta T$ . Каким было изменение температуры  $\Delta T$  в опытах? Масса азота  $m = 1 \text{ кг}$ .
31. Полый шарик массой  $m = 0,3 \text{ г}$  с зарядом  $q = 6 \text{ нКл}$  движется в однородном горизонтальном электрическом поле из состояния покоя. Траектория шарика образует с вертикалью угол  $\alpha = 45^\circ$ . Чему равен модуль напряженности электрического поля  $E$ ?
32. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290 \text{ нм}$ . При облучении катода светом с длиной волны  $\lambda$  фототок прекращается, при напряжении между анодом и катодом  $U = 1,5 \text{ В}$ . Определите длину волны  $\lambda$ .



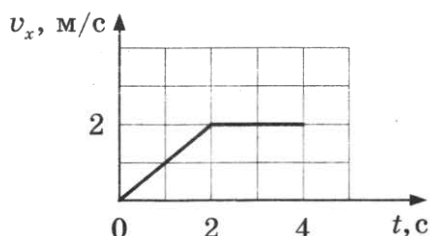
Проведите, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 25

## Часть 1

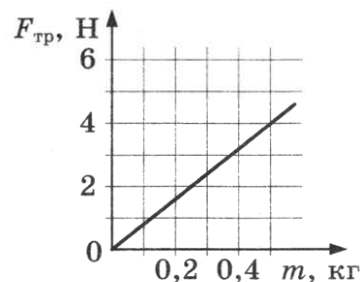
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Тело движется по оси  $X$ . На графике показана зависимость проекции скорости тела на ось  $X$  от времени. Каков путь, пройденный телом к моменту времени  $t = 3$  с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2. При исследовании зависимости силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Определите с помощью графика коэффициент трения в этом исследовании.



Ответ: \_\_\_\_\_.

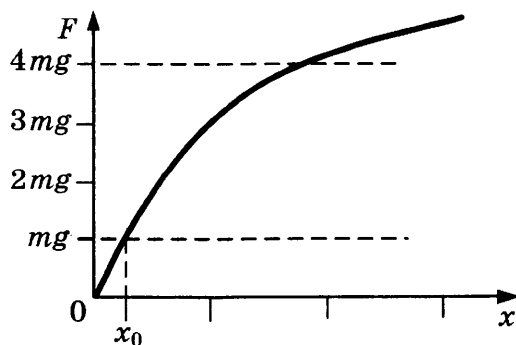
3. Два автомобиля одинаковой массы 1000 кг движутся со скоростями 20 м/с и 10 м/с относительно Земли в одном и том же направлении. Чему равен модуль импульса первого автомобиля в системе отсчета, связанной со вторым автомобилем?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

4. Частота колебаний струны равна 250 Гц. Скорость звука в воздухе 340 м/с. Какова длина звуковой волны?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

5. Зависимость силы упругости резинового жгута  $F$  от удлинения  $x$  изображена на графике. Частота малых вертикальных колебаний груза массы  $m$ , подвешенного на резиновом жгуте, равна  $\nu_0$ .



Выберите *два* утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) Зависимость силы упругости резинового жгута от удлинения подчиняется закону Гука.
- 2) При силе упругости, равной  $4mg$ , удлинение  $x = 4x_0$ .
- 3) При силе упругости, равной  $4mg$ , удлинение  $x > 4x_0$ .
- 4) Частота  $\nu$  малых вертикальных колебаний груза массой  $4m$  на этом жгуте удовлетворяет соотношению  $\nu < 2\nu_0$ .
- 5) Частота  $\nu$  малых вертикальных колебаний груза массой  $4m$  на этом жгуте удовлетворяет соотношению  $\nu > 2\nu_0$ .

Ответ: 

--	--

6. Груз массой  $m$ , подвешенный к пружине, совершает свободные вертикальные колебания с периодом  $T$  и амплитудой  $x_0$ . Что произойдет с периодом и максимальной потенциальной энергией пружины, если при неизменной амплитуде увеличить массу груза?

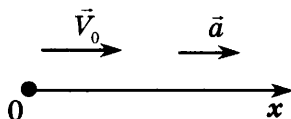
Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Максимальная потенциальная энергия пружины

7. Тело равноускоренно движется вдоль оси  $X$ . Ускорение тела  $a$ , начальная скорость тела  $V_0$ , время движения  $t$ . Направление начальной скорости и ускорения тела указаны на рисунке.



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) проекция скорости тела в некоторый момент времени  $t$
- Б) проекция перемещения тела за время  $t$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $V_0 t + \frac{at^2}{2}$
- 2)  $V_0 t - \frac{at^2}{2}$
- 3)  $V_0 + \frac{at^2}{2}$
- 4)  $V_0 + at$

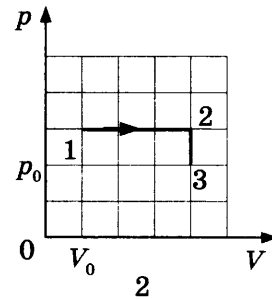
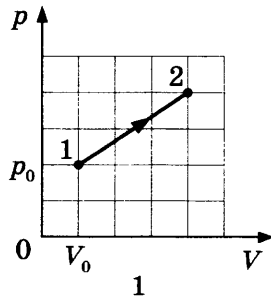
Ответ: 

А	Б

8. При нагревании идеального газа и его давление, и температура увеличились в 2 раза. Каким стал конечный объем газа, если начальный объем равен 2 л? Масса газа неизменна.

Ответ: \_\_\_\_\_ л.

9. На рисунке приведены графики двух процессов, происходящих с одним и тем же количеством идеального газа. Определите отношение работ газа  $\frac{A_1}{A_2}$  в этих процессах.

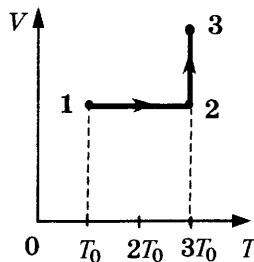


Ответ: \_\_\_\_\_.

10. Температура чугунной детали массой 3 кг увеличилась от 100 °С до 300 °С. Какое количество теплоты получила деталь?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

11. Зависимость объема одного моля одноатомного идеального газа от температуры показана на рисунке. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого эксперимента.



- 1) В процессе 1–2 давление газа увеличилось в 3 раза.
- 2) В процессе 2–3 газ совершал работу.
- 3) В процессе 2–3 внутренняя энергия газа уменьшалась.
- 4) В процессе 1–2 от газа отводили тепло.
- 5) Объем газа в состоянии 3 равен объему газа в состоянии 1.

Ответ: 

--	--

12. Установите соответствие между формулами и процессами в идеальном газе, которые они описывают ( $N$  — число частиц,  $p$  — давление,  $V$  — объем,  $Q$  — количество теплоты). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФОРМУЛЫ**

- А)  $pV = \text{const}$
- Б)  $Q = 0$

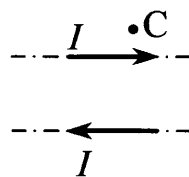
**ПРОЦЕССЫ**

- 1) изобарный процесс при  $N = \text{const}$
- 2) изотермический процесс при  $N = \text{const}$
- 3) изохорный процесс при  $N = \text{const}$
- 4) адиабатный процесс

Ответ: 

А	Б

13. По двум тонким длинным прямым проводникам, параллельным друг другу, текут одинаковые токи  $I$  (см. рисунок). Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции  $\vec{B}$  создаваемого ими магнитного поля в точке  $C$ ? Ответ запишите словом (словами).

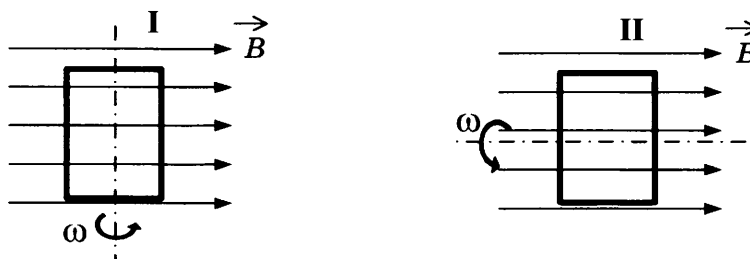


Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Модуль сил взаимодействия двух одинаковых точечных электрических зарядов равен 9 мкН. Чему равен модуль сил взаимодействия двух других точечных зарядов на том же расстоянии друг от друга, если величина каждого заряда в 3 раза больше, чем в первом случае?

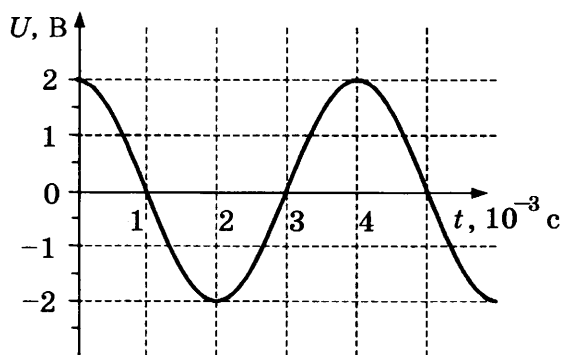
Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

15. На рисунке показаны два способа вращения проводящей рамки в однородном магнитном поле. В первом случае при вращении рамки в ней возникает индукционный ток, максимальная сила которого равна 0,1 А. Какова максимальная сила тока во втором случае, если угловые скорости вращения рамки одинаковы в обоих случаях?



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

16. Напряжение между обкладками конденсатора в колебательном контуре меняется с течением времени согласно графику на рисунке. Какие *два* верных вывода можно сделать по результатам этого опыта?

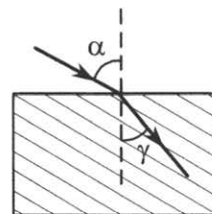


- 1) В промежутке от  $2 \cdot 10^{-3}$  с до  $3 \cdot 10^{-3}$  с энергия магнитного поля катушки увеличивается от нуля до максимального значения.
- 2) Период изменения энергии магнитного поля катушки равен  $2 \cdot 10^{-3}$  с.
- 3) В момент времени  $4 \cdot 10^{-3}$  с заряд конденсатора равен 0.
- 4) В промежутке от  $3 \cdot 10^{-3}$  с до  $4 \cdot 10^{-3}$  с энергия электрического поля конденсатора преобразуется в энергию магнитного поля катушки.
- 5) В момент времени  $4 \cdot 10^{-3}$  с сила тока через катушку контура максимальна.

Ответ: 

--	--

17. Световой пучок переходит из воздуха в стекло (см. рисунок). Что происходит при этом с частотой электромагнитных колебаний в световой волне и длиной волны?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота	Длина волны

18. Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  соединили последовательно и подключили к клеммам батарейки для карманного фонаря. Напряжение на клеммах батарейки  $U$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) сила тока через батарейку
- Б) напряжение на резисторе с сопротивлением  $R_1$

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{U}{R_1 + R_2}$
- 2)  $U(R_1 + R_2)$
- 3)  $\frac{UR_1}{R_1 + R_2}$
- 4)  $\frac{U}{R_1}$

Ответ:

А	Б

19. Сколько протонов и электронов содержит нейтральный атом меди  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$  ?

Ответ:

Число протонов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Период полураспада радиоактивного изотопа цезия  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$  составляет 30 лет. Если изначально было  $4 \cdot 10^{24}$  атомов  ${}^{137}_{55}\text{Cs}$ , то сколько их примерно будет через 60 лет?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{24}$  атомов.

21. Радиоактивное ядро испытало  $\beta$ -распад. Как изменились в результате этой ядерной реакции число нуклонов в ядре и число протонов в ядре?

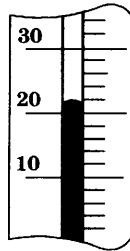
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число нуклонов в ядре	Число протонов в ядре

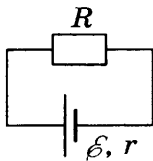
22. На рисунке показана часть шкалы комнатного термометра. Абсолютная погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ температуру воздуха в комнате с учетом погрешности измерений.



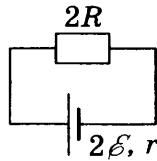
Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) °С.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

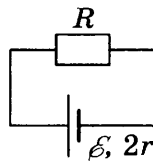
23. Для выполнения лабораторной работы ученику требуется проверить зависимость тепловой мощности, выделяющейся на резисторе, от ЭДС аккумулятора. В его распоряжении имеется 5 установок, показанных на рисунке. Какие из установок нужно использовать для того, чтобы выполнить эту работу?



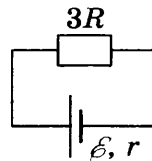
1)



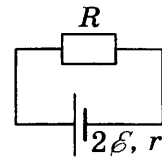
2)



3)



4)



5)

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. В таблице приведены выборочные характеристики Солнца, Земли и Луны. Выберите **все** верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.

	Средний диаметр (км)	Масса (кг)	Ускорение свободного падения (м/с <sup>2</sup> )	Средняя скорость орбитального движения (км/с)	Период обращения вокруг оси (сутки)	Вторая космическая скорость (км/с)
Солнце	$1,39 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^{30}$	274	250	25,4	620
Земля	12 740	$6 \cdot 10^{24}$	9,8	29,8	1	11,2
Луна	3476	$7,35 \cdot 10^{22}$	1,62	1,03	27,3	2,4

- 1) Масса Луны составляет 0,0014 массы Солнца.
- 2) Размер Солнца в 109 раз больше размера Луны.
- 3) На тело массой 60 кг, находящееся вблизи поверхности Земли, действует сила тяготения, равная 588 Н.
- 4) Для того чтобы тело могло стать спутником Солнца, ему нужно сообщить скорость не менее чем 620 км/с.
- 5) Луна вращается вокруг своей оси медленнее, чем Земля.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  находится  $0,776 \cdot 10^{-2}$  кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t, \text{ }^{\circ}\text{C}$	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2} \text{ кг/м}^3$	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

26. Два иона с отношением зарядов  $\frac{q_2}{q_1} = 3$  и отношением масс  $\frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{2}$  движутся в однородном электрическом поле. Начальная скорость у обоих ионов равна нулю. Определите отношение кинетических энергий этих ионов  $\frac{W_2}{W_1}$  спустя одно и то же время после начала движения.

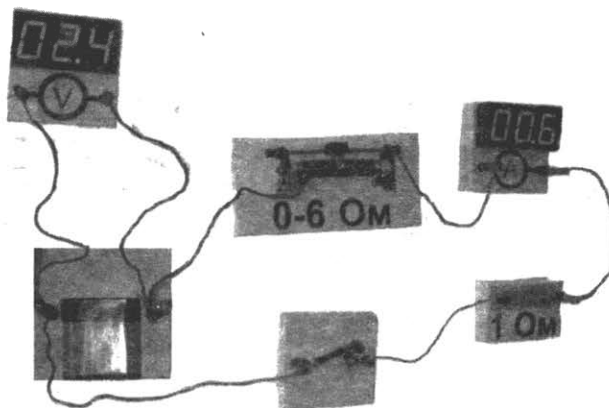
Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

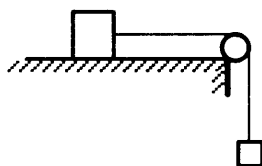
27. На фотографии изображена электрическая цепь, состоящая из резистора, реостата, ключа, цифровых вольтметра, подключенного к батарее, и амперметра. Используя законы постоянного тока, объясните, как изменятся (увеличатся или уменьшатся) сила тока в цепи и напряжение на батарее при перемещении движка реостата в крайнее левое положение.



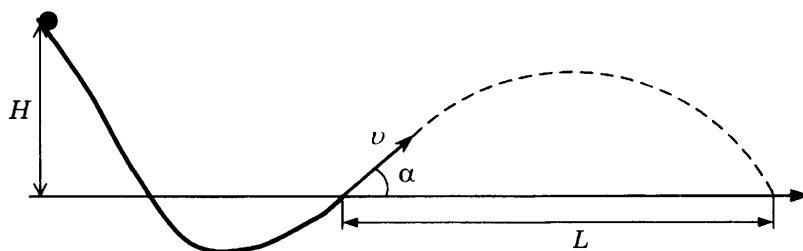
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.



28. По гладкому горизонтальному столу движется брусок массой 1,6 кг, соединенный с грузом массой 0,4 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Каково ускорение бруска?



29. При выполнении трюка «Летающий велосипедист» гонщик движется по трамплину под действием силы тяжести, начиная движение из состояния покоя с высоты  $H$  (см. рисунок). На краю трамплина скорость гонщика направлена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Пролетев по воздуху, гонщик приземляется на горизонтальный стол, находящийся на той же высоте, что и край трамплина. Какова дальность полета  $L$  на этом трамплине? Сопротивлением воздуха и трением пренебречь.



30. С разреженным азотом, который находится в сосуде под поршнем, провели два опыта. В первом опыте газу сообщили, закрепив поршень, количество теплоты  $Q_1 = 742$  Дж, в результате чего его температура изменилась на 1 К. Во втором опыте, предоставив азоту возможность изобарно расширяться, сообщили ему количество теплоты  $Q_2 = 1039$  Дж, в результате чего его температура изменилась также на 1 К. Определите массу азота в опытах.
31. Положительно заряженный шарик массой  $m = 0,4$  г движется в однородном горизонтальном электрическом поле из состояния покоя. Модуль напряженности электрического поля  $E = 500$  кВ/м. Траектория шарика образует с вертикалью угол  $\alpha = 45^\circ$ . Чему равен заряд  $q$  шарика?
32. Красная граница фотоэффекта для вещества фотокатода  $\lambda_0 = 290$  нм. Фотокатод облучают светом с длиной волны  $\lambda = 220$  нм. При каком напряжении между анодом и катодом фототок прекращается?



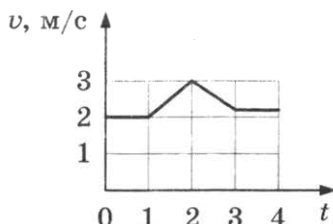
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 26

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке изображен график зависимости модуля скорости велосипедиста от времени. Определите модуль ускорения велосипедиста в промежутке времени от 1 с до 2 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Тело массой 1 кг равномерно движется по горизонтальной плоскости под действием силы  $F = 3$  Н (см. рисунок). Определите коэффициент трения между телом и плоскостью.



Ответ: \_\_\_\_\_.

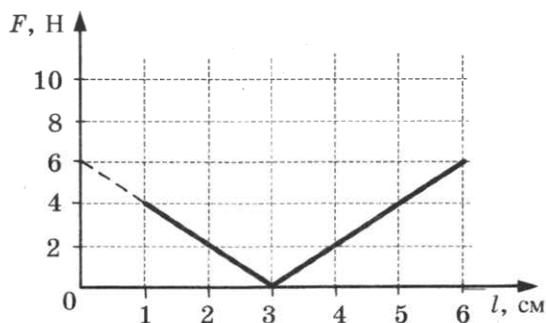
3. Автомобиль массой  $2 \cdot 10^3$  кг движется со скоростью 20 м/с. Чему равна кинетическая энергия автомобиля?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

4. Амплитуда свободных вертикальных колебаний груза на пружине равна 5 см. Какой путь прошел груз за 3 периода колебаний?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5. При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой  $F(l) = k|l - l_0|$ , где  $l_0$  — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведен на рисунке.

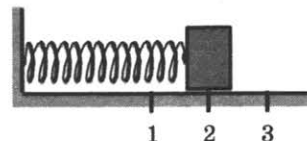


Выберите *два* утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) При действии силы 4 Н пружина сжимается или растягивается на 2 см.
- 2) При действии силы, равной 4 Н, пружина разрушается.
- 3) При растяжении пружина не подчиняется закону Гука.
- 4) Жесткость пружины равна 200 Н/м.
- 5) Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.

Ответ:

6. Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника и скорость груза при движении груза маятника от точки 1 к точке 2?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

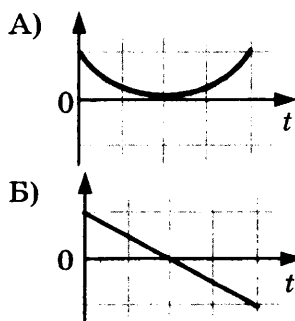
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Скорость груза

7. В момент  $t = 0$  камень бросили вертикально вверх с поверхности Земли (см. рисунок). Считая сопротивление воздуха малым, установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) проекция скорости камня на ось  $y$
- 2) кинетическая энергия камня
- 3) проекция ускорения камня на ось  $y$
- 4) энергия взаимодействия камня с Землей

Ответ: 

А	Б

8. При нагревании и давление, и объем идеального газа увеличились в 2 раза. Во сколько раз увеличилась средняя кинетическая энергия хаотического движения его молекул? Масса газа неизменна.

Ответ: в \_\_\_\_\_ раза.

9. Газ в цилиндре расширился, совершив работу 25 Дж. Внутренняя энергия газа при этом увеличилась на 30 Дж. Какое количество теплоты газ получил от окружающих тел?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 50%. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в 3 раза. Определите относительную влажность воздуха в цилиндре после сжатия.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 283 К, а в части Б равна 40 °С. Количество газа одинаково в обеих частях. Считая, что теплоемкость сосуда пренебрежимо мала, выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают изменения, происходящие с газами после окончания нагревания.

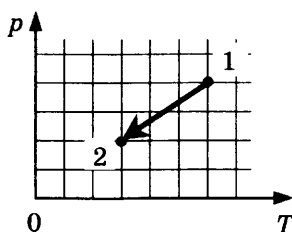


- 1) Температура газа в части Б повысилась.
- 2) Внутренняя энергия газа в части А не изменилась.
- 3) При теплообмене газ в части Б отдавал теплоту, а газ в части А ее получал.
- 4) Через достаточно большой промежуток времени температуры газов в обеих частях стали одинаковыми и равными 25 °С.
- 5) В результате теплообмена газ в части Б совершил работу.

Ответ: 

--	--

12. Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как меняются в ходе указанного на диаграмме процесса объем газа и его внутренняя энергия?



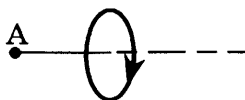
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

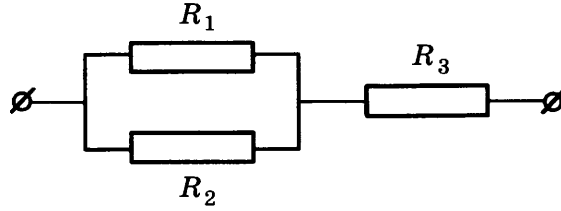
Объем	Внутренняя энергия

13. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости. Точка А находится на горизонтальной прямой, проходящей через центр витка. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля тока в точке А? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Участок цепи состоит из двух одинаковых параллельно соединенных резисторов  $R_1$  и  $R_2$  и сопротивления  $R_3$ . Общее сопротивление участка 4 Ом. Чему равно сопротивление  $R_1$ , если сопротивление  $R_3 = 3$  Ом?

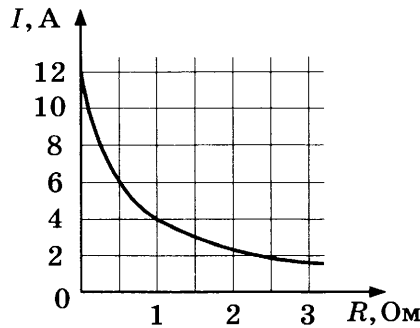


Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. Индуктивность витка проволоки равна  $2 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока в витке магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 12 мВб?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

16. К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.



- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 0,5 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 12 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате, увеличивается при увеличении его сопротивления.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 6 А равно 3 В.
- 5) Напряжение на источнике не зависит от силы тока через реостат.

Ответ:

17. Пылинка массой  $m$ , имеющая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Как изменятся радиус траектории и период обращения пылинки при увеличении скорости ее движения?

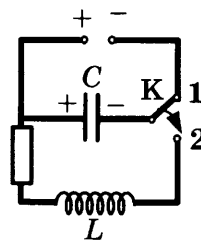
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус траектории	Период обращения

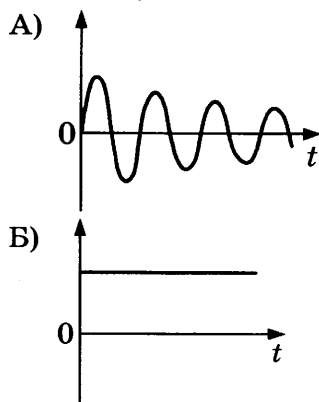
18. Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) сила тока в катушке
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) индуктивность катушки

Ответ:

А	Б

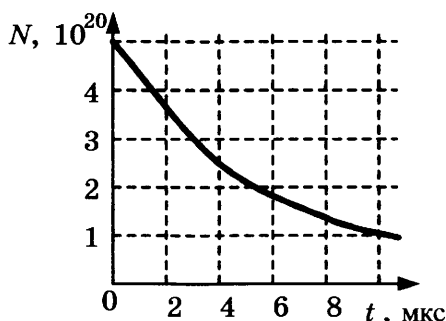
19. В результате реакции ядра  ${}_{13}^{27}\text{Al}$  и  $\alpha$ -частицы  ${}_{2}^{4}\text{He}$  появились протон  ${}_{1}^{1}\text{H}$  и ядро кремния. Сколько протонов и нейтронов содержит это ядро?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер полония  ${}_{84}^{213}\text{Po}$  от времени. Каков период полураспада этого изотопа?



Ответ: \_\_\_\_\_ мкс.

21. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\lambda$  — длина волны фотона,  $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) импульс фотона
- Б) энергия фотона

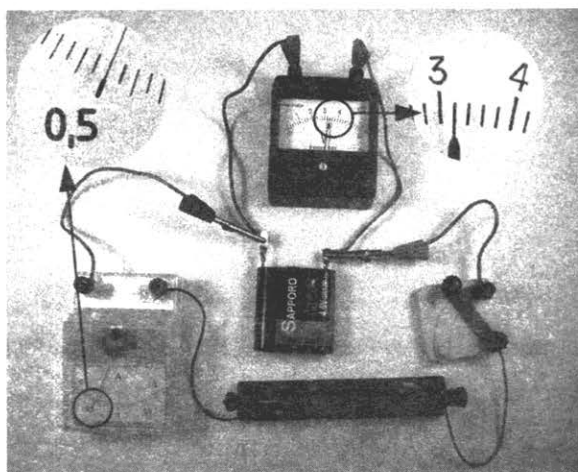
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $hc\lambda$
- 2)  $\frac{\lambda}{hc}$
- 3)  $\frac{hc}{\lambda}$
- 4)  $\frac{h}{\lambda}$

Ответ: 

А	Б

22. На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из батарейки, реостата, ключа, вольтметра и амперметра. Ключ замкнут, и приборы показывают силу тока в цепи и напряжение на зажимах батарейки. Абсолютная погрешность измерения силы тока равна 0,05 А.



Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства пружинных маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице. Какие два маятника нужно использовать, для того чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от жесткости пружины?

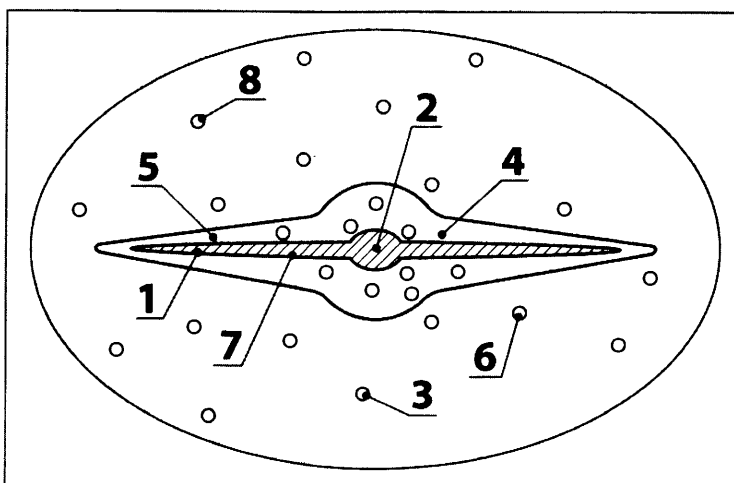
№ маятника	Жесткость пружины	Объем сплошного груза	Материал, из которого сделан груз
1	10 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
2	20 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Сталь
3	10 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	40 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
5	50 Н/м	80 см <sup>3</sup>	Дерево

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ: 

--	--

24. На рисунке приведено схематическое строение галактики Млечный Путь (вид сбоку). Цифрами обозначены основные элементы галактики. Выберите **все** верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.



- 1) Цифрой 2 отмечено Солнце.
- 2) Цифрой 6 отмечено шаровое скопление.
- 3) Цифрой 7 отмечен галактический диск.
- 4) Цифрой 3 отмечен спиральный рукав.
- 5) Цифрой 1 отмечено Магелланово Облако.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Емкость конденсатора в колебательном контуре равна 50 мкФ. Зависимость напряжения между обкладками конденсатора от времени имеет вид:  $U = a \sin(bt)$ , где  $a = 60$  В и  $b = 500$  с<sup>-1</sup>. Найдите амплитуду колебаний силы тока.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

26. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{кр} = 600$  нм. Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода?

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

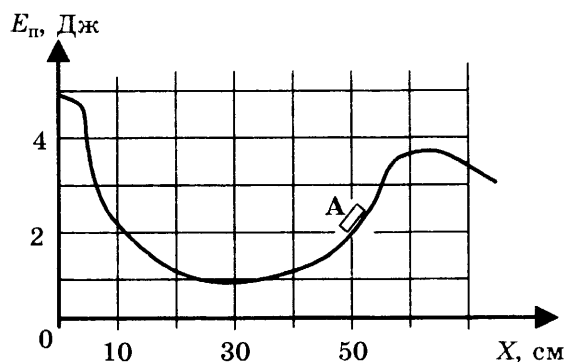


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.



27. После толчка льдинка закатилась в яму с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке приведен график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землей от ее координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке А с координатой  $x = 50$  см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Для определения удельной теплоемкости вещества тело массой 450 г, нагретое до температуры  $100^{\circ}\text{C}$ , опустили в калориметр, содержащий 200 г воды. Начальная температура калориметра с водой  $23^{\circ}\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура тела и воды стала равна  $30^{\circ}\text{C}$ . Определите удельную теплоемкость вещества исследуемого тела. Округлите до целых. Теплоемкостью калориметра пренебrecь.
29. Брусок массой  $m_1 = 500$  г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты  $h$  и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой  $m_2 = 300$  г. В результате абсолютно неупругого соударения общая кинетическая энергия брусков становится равной 2,5 Дж. Определите высоту наклонной плоскости  $h$ . Трением при движении пренебrecь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.
30. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой 400 кг и наполнен гелием. Какова масса гелия в шаре, если на высоте, где температура воздуха  $17^{\circ}\text{C}$ , а давление  $10^5$  Па, шар может удерживать в воздухе груз массой 225 кг? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.
31. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной 40 м приложили разность потенциалов 10 В. На какую величину  $\Delta T$  изменится температура проводника за 15 с? Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебrecь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом  $\cdot$  м.)
32. В дно водоема глубиной 3 м вертикально вбита свая, полностью скрытая под водой. При угле падения солнечных лучей на поверхность воды, равном  $30^{\circ}$ , свая отбрасывает на дно водоема тень длиной 0,8 м. Определите высоту сваи. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .



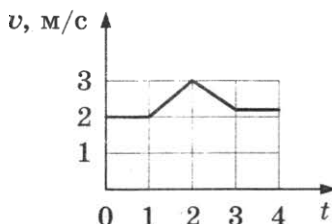
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 27

## Часть 1

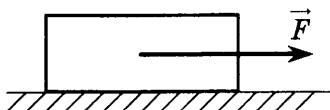
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке изображен график зависимости модуля скорости велосипедиста от времени. Определите модуль ускорения велосипедиста в промежутке времени от 3 с до 4 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Тело массой 2 кг равномерно движется по горизонтальной плоскости под действием силы  $F = 4$  Н (см. рисунок). Определите коэффициент трения между телом и плоскостью.



Ответ: \_\_\_\_\_.

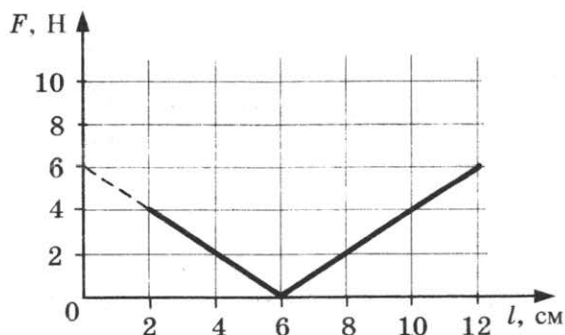
3. Мяч массой 0,6 кг летит со скоростью 20 м/с. Чему равна кинетическая энергия мяча?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4. Амплитуда свободных вертикальных колебаний груза на пружине равна 0,1 м. Какой путь прошел груз за 5 периодов колебаний?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

5. При проведении эксперимента ученик исследовал зависимость модуля силы упругости пружины от длины пружины, которая выражается формулой  $F(l) = k|l - l_0|$ , где  $l_0$  — длина пружины в недеформированном состоянии. График полученной зависимости приведен на рисунке.



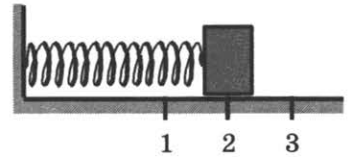
Выберите **два** утверждения, которые соответствуют результатам опыта.

- 1) При действии силы, равной 6 Н, пружина разрушается.
- 2) Длина пружины в недеформированном состоянии равна 6 см.
- 3) При деформации, равной 2 см, в пружине возникает сила упругости 4 Н.
- 4) Жесткость пружины равна 100 Н/м.
- 5) В процессе опыта жесткость пружины сначала уменьшается, а затем увеличивается.

Ответ: 

--	--

6. Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются скорость груза и жесткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 3?



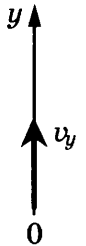
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

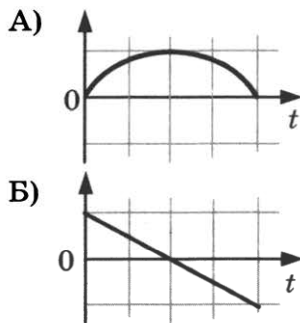
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость груза	Жесткость пружины

7. В момент  $t = 0$  камень бросили вертикально вверх с поверхности Земли. Считая сопротивление воздуха пренебрежимо малым, установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) проекция скорости камня на ось  $y$
- 2) кинетическая энергия камня
- 3) проекция ускорения камня на ось  $y$
- 4) энергия взаимодействия камня с Землей

Ответ: 

А	Б

8. При охлаждении идеального газа его давление и объем уменьшились в 3 раза. Во сколько раз уменьшилась средняя кинетическая энергия хаотического движения его молекул? Масса газа неизменна.

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз.

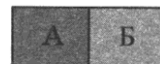
9. В процессе эксперимента газ совершил работу 15 Дж и отдал окружающей среде количество теплоты, равное 20 Дж. На сколько уменьшилась внутренняя энергия газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. Относительная влажность воздуха в цилиндре под поршнем равна 70%. Воздух изотермически сжали, уменьшив его объем в два раза. Определите относительную влажность воздуха в цилиндре после сжатия.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур. Температура газа в части А равна 303 К, а в части Б равна 10 °С. Количество газа одинаково в обеих частях. Считая, что теплоемкость сосуда пренебрежимо мала, выберите из предложенных утверждений *два*, которые верно отражают изменения, происходящие с газами после окончания нагревания.

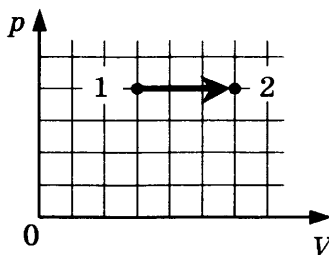


- 1) Температура газа в части Б повысилась.
- 2) Внутренняя энергия газа в части Б не изменилась.
- 3) При теплообмене газ в части Б отдавал теплоту, а газ в части А ее получал.
- 4) Через достаточно большой промежуток времени температуры газов в обеих частях стали одинаковыми и равными 293 К.
- 5) В результате теплообмена газ в сосуде А совершил работу.

Ответ: 

--	--

12. Идеальный одноатомный газ в сосуде с поршнем переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму). Масса газа не меняется. Как меняются в ходе указанного на диаграмме процесса давление газа и его внутренняя энергия?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

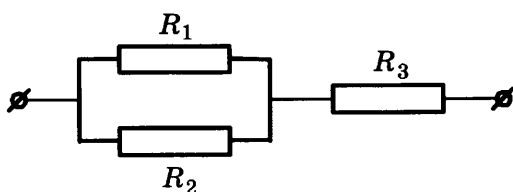
Давление	Внутренняя энергия

13. На рисунке изображен длинный прямой цилиндрический проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор магнитной индукции поля этого тока в точке С? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

14. Участок цепи состоит из двух одинаковых параллельно соединенных резисторов  $R_1$  и  $R_2$ , каждый с сопротивлением 4 Ом, и резистора  $R_3$  с сопротивлением 3 Ом. Определите общее сопротивление участка цепи.

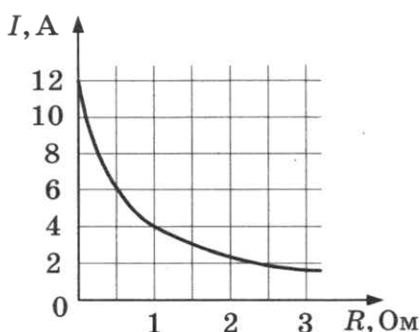


Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15. Индуктивность витка проволоки равна  $3 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока в витке магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 15 мВб?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

16. К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.



- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 1 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 6 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате, уменьшается при увеличении его сопротивления.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 2 А равно 10 В.
- 5) Напряжение на источнике уменьшается при уменьшении силы тока.

Ответ:

17. Пылинка массой  $m$ , имеющая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Как изменятся радиус траектории и кинетическая энергия частицы, если в том же магнитном поле с той же скоростью будет двигаться частица той же массы  $m$ , но имеющая больший заряд?

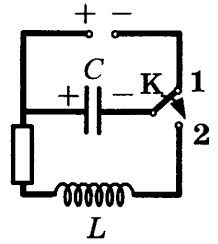
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус траектории	Кинетическая энергия

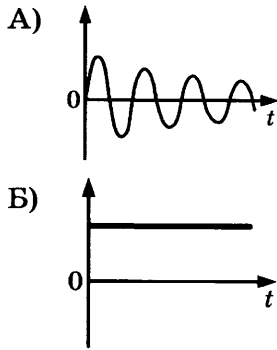
18. Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А) и Б) представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) сила тока в катушке
- 3) энергия электрического поля катушки
- 4) емкость конденсатора

Ответ:

А	Б

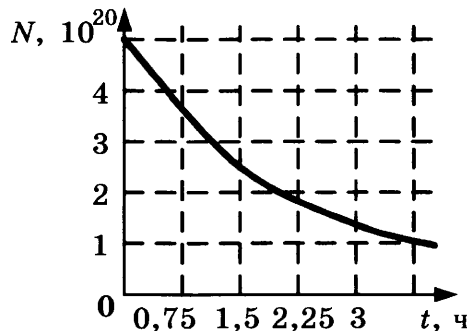
19. При распаде ядра изотопа лития  ${}^8_3\text{Li}$  образовались два одинаковых ядра и электрон. Сколько протонов и нейтронов содержит каждое из образовавшихся ядер?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер радия  ${}^{230}_{88}\text{Ra}$  от времени. Каков период полураспада этого изотопа?



Ответ: \_\_\_\_\_ ч.

21. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\nu$  — частота фотона,  $E$  — энергия фотона,  $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме).

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) импульс фотона
- Б) длина волны фотона

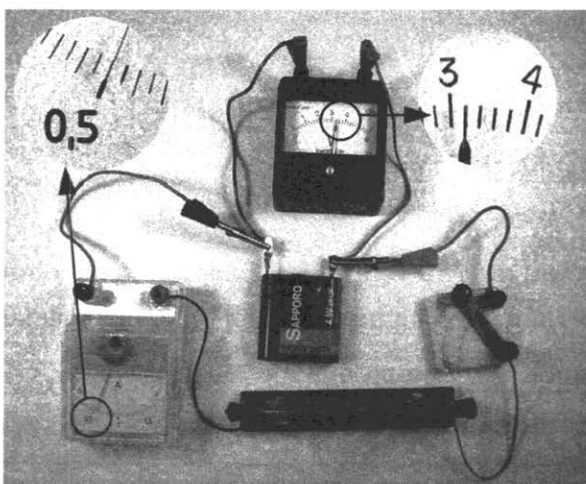
**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{h\nu}{c}$
- 2)  $\frac{hc}{\nu}$
- 3)  $\frac{hc}{E}$
- 4)  $\frac{h}{\nu}$

Ответ: 

А	Б

22. На рисунке показана электрическая цепь, состоящая из батарейки, реостата, ключа, вольтметра и амперметра. Ключ замкнут, и приборы показывают силу тока в цепи и напряжение на зажимах батарейки. Абсолютная погрешность измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Запишите в ответ величину напряжения на зажимах батарейки с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Ученик изучает свойства пружинных маятников. В его распоряжении имеются маятники, параметры которых приведены в таблице. Какие **два** маятника нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость периода колебаний маятника от массы груза?

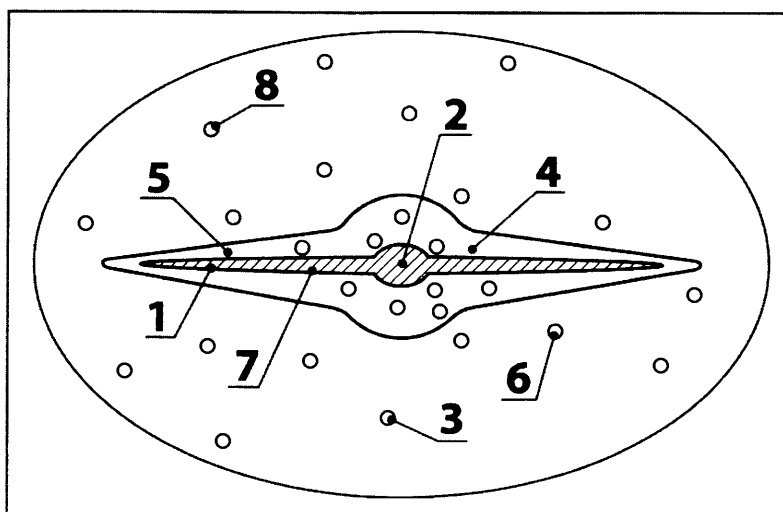
№ маятника	Жесткость пружины	Объем сплошного груза	Материал, из которого сделан груз
1	10 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
2	20 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Сталь
3	30 Н/м	50 см <sup>3</sup>	Алюминий
4	40 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Сталь
5	10 Н/м	10 см <sup>3</sup>	Дерево

В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ: 

--	--

24. На рисунке приведено схематическое строение галактики Млечный Путь (вид сбоку). Цифрами обозначены основные элементы галактики. Выберите **все** верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.



- 1) Цифрой 1 отмечено Солнце.
- 2) Цифрой 3 отмечена туманность Андромеды.
- 3) Цифрой 2 отмечено ядро галактики.
- 4) Цифрой 6 отмечен спиральный рукав.
- 5) Цифрой 1 отмечено Магелланово Облако.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Емкость конденсатора в колебательном контуре равна 50 мкФ. Зависимость силы тока на катушке индуктивности от времени имеет вид:  $I = a \sin(bt)$ , где  $a = 1,5 \text{ А}$  и  $b = 500 \text{ с}^{-1}$ . Найдите амплитуду колебаний напряжения на конденсаторе.

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

26. Красная граница фотоэффекта исследуемого металла соответствует длине волны  $\lambda_{\text{кр}} = 600 \text{ нм}$ . Какова длина волны света, выбивающего из него фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 3 раза меньше энергии падающих фотонов?

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

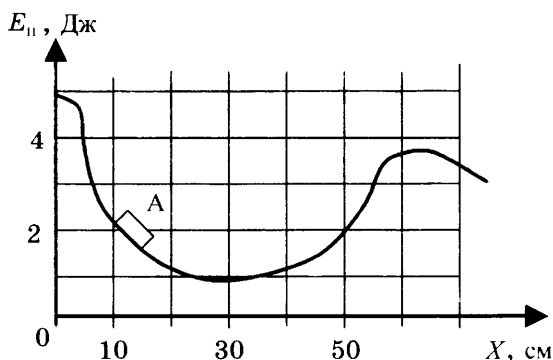


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.



27. После толчка льдинка закатилась в яму с гладкими стенками, в которой она может двигаться практически без трения. На рисунке приведен график зависимости энергии взаимодействия льдинки с Землей от ее координаты в яме. В некоторый момент времени льдинка находилась в точке А с координатой  $x = 10$  см и двигалась влево, имея кинетическую энергию, равную 2 Дж. Сможет ли льдинка выскользнуть из ямы? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Тело, нагретое до температуры  $100$  °С, опустили в калориметр, содержащий  $200$  г воды. Начальная температура калориметра с водой  $23$  °С. После установления теплового равновесия температура тела и воды стала равна  $30$  °С. Определите массу тела, если удельная теплоемкость вещества, из которого сделано тело, равна  $187$  Дж/(кг · К). Теплоемкостью калориметра пренебречь. Ответ округлите до целых.
29. Брусок массой  $m_1 = 500$  г соскальзывает по наклонной плоскости с высоты  $h = 0,8$  м и, двигаясь по горизонтальной поверхности, сталкивается с неподвижным бруском массой  $m_2 = 300$  г. Считая столкновение абсолютно неупругим, определите общую кинетическую энергию брусков после столкновения. Трением при движении пренебречь. Считать, что наклонная плоскость плавно переходит в горизонтальную.
30. Воздушный шар имеет газонепроницаемую оболочку массой  $400$  кг и содержит  $100$  кг гелия. Какой груз он может удерживать в воздухе на высоте, где температура воздуха  $17$  °С, а давление  $10^5$  Па? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению объема шара.
31. К однородному медному цилиндрическому проводнику длиной  $40$  м приложили некоторую разность потенциалов. Определите разность потенциалов, если за  $15$  с проводник нагрелся на  $16$  К. Изменением сопротивления проводника и рассеянием тепла при его нагревании пренебречь. (Удельное сопротивление меди  $1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом · м.)
32. В дно водоема глубиной  $3$  м вертикально вбита свая. Высота сваи  $2$  м. Угол падения солнечных лучей на поверхность воды равен  $30^\circ$ . Определите длину тени сваи на дне водоема. Показатель преломления воды  $n = \frac{4}{3}$ .



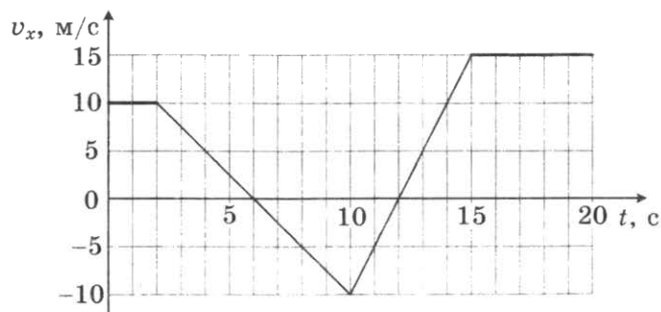
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 28

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Определите проекцию ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 2 с до 5 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Две пружины, прикрепленные одним концом к потолку, растягиваются за другой конец одинаковыми силами  $F$ . Жесткость первой пружины в 1,5 раза больше жесткости второй пружины. Удлинение второй пружины равно 30 см. Чему равно удлинение первой пружины?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

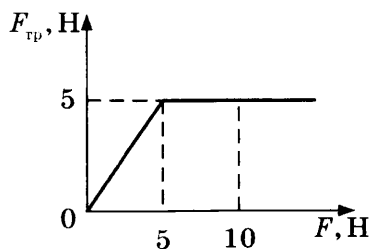
3. С неподвижной лодки массой 50 кг на берег прыгнул мальчик массой 40 кг со скоростью 1 м/с относительно берега, направленной горизонтально. Какую скорость относительно берега приобрела лодка?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4. Период собственных малых вертикальных колебаний пружинного маятника равен 1,2 с. Каким станет период колебаний, если массу груза пружинного маятника уменьшить в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5. В лаборатории изучали свойства силы трения. На рисунке приведен график зависимости модуля силы трения, действующей на тело массой 1 кг, лежащее на горизонтальной опоре, от модуля горизонтальной силы, действующей на него.



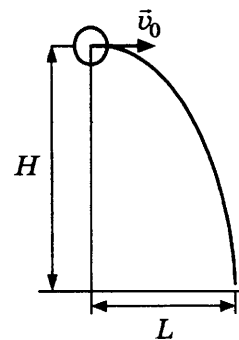
Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Максимальная сила трения, действующая на тело, равна 5 Н.
- 2) Сначала тело двигалось равномерно, а затем равноускоренно.
- 3) Если сила, действующая на тело, больше 5 Н, тело покоится.
- 4) Коэффициент трения тела о плоскость равен 0,2.
- 5) Когда сила, действующая на тело, равна 10 Н, тело движется с ускорением  $5 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: 

--	--

6. Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $v_0$ , за время  $t$  пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Что произойдет с дальностью полета и ускорением шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Дальность полета	Ускорение

7. Грузовик массой  $m$ , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью  $v$ , совершает торможение до полной остановки. При торможении колеса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колесами и дорогой равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль силы трения, действующей на грузовик  
 Б) тормозной путь грузовика

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\mu mg$
- 2)  $\mu g$
- 3)  $\frac{v}{\mu g}$
- 4)  $\frac{v^2}{2\mu g}$

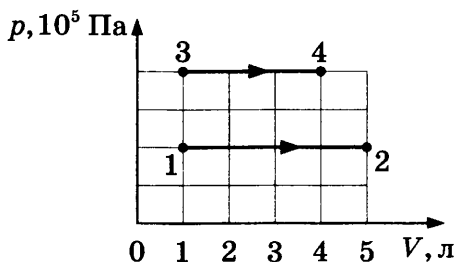
Ответ: 

А	Б

8. Идеальный газ находится в сосуде под поршнем. Давление газа увеличили в 2 раза при постоянной температуре. Чему равно отношение концентраций газа в конечном и начальном состоянии  $\frac{n_2}{n_1}$ ? Масса газа неизменна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

9. На рисунке показано расширение водорода двумя способами: 1–2 и 3–4. Во сколько раз работа в процессе 3–4 больше работы в процессе 1–2?



Ответ: \_\_\_\_\_ раз(-а).

10. В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре  $100\text{ }^\circ\text{C}$  под давлением  $50\text{ кПа}$ . Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшить объем пара в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

11. Объем сосуда, содержащего 1 моль водорода, увеличили вдвое и добавили в сосуд 1 моль гелия. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Концентрации водорода и гелия в сосуде одинаковы.
- 2) Внутренняя энергия водорода уменьшилась.
- 3) Плотность газа в сосуде не изменилась.
- 4) Давление в сосуде не изменилось.
- 5) Парциальное давление водорода не изменилось.

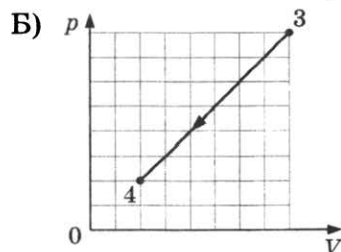
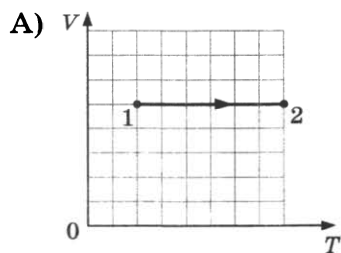
Ответ: 

--	--

12. На рисунках приведены графики А) и Б) двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах  $V-T$  и  $p-V$ , где  $p$  — давление;  $V$  — объем и  $T$  — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



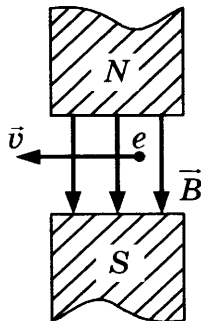
**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдает тепло.
- 3) Газ получает тепло и совершает работу.
- 4) Газ получает количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ: 

А	Б

13. Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной горизонтально. Вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля направлен вертикально (см. рисунок). Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

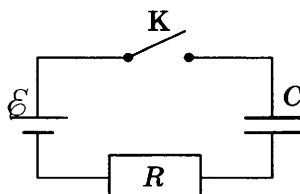
14. Сила взаимодействия между двумя точечными заряженными телами была равна 3 мН. Расстояние между ними уменьшили в 3 раза, а заряд одного из тел уменьшили в 9 раз. Определите величину силы кулоновского взаимодействия тел в этом случае.

Ответ: \_\_\_\_\_ мН.

15. При скорости  $v_1$  поступательного движения прямолинейного проводника в постоянном однородном магнитном поле на концах проводника возникает разность потенциалов  $U$ . При движении этого проводника в той же плоскости и в том же направлении со скоростью  $v_2$  разность потенциалов на концах проводника уменьшилась в 4 раза. Чему равно отношение  $v_1/v_2$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

16. Конденсатор подключен к батарейке последовательно с резистором  $R = 20$  кОм (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью  $\pm 1$  мкА, представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{ мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Внутренним сопротивлением батарейки и сопротивлением проводов пренебречь. Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения увеличивается.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа конденсатор полностью зарядился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 6 В.
- 4) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на резисторе равно 0,6 В.
- 5) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на конденсаторе равно 5,7 В.

Ответ:

17. По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое следующие величины: тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Сопротивление резистора

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до нити равно  $3F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем — собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза рассеивающая
- Б) линза собирающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) действительное, перевернутое, равное по размерам
- 2) мнимое, прямое, уменьшенное
- 3) действительное, перевернутое, уменьшенное
- 4) мнимое, увеличенное, перевернутое

Ответ: 

А	Б

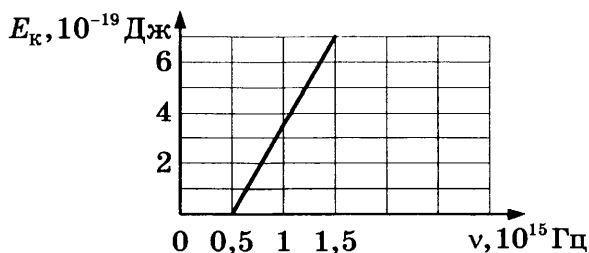
19. Элемент менделевий был получен при бомбардировке  $\alpha$ -частицами ядер элемента  $X$  в соответствии с реакцией  $X + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0n$ . Какое число протонов и нейтронов сохранилось в ядре элемента  $X$ ?

Ответ: 

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Слой оксида кальция облучается светом и испускает электроны. На рисунке показан график изменения максимальной энергии фотоэлектронов в зависимости от частоты падающего света. Чему равна частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта?



Ответ: \_\_\_\_\_ · 10<sup>15</sup> Гц.

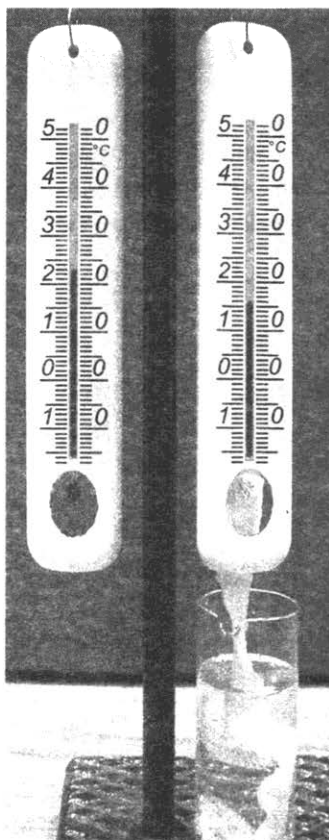
21. При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — только зеленый. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли запирающее напряжение. Как изменятся частота световой волны и запирающее напряжение при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны света, падающего на фотоэлемент	Запирающее напряжение

22. Ученик измерял относительную влажность воздуха с помощью психрометра (двух термометров, колбочка одного из которых обернута влажной тканью; см. фотографию). Абсолютная погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ величину показаний сухого термометра с учетом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

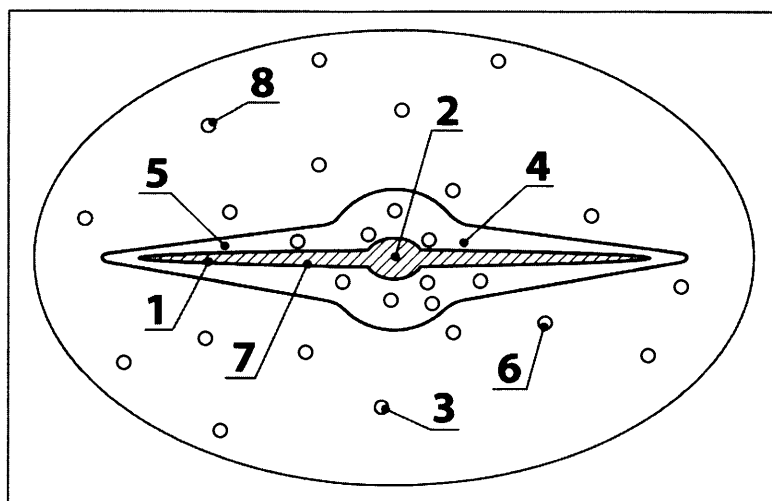
23. Необходимо экспериментально изучить свойства дифракционного спектрометра. В распоряжении экспериментаторов имеются спектрометры, состоящие из источника света — светодиода, дифракционной решетки и экрана, параметры которых приведены в таблице. Какие два спектрометра нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость расстояния между первыми дифракционными максимумами от длины волны света?

№ спектрометра	Светодиод	Количество штрихов на мм в решетке	Расстояние от дифракционной решетки до экрана
1	Красный	50	2 м
2	Зеленый	100	3 м
3	Синий	50	2 м
4	Красный	200	3 м
5	Желтый	100	1,5 м

В ответе запишите номера выбранных спектрометров.

Ответ:

24. На рисунке приведено схематическое строение галактики Млечный Путь (вид сбоку). Цифрами обозначены основные элементы галактики. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже, и запишите их номера.



- 1) Цифрой 6 отмечено Солнце.
- 2) Цифрой 8 отмечено шаровое скопление.
- 3) Цифрой 4 отмечено ядро галактики.
- 4) Цифрой 5 отмечены спиральные рукава.
- 5) Цифрой 1 отмечено Магелланово Облако.

Ответ: \_\_\_\_\_.



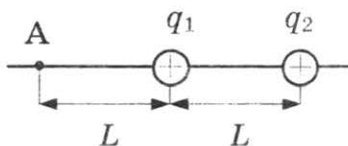
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Два точечных положительных заряда:  $q_1 = 85$  нКл и  $q_2 = 140$  нКл — находятся в вакууме на расстоянии  $L = 2$  м друг от друга. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке А, расположенной на прямой, соединяющей заряды, на расстоянии  $L$  от первого заряда (см. рисунок).





Ответ: \_\_\_\_\_ В/м.

26. Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $2 \cdot 10^{-3}$  м. Сила, действующая на частицу со стороны магнитного поля, равна  $1,6 \cdot 10^{-13}$  Н. Какова кинетическая энергия движущейся частицы?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

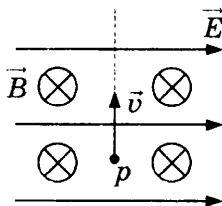


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

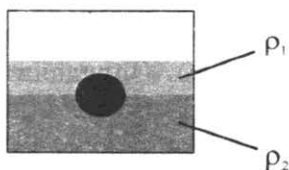
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряженностью  $\vec{E}$  и магнитное поле индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряженности электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Как изменится начальный участок траектории протона, если его скорость увеличить? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности вы использовали для объяснения.

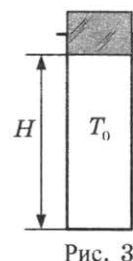
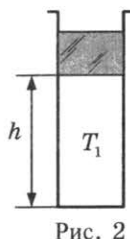
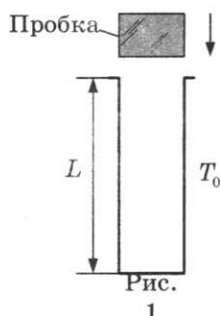


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

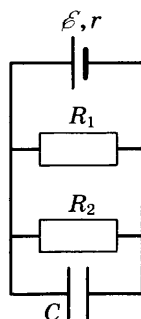
28. Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда  $0^\circ\text{C}$ , начальная температура воды  $30^\circ\text{C}$ . Теплоемкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе?
29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности  $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$  и  $\rho_2 = 2\rho_1$ , плавает однородный шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика  $\rho$ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объема?



30. В камере, заполненной азотом, при температуре  $T_0 = 300$  К находится открытый цилиндрический сосуд (рисунок 1). Высота сосуда  $L = 50$  см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры  $T_1$ . В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным  $h = 40$  см (рисунок 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры  $T_0$ . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным  $H = 46$  см (рисунок 3). Чему равно  $T_1$ ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



31. Источник постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 0,4$  Ом подсоединен к параллельно соединенным резисторам  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом и конденсатору. Определите емкость конденсатора  $C$ , если энергия электрического поля конденсатора равна  $W = 60$  мкДж.



32. В открытый контейнер поместили 1,5 г изотопа полония-210 ( ${}^{210}_{84}\text{Po}$ ). Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило  $1,4 \cdot 10^5$  Па. Определите объем контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна  $45$  °С. Атмосферное давление равно  $10^5$  Па.



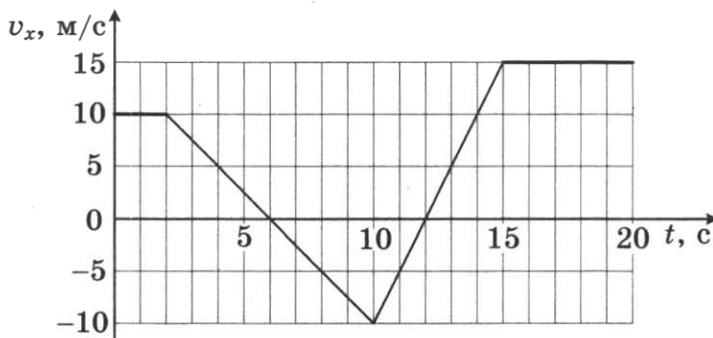
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 29

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Определите проекцию ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 с до 15 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Две пружины, прикрепленные одним концом к потолку, растягиваются за другой конец одинаковыми силами  $F$ . Жесткость первой пружины в 2 раза больше жесткости второй пружины. Удлинение первой пружины равно 20 см. Чему равно удлинение второй пружины?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

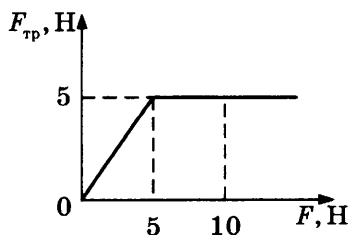
3. С неподвижной лодки массой 50 кг на берег прыгнул мальчик со скоростью 1 м/с относительно берега, направленной горизонтально. В результате лодка приобрела относительно берега скорость 0,6 м/с. Чему равна масса мальчика?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Период собственных малых вертикальных колебаний пружинного маятника равен 1,2 с. Каким станет период колебаний, если массу груза пружинного маятника увеличить в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5. В лаборатории изучали свойства силы трения. На рисунке приведен график зависимости модуля силы трения, действующей на тело массой 1 кг, лежащее на горизонтальной опоре, от модуля горизонтальной силы, действующей на него.



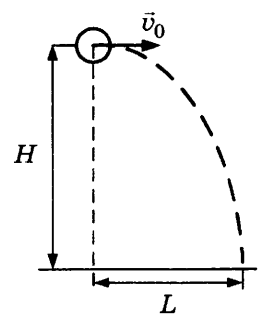
Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Максимальная сила трения, действующая на тело, равна 10 Н.
- 2) Сначала тело покоилось, а затем двигалось равномерно.
- 3) Если сила, действующая на тело, меньше 5 Н, тело покоится.
- 4) Коэффициент трения тела о плоскость равен 0,5.
- 5) Когда сила, действующая на тело, равна 10 Н, тело движется с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: 

--	--

6. Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $v_0$ , за время  $t$  пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Что произойдет с дальностью полета и ускорением шарика, если на этой же установке увеличить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер ее изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Дальность полета	Ускорение

7. Автобус массой  $m$ , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью  $v$ , совершает торможение до полной остановки. При торможении колеса автобуса не вращаются. Коэффициент трения между колесами и дорогой равен  $\mu$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) модуль работы силы трения
- Б) время, необходимое для полной остановки автобуса

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\mu gv$
- 2)  $\frac{mv^2}{2\mu g}$
- 3)  $\frac{v}{\mu g}$
- 4)  $\frac{mv^2}{2}$

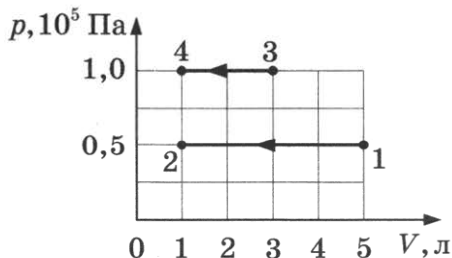
Ответ: 

А	Б

8. Идеальный газ находится в сосуде под поршнем. Давление газа уменьшили в 4 раза при постоянной температуре. Чему равно отношение концентраций газа в конечном и начальном состоянии  $\frac{n_2}{n_1}$ ? Масса газа неизменна.

Ответ: \_\_\_\_\_.

9. На рисунке показано сжатие водорода двумя способами: 1–2 и 3–4. Найдите отношение работ  $A_{12}/A_{34}$  внешних сил при этих процессах.



Ответ: \_\_\_\_\_.

10. В закрытом сосуде под поршнем находится насыщенный водяной пар при температуре  $100^\circ\text{C}$ . Каким будет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшить объем пара в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

11. Объем сосуда, содержащего 1 моль водорода, увеличили вдвое и добавили в сосуд 1 моль гелия. Температура в сосуде уменьшилась в 2 раза. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Концентрация водорода в сосуде увеличилась.
- 2) Внутренняя энергия водорода уменьшилась.
- 3) Плотность газа в сосуде увеличилась.
- 4) Давление в сосуде не изменилось.
- 5) Парциальное давление гелия в сосуде больше, чем парциальное давление водорода.

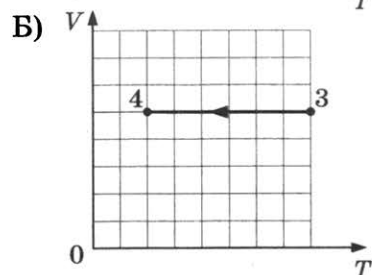
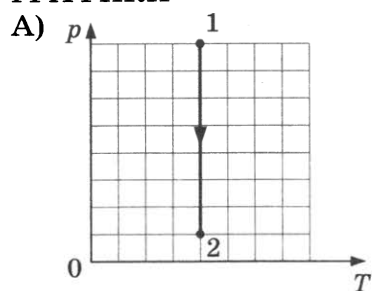
Ответ: 

--	--

12. На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль неона. Графики построены в координатах  $p-T$  и  $V-T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объем и  $T$  — абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображенные на графиках процессы.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



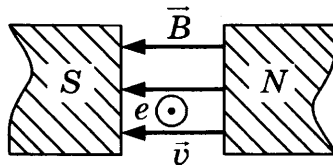
**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ получает количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Газ получает количество теплоты и совершает работу.
- 4) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдает количество теплоты.

Ответ: 

А	Б

13. Электрон  $\bar{e}$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\bar{v}$ , направленной к наблюдателю перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок, где кружок с точкой показывает направление движения электрона). Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) действующая на него сила Лоренца  $\bar{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

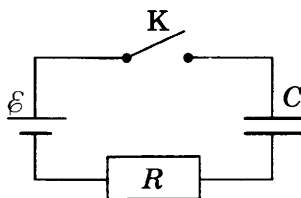
14. Силы взаимодействия между двумя точечными заряженными телами были равны 3 мН. Расстояние между телами увеличили в 3 раза, а заряд одного из тел увеличили в 9 раз. Определите величину сил кулоновского взаимодействия.

Ответ: \_\_\_\_\_ мН.

15. При скорости  $v_1$  поступательного движения прямолинейного проводника в постоянном однородном магнитном поле на концах проводника возникает разность потенциалов  $U$ . При движении этого проводника в той же плоскости и в том же направлении со скоростью  $v_2$  разность потенциалов на концах проводника увеличилась в 2 раза. Чему равно отношение скоростей  $\frac{v_1}{v_2}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

16. Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором  $R = 20$  кОм (см. рисунок). В момент времени  $t = 0$  ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью  $\pm 1$  мкА, представлены в таблице. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Выберите *два* верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения уменьшается.
- 2) Через 2 с после замыкания ключа конденсатор остается полностью разряженным.
- 3) ЭДС источника тока составляет 12 В.
- 4) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на резисторе равно 0,3 В.
- 5) В момент времени  $t = 3$  с напряжение на конденсаторе равно 6 В.

Ответ:

17. По проволочному резистору течет ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 2 раза и увеличении силы тока вдвое следующие величины: напряжение на резисторе и его сопротивление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Напряжение на резисторе	Сопротивление резистора

18. В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием  $F$  перпендикулярно этой оси. Расстояние от линзы до нити равно  $0,5F$ . Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем — собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза рассеивающая
- Б) линза собирающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

- 1) действительное, перевернутое, уменьшенное
- 2) мнимое, прямое, уменьшенное
- 3) действительное, увеличенное, перевернутое
- 4) мнимое, прямое, увеличенное

Ответ:

А	Б

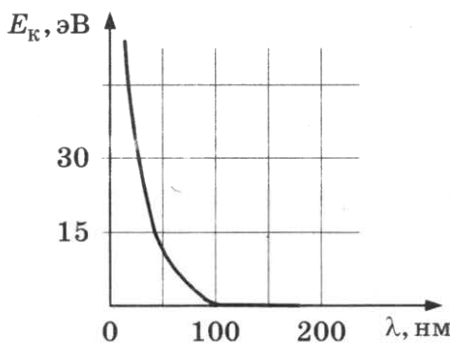
19. Какое число протонов и нейтронов содержится в элементе  $X$ , которое образуется в реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{10}_5\text{B} + X$ ?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. На графике показана зависимость максимальной кинетической энергии электронов, выбитых из металла при фотоэффекте, от длины волны падающего света. Чему равна частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для данного металла?



Ответ: \_\_\_\_\_ · 10<sup>15</sup> Гц.

21. На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого следующие величины: число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

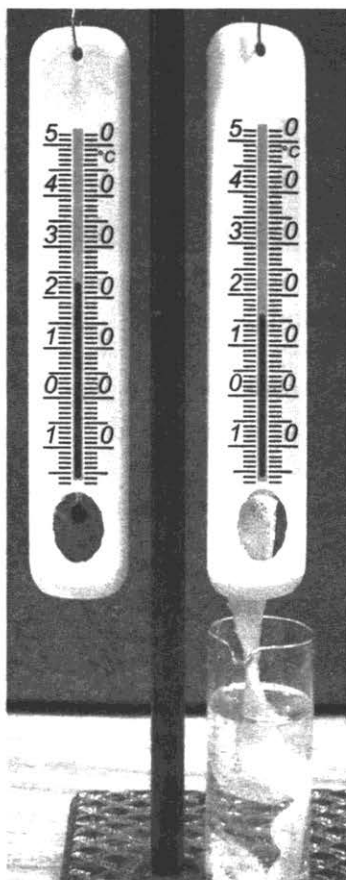
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Число фотоэлектронов в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22. Ученик измерял относительную влажность воздуха с помощью психрометра (двух термометров, колбочка одного из которых обернута влажной тканью; см. фотографию). Абсолютная погрешность измерения температуры равна цене деления термометра. Запишите в ответ величину показаний влажного термометра с учетом погрешности измерений.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) °С.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо экспериментально изучить свойства дифракционного спектрометра. В распоряжении экспериментаторов имеются спектрометры, состоящие из источника света — светодиода, дифракционной решетки и экрана, параметры которых приведены в таблице. Какие *два* спектрометра нужно использовать для того, чтобы на опыте обнаружить зависимость расстояния между первыми дифракционными максимумами от периода решетки?

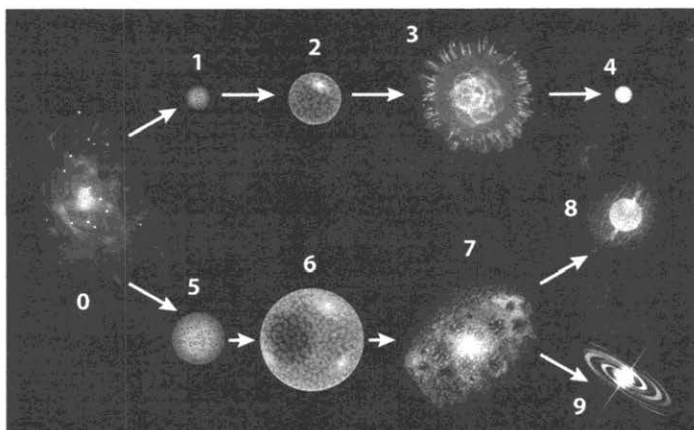


№ спектрометра	Светодиод	Количество штрихов на мм в решетке	Расстояние от дифракционной решетки до экрана
1	Зеленый	100	3 м
2	Синий	50	2 м
3	Красный	200	3 м
4	Желтый	100	1,5 м
5	Красный	50	3 м

В ответе запишите номера выбранных спектрометров.

Ответ:

24. На рисунке приведена эволюция средних по размеру (масса близка к массе Солнца) и больших звезд. Цифрами обозначены основные этапы этой эволюции. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.



- 1) Цифрой 1 отмечена стационарная стадия развития звезды средних размеров, на которой происходит выгорание водорода.
- 2) Цифрой 8 отмечена начальная стадия развития звезды.
- 3) Цифрой 5 отмечено превращение обычной звезды в красного гиганта.
- 4) Цифрой 4 отмечена черная дыра, в которую превращается массивная звезда в конечной стадии своей эволюции.
- 5) Цифрой 7 отмечен взрыв звезды больших размеров и превращение ее в сверхновую звезду.

Ответ: \_\_\_\_\_.

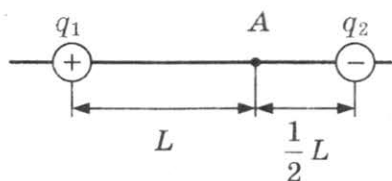


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Два точечных заряда: положительный  $q_1 = 30$  нКл и отрицательный  $q_2 = -20$  нКл — находятся в вакууме. Определите величину напряженности электрического поля этих зарядов в точке А, расположенной на прямой, соединяющей заряды на расстоянии  $L$  от первого и  $\frac{1}{2}L$  от второго заряда.  $L = 3$  м.



Ответ: \_\_\_\_\_ В/м.

26. Ион, заряд которого равен элементарному заряду, движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,15$  Тл в плоскости, перпендикулярной  $\vec{B}$ . Радиус дуги, по которой движется ион, равен  $10^{-3}$  м. Каков импульс иона?

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{-24}$  кг  $\cdot$  м/с.

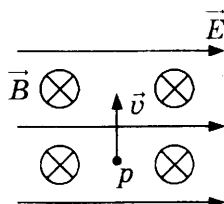


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

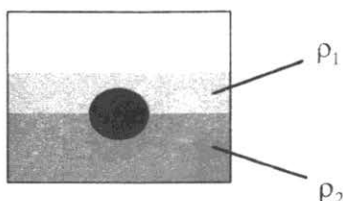
Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

27. В камере, из которой откачан воздух, создали электрическое поле напряженностью  $\vec{E}$  и магнитное поле индукцией  $\vec{B}$ . Поля однородные,  $\vec{E} \perp \vec{B}$ . В камеру влетает протон  $p$ , вектор скорости которого перпендикулярен  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$ , как показано на рисунке. Модули напряженности электрического поля и индукции магнитного поля таковы, что протон движется прямолинейно. Как изменится начальный участок траектории протона, если увеличить модуль напряженности электрического поля, оставив его направление без изменения? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности вы использовали для объяснения.

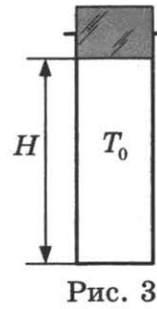
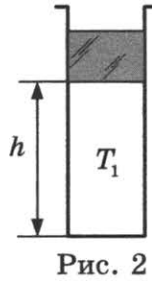
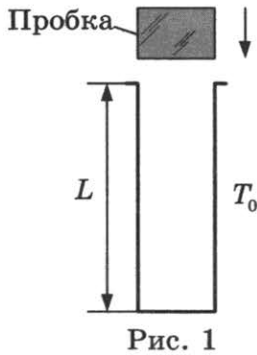


Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

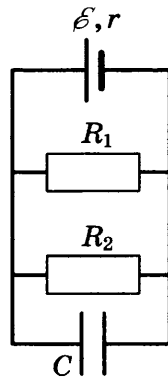
28. Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда  $0^\circ\text{C}$ , начальная температура воды  $15^\circ\text{C}$ . Теплоемкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой  $210$  г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе?
29. На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности  $\rho_1 = 900$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_2 = 3\rho_1$ , плавает однородный шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика  $\rho$ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объема?



30. В камере, заполненной азотом, при температуре  $T_0 = 300$  К находится открытый цилиндрический сосуд (рисунок 1). Высота сосуда  $L = 50$  см. Сосуд плотно закрывают цилиндрической пробкой и охлаждают до температуры  $T_1 = 240$  К. В результате расстояние от дна сосуда до низа пробки становится равным  $h$  (рисунок 2). Затем сосуд нагревают до первоначальной температуры  $T_0$ . Расстояние от дна сосуда до низа пробки при этой температуре становится равным  $H = 46$  см (рисунок 3). Чему равно  $h$ ? Величину силы трения между пробкой и стенками сосуда считать одинаковой при движении пробки вниз и вверх. Массой пробки пренебречь. Давление азота в камере во время эксперимента поддерживается постоянным.



31. Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением  $r = 0,4$  Ом подсоединен к параллельно соединенным резисторам  $R_1 = 10$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом и конденсатору емкости  $C = 5$  мкФ. Определите ЭДС источника  $\mathcal{E}$ , если энергия электрического поля конденсатора  $W = 10$  мкДж.



32. В открытый контейнер объемом 80 мл поместили изотоп полония-210  ${}_{84}^{210}\text{Po}$ . Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило  $1,3 \cdot 10^5$  Па. Какую массу полония первоначально поместили в контейнер? Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна  $45^\circ\text{C}$ . Атмосферное давление равно  $10^5$  Па.



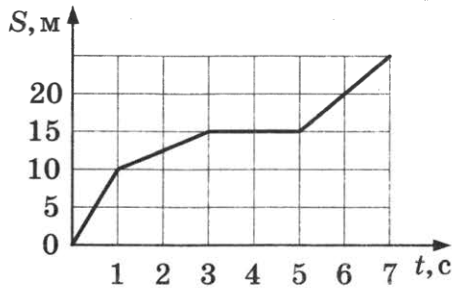
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 30

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости пути  $S$ , пройденного материальной точкой, от времени  $t$ . Определите модуль скорости точки в интервале времени от 1 с до 2 с.

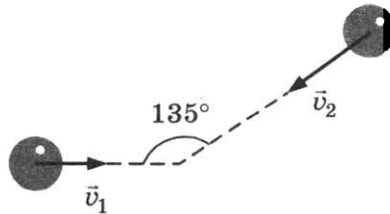


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. Тележку массой  $m = 3$  кг, равномерно движущуюся по гладкому горизонтальному столу, толкают с силой  $F = 6$  Н в направлении движения. Каково ускорение тележки в инерциальной системе отсчета, связанной со столом?

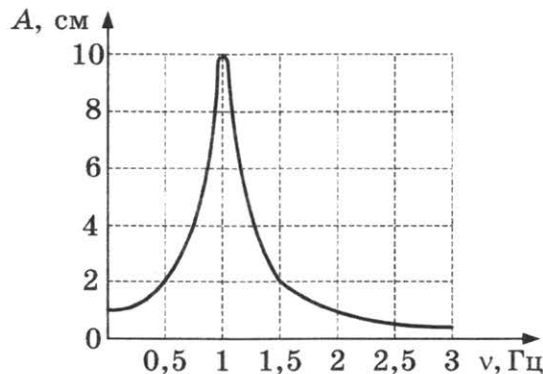
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

3. Одинаковые шары массой 1 кг каждый движутся со скоростями, направления которых показаны на рисунке, и сталкиваются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если  $v_1 = 7$  м/с, а  $v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

4. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Во сколько раз увеличилась максимальная скорость маятника при переходе от частоты 0,5 Гц к частоте 1 Гц?



Ответ: увеличилась в \_\_\_\_\_ раз(-а).

5. Четыре тела одинаковой массы 200 г двигались вдоль оси  $Ox$ . В таблице представлена зависимость их координат от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10
$x_2, \text{ м}$	0	0	0	0	0	0
$x_3, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25
$x_4, \text{ м}$	0	2	0	-2	0	2

Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Первое тело двигалось равноускоренно.
- 2) Сумма сил, действующих на второе тело, равна нулю.
- 3) Ускорение третьего тела равно  $1 \text{ м/с}^2$ .
- 4) Период колебаний третьего тела равен 2 с.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия первого тела была равна 0,4 Дж.

Ответ:

6. На гладком горизонтальном столе пружинный маятник совершает свободные незатухающие колебания. Затем пружину заменяют на пружину большей жесткости, а амплитуду колебаний оставляют неизменной. Как изменятся при этом период колебаний и максимальная потенциальная энергия маятника?

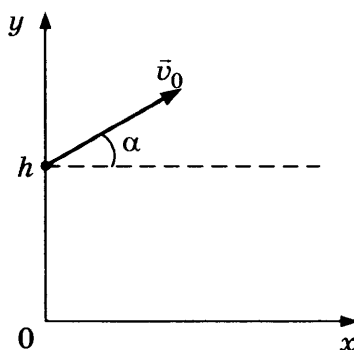
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Максимальная потенциальная энергия маятника

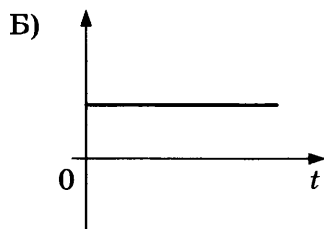
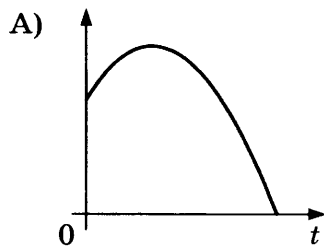
7. Мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Графики А) и Б) представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полета, от времени  $t$ .



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) координата  $x$  мячика
- 2) проекция скорости мячика на ось  $x$
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) координата  $y$  мячика

Ответ:

А	Б

8. При охлаждении одноатомного идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул уменьшилась в 2 раза. Определите отношение абсолютных температур газа в начальном и конечном состоянии  $\frac{T_1}{T_2}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Газ совершил работу 10 Дж и получил количество теплоты 6 Дж. На сколько уменьшилась при этом внутренняя энергия газа?

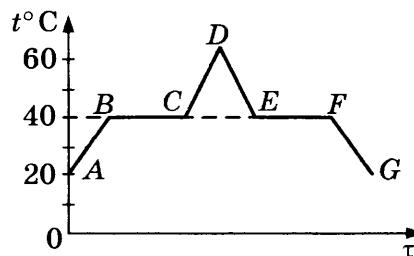
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 18 °С находится  $1,155 \cdot 10^{-2}$  кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t$ °С	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2}$ кг/м <sup>3</sup>	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. В начальный момент в сосуде под легким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры  $t$  эфира от времени  $\tau$  его нагревания и последующего охлаждения.



Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Температура кипения эфира равна 60 °С.
- 2) В момент F в сосуде находился только жидкий эфир.
- 3) На участке BC внутренняя энергия эфира увеличивалась.
- 4) В момент G эфир отвердел.
- 5) Время, за которое весь эфир выкипел, меньше, чем время, за которое он сконденсировался.

Ответ: 

--	--

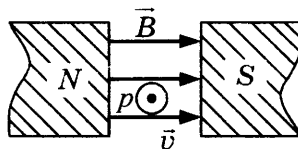
12. В процессе расширения 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия все время остается неизменной. Как изменяются при этом температура гелия и его давление? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Давление гелия

13. Протон  $p$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость  $\vec{v}$ , направленную горизонтально и перпендикулярно вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля (см. рисунок, на котором кружок с точкой указывает направление движения протона). Куда направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) действующая на протон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

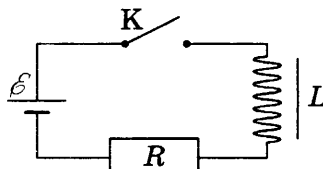
14. К батарее с ЭДС, равной 24 В, и внутренним сопротивлением 2 Ом подключили резистор с сопротивлением 4 Ом. Какова сила тока в цепи?

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15. Тень на экране от предмета, освещенного точечным источником света, имеет размеры в 3 раза большие, чем сам предмет. Расстояние от источника света до предмета равно 1 м. Определите расстояние от предмета до экрана.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

16. Катюшка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор  $R = 40$  Ом (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ  $K$  замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью  $\pm 0,01$  А, представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{ А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,29	0,29	0,30	0,30

Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения не изменяется.
- 2) Через 5 с после замыкания ключа ток через катушку полностью прекратился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 12 В.
- 4) В момент времени  $t = 3,0$  с ЭДС самоиндукции катушки равна 0,29 В.
- 5) В момент времени  $t = 1,0$  с напряжение на резисторе равно 7,6 В.

Ответ: 

--	--

17. Плоский воздушный конденсатор подключен к гальваническому элементу. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора следующие величины: емкость конденсатора и величина заряда на его обкладках?

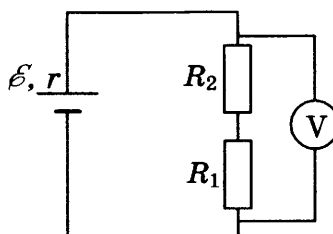
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Величина заряда конденсатора

18. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока равна  $\mathcal{E}$ , его внутреннее сопротивление  $r$ , а сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) показания вольтметра
- Б) сила тока, текущего в цепи

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2}$
- 2)  $\frac{\mathcal{E}}{r + R_1 + R_2}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}r}{R_1 + R_2}$
- 4)  $\frac{\mathcal{E}(R_1 + R_2)}{r + R_1 + R_2}$

Ответ:

А	Б

19. Какое число протонов и нейтронов содержится в ядре элемента, образовавшемся из ядра  ${}_{102}^{252}\text{No}$  после двух последовательных  $\alpha$ -распадов?

Ответ:

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Из ядер таллия  ${}_{81}^{208}\text{Tl}$  при  $\beta$ -распаде с периодом полураспада 3 мин образуются стабильные ядра свинца. В момент начала наблюдения в образце содержится  $8 \cdot 10^{20}$  ядер таллия. Через какое время образуется  $6 \cdot 10^{20}$  ядер свинца?

Ответ: \_\_\_\_\_ мин.



21. В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: массовое число ядра и заряд ядра?

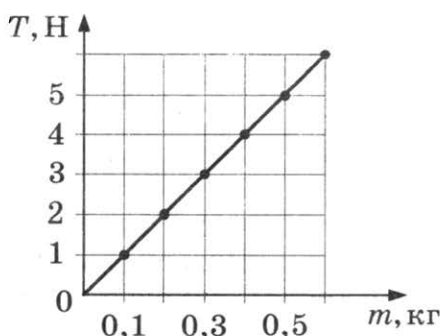
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд ядра

22. Ученики исследовали зависимость модуля силы натяжения нити  $T$  от массы подвешенного на нее груза  $m$ . График, построенный по результатам измерений, представлен на рисунке. Погрешность измерения массы равна 0,05 кг, силы — 0,5 Н.



Запишите в ответ модуль силы натяжения нити, на которую подвешен груз массой 0,40 кг, с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) Н.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

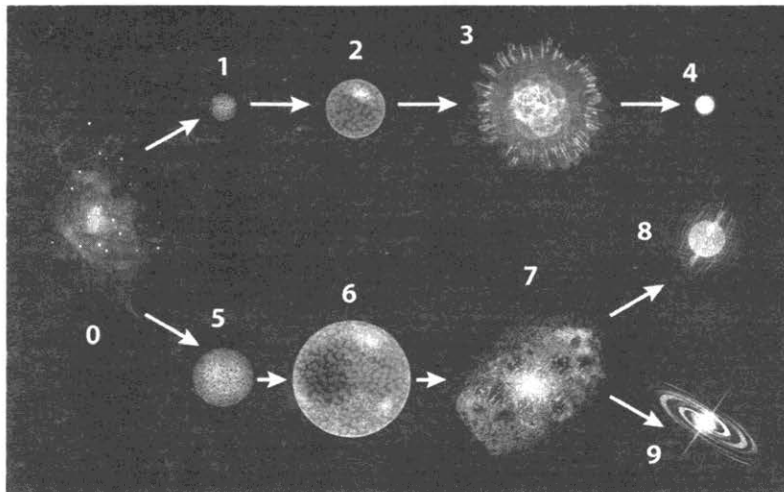
23. В лаборатории экспериментально изучают зависимость частоты колебаний струны, закрепленной с двух сторон, от ее натяжения. Какие *две* установки нужно использовать для проведения такого эксперимента?

№ установки	Сила натяжения струны	Диаметр струны	Материал струны
1	15 Н	0,5 мм	Сталь
2	10 Н	1 мм	Сталь
3	10 Н	0,5 мм	Медь
4	25 Н	1 мм	Сталь
5	20 Н	1 мм	Пластик

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. На рисунке приведена эволюция средних по размеру (масса близка к массе Солнца) и больших звезд. Цифрами обозначены основные этапы этой эволюции. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.



- 1) Цифрой 3 отмечена стационарная стадия развития звезды средних размеров, на которой происходит выгорание водорода.
- 2) Цифрой 0 отмечена начальная стадия развития звезды.
- 3) Цифрой 4 отмечено превращение обычной звезды в белого карлика в конечной стадии своей эволюции.
- 4) Цифрой 9 отмечена черная дыра, в которую может превратиться массивная звезда, в конечной стадии своей эволюции.
- 5) Цифрой 6 отмечен взрыв звезды средних размеров и превращение ее в сверхновую звезду.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде объемом  $1,2 \text{ м}^3$  под давлением  $4 \cdot 10^3 \text{ Па}$ . Определите внутреннюю энергию этого газа.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

26. Частица массой  $1 \text{ мг}$  переместилась за  $3 \text{ с}$  на расстояние  $0,45 \text{ м}$  по горизонтали в однородном горизонтальном электрическом поле напряженностью  $5000 \text{ В/м}$ . Начальная скорость частицы равна нулю. Каков заряд частицы? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_  $\cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ .



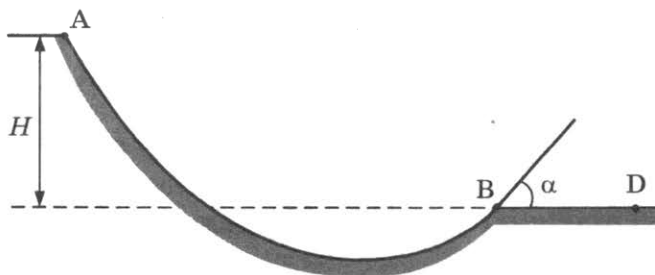
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

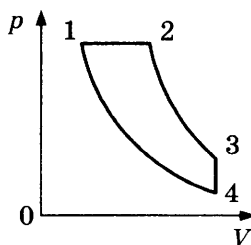
27. При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажой, а во втором — на зеркальную пластинку такой же площади. В обоих опытах пластинки находятся на одинаковом расстоянии от лазера и свет падает перпендикулярно поверхности пластинок. Как изменится сила давления света на пластинку во втором опыте по сравнению с первым? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

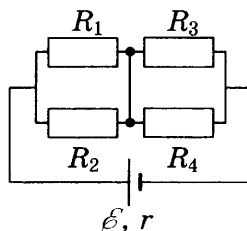
28. На последнем километре тормозного пути скорость поезда уменьшилась на 10 м/с. Определите скорость в начале торможения, если общий тормозной путь поезда составил 4 км, а торможение было равнозамедленным.
29. Шайба массой  $m = 100$  г начинает движение по желобу АВ из точки А из состояния покоя. Точка А расположена выше точки В на высоте  $H = 6$  м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на величину  $\Delta E$ . В точке В шайба вылетает из желоба под углом  $\alpha = 15^\circ$  к горизонту и падает на землю в точке D, находящейся на одной горизонтали с точкой В (см. рисунок).  $BD = 4$  м. Найдите величину  $\Delta E$ . Сопротивлением воздуха пренебречь.



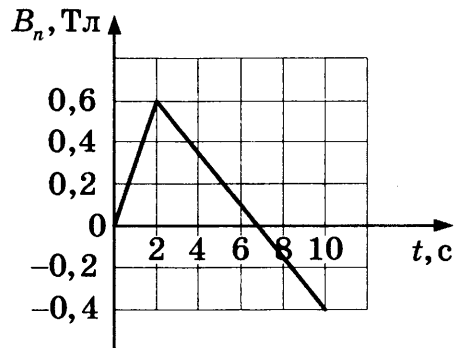
30. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на  $p$ - $V$ -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла  $\eta = 15\%$ , а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе  $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$  и  $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$ , определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



31. Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе  $R_1$  в схеме, изображенной на рисунке, если резистор  $R_2$  перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включенные в схему, имеют одинаковое сопротивление  $R = 20$  Ом. Внутреннее сопротивление источника  $r = 2$  Ом; его ЭДС  $\mathcal{E} = 110$  В.



32. Квадратная проволочная рамка со стороной  $l = 10$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . На рисунке изображено изменение проекции вектора  $\vec{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время  $t = 10$  с в рамке выделяется количество теплоты  $Q = 0,1$  мДж. Каково сопротивление проволоки, из которой сделана рамка?



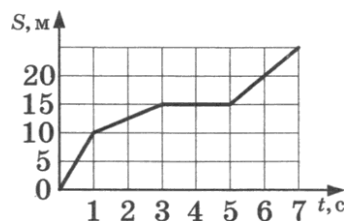
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

# ВАРИАНТ 31

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. На рисунке представлен график зависимости пути  $S$ , пройденного материальной точкой, от времени  $t$ . Определите модуль скорости точки в интервале времени от 5 с до 7 с.

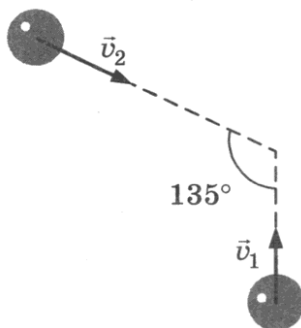


Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

2. Тележка равномерно движется по гладкому горизонтальному столу. Ее толкают с силой  $F = 6$  Н в направлении движения. Ускорение тележки в инерциальной системе отсчета, связанной со столом, равно  $3$  м/с<sup>2</sup>. Какова масса тележки?

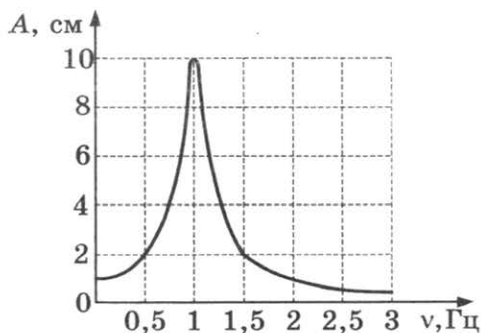
Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

3. Одинаковые шары массой  $0,4$  кг каждый движутся со скоростями, направления которых показаны на рисунке, и сталкиваются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если  $v_1 = 3,5$  м/с, а  $v_2 = v_1 \cdot \sqrt{2}$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

4. На рисунке изображена зависимость амплитуды установившихся колебаний маятника от частоты вынуждающей силы (резонансная кривая). Во сколько раз увеличилась максимальная скорость маятника при переходе от частоты  $0,5$  Гц к частоте  $1,5$  Гц?



Ответ: увеличилась в \_\_\_\_\_ раз(-а).

5. Четыре тела одинаковой массы 200 г двигались вдоль оси  $Ox$ . В таблице представлена зависимость их координат от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10
$x_2, \text{ м}$	0	0	0	0	0	0
$x_3, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25
$x_4, \text{ м}$	0	2	0	-2	0	2

Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Сумма сил, действующих на первое тело, равна нулю.
- 2) Скорость второго тела равна 2 м/с.
- 3) Ускорение третьего тела равно 2 м/с<sup>2</sup>.
- 4) Период колебаний третьего тела равен 1 с.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия первого тела была равна 0,6 Дж.

Ответ:

--	--

6. На гладком горизонтальном столе пружинный маятник совершает свободные незатухающие колебания. Затем пружину заменяют на пружину меньшей жесткости, а амплитуду колебаний оставляют неизменной. Как изменятся при этом частота колебаний и максимальная кинетическая энергия груза маятника?

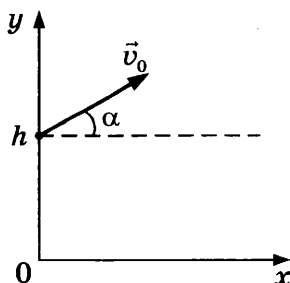
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

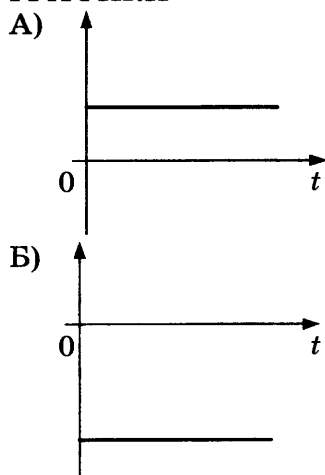
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота колебаний	Максимальная кинетическая энергия груза маятника

7. В момент времени  $t = 0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А) и Б) представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полета, от времени  $t$ . Сопротивлением воздуха пренебречь. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня  $y = 0$ .) К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



### ГРАФИКИ



### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) потенциальная энергия мячика
- 2) полная механическая энергия мячика
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) проекция ускорения мячика на ось  $y$

Ответ:

А	Б

8. При нагревании одноатомного идеального газа средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул увеличилась в 4 раза. Определите отношение абсолютных температур газа в конечном и начальном состоянии  $\frac{T_2}{T_1}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

9. Газ совершил работу 20 Дж и получил количество теплоты 5 Дж. На сколько уменьшилась при этом внутренняя энергия газа?

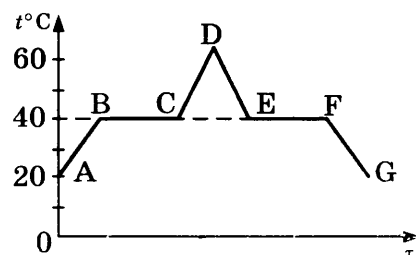
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10. В кубическом метре воздуха в помещении при температуре 25 °С находится  $1,38 \cdot 10^{-2}$  кг водяных паров. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, определите относительную влажность воздуха.

$t$ °С	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2}$ кг/м <sup>3</sup>	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. В начальный момент в сосуде под легким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры  $t$  эфира от времени  $\tau$  его нагревания и последующего охлаждения.



Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Температура кипения эфира равна 40 °С.
- 2) В момент F в сосуде находился эфир в жидком и газообразном состояниях.
- 3) На участке EF внутренняя энергия эфира увеличивалась.
- 4) В момент C эфир закипел.
- 5) Время, за которое весь эфир испарился, равно времени, за которое он сконденсировался.

Ответ:

--	--

12. В ходе адиабатического процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

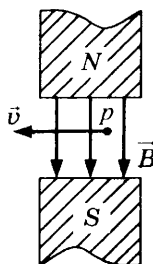
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Давление гелия

13. Протон  $p$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость  $\vec{v}$ , которая перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля, направленному вертикально (см. рисунок). Как направлена (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) действующая на протон сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.

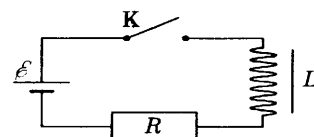
14. К батарее с внутренним сопротивлением 2 Ом подключили резистор с сопротивлением 4 Ом. При этом сила тока в цепи оказалась равной 3 А. Какова ЭДС батареи?

Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15. Маленькая лампочка освещает экран через непрозрачную перегородку с круглым отверстием радиуса 0,2 м. Расстояние от лампочки до экрана в 4 раза больше расстояния от лампочки до перегородки. Каков радиус освещенного пятна на экране?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

16. Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор  $R = 60$  Ом (см. рисунок). В момент  $t = 0$  ключ К замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью  $\pm 0,01$  А, представлены в таблице.



$t, \text{ с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{ А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,28	0,29	0,30	0,30

Выберите *два* верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) В опыте наблюдаются колебания силы тока в цепи.
- 2) Через 6 с после замыкания ключа ток через катушку достиг минимального значения.
- 3) ЭДС источника тока составляет 18 В.
- 4) В момент времени  $t = 2,0$  с ЭДС самоиндукции катушки равна 2,4 В.
- 5) В момент времени  $t = 3,0$  с напряжение на резисторе равно 15 В.

Ответ:



17. Плоский воздушный конденсатор с диэлектриком между пластинами подключен к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом емкость конденсатора и величина заряда на его обкладках?

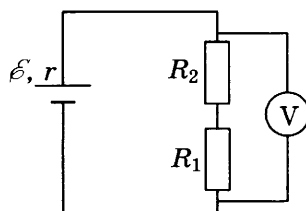
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Емкость конденсатора	Величина заряда конденсатора

18. В схеме, изображенной на рисунке, показания вольтметра равны  $U$ , внутреннее сопротивление источника  $r$ , а сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$ .



Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) ЭДС источника
- Б) сила тока, текущего в цепи

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{U}{R_1 + R_2}$
- 2)  $\frac{U}{r + R_1 + R_2}$
- 3)  $\frac{Ur}{R_1 + R_2}$
- 4)  $\frac{U(r + R_1 + R_2)}{R_1 + R_2}$

Ответ:

А	Б

19. Сколько нейтронов и электронов содержит нейтральный атом  ${}_{13}^{30}\text{Al}$ ?

Ответ:

Число нейтронов	Число электронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Из ядер эрбия  ${}_{68}^{171}\text{Er}$  при  $\beta$ -распаде с периодом полураспада 8 ч образуются ядра тулия. В момент начала наблюдения в образце содержится  $16 \cdot 10^{20}$  ядер эрбия. Через какое время число ядер тулия будет равно  $14 \cdot 10^{20}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ ч.

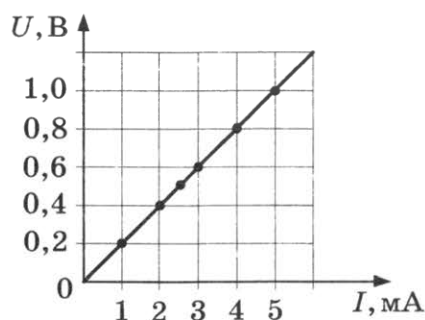
21. Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов из электронной оболочки атома. При захвате электрона некоторые характеристики атомного ядра изменяются. Как ведут себя перечисленные ниже характеристики атомного ядра при захвате ядром электрона? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

22. При изучении закона Ома для участка цепи получили зависимость напряжения на реостате от силы тока в цепи. Результаты измерений представлены на графике. Погрешность измерения силы тока равна 0,1 мА, напряжения 0,05 В.



Запишите в ответ величину напряжения на реостате при силе тока в цепи 4,0 А с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

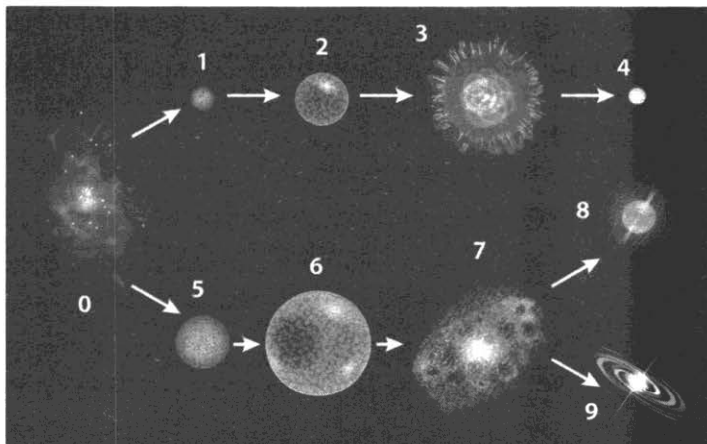
23. В лаборатории экспериментально изучают зависимость частоты колебаний струны, закрепленной с двух сторон, от диаметра. Какие *две* установки нужно использовать для проведения такого эксперимента?

№ установки	Сила натяжения струны	Диаметр струны	Материал струны
1	10 Н	1 мм	Сталь
2	15 Н	0,5 мм	Медь
3	10 Н	0,5 мм	Сталь
4	25 Н	1 мм	Сталь
5	20 Н	1 мм	Пластик

В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

24. На рисунке приведена эволюция средних по размеру (масса близка к массе Солнца) и больших звезд. Цифрами обозначены основные этапы этой эволюции. Выберите *все* верные утверждения из пяти приведенных ниже и запишите их номера.



- 1) Цифрой 9 отмечена стационарная стадия развития звезды средних размеров, на которой происходит выгорание водорода.
- 2) Цифрой 0 отмечена начальная стадия развития звезды.
- 3) Цифрой 2 отмечено превращение массивной звезды в красного сверхгиганта.
- 4) Цифрой 8 отмечена нейтронная звезда, в которую может превратиться массивная звезда в конечной стадии своей эволюции.
- 5) Цифрой 7 отмечено превращение обычной звезды в красного гиганта.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. Идеальный одноатомный газ находится в сосуде объемом  $1 \text{ м}^3$ . Его внутренняя энергия равна  $9 \text{ кДж}$ . Определите давление этого газа.

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

26. В области пространства, где находится частица с зарядом  $2 \cdot 10^{-11} \text{ Кл}$ , создано однородное горизонтальное электрическое поле напряженностью  $5000 \text{ В/м}$ . Какова масса частицы, если за  $2 \text{ с}$  она переместилась по горизонтали на расстояние  $0,4 \text{ м}$  от точки, из которой она начала двигаться из состояния покоя? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

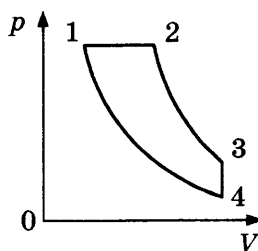
27. На площадку падает зеленый свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени? Укажите закономерности, которые вы использовали при обосновании своего ответа.

Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

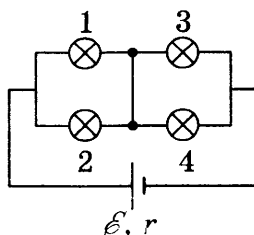
28. На последнем километре тормозного пути скорость поезда уменьшилась на 15 м/с. Определите общий тормозной путь поезда, если скорость в начале торможения была равна 25 м/с и торможение было равнозамедленным.
29. Массивная шайба начинает движение по желобу АВ из точки А из состояния покоя. Точка А расположена выше точки В на высоте  $H = 6$  м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на  $\Delta E = 2$  Дж. В точке В шайба вылетает из желоба под углом  $\alpha = 15^\circ$  к горизонту и падает на землю в точке D, находящейся на одной горизонтали с точкой В (см. рисунок). Найдите массу шайбы, если  $BD = 2$  м. Сопротивлением воздуха пренебречь.



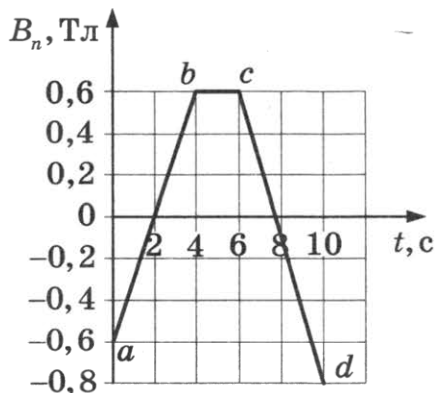
30. Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображен на  $p$ - $V$ -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД цикла равен 50%, определите модуль отношения изменения температуры газа при изобарном процессе  $T_{12}$  к изменению его температуры  $T_{34}$  при изохорном процессе.



31. Какая тепловая мощность выделяется на лампе 4 в цепи, собранной по схеме, изображенной на рисунке? Сопротивление ламп 1 и 2  $R_1 = 20$  Ом, ламп 3 и 4  $R_2 = 10$  Ом. Внутреннее сопротивление источника  $r = 5$  Ом, его ЭДС  $\mathcal{E} = 100$  В.



32. Проволочная рамка с сопротивлением  $R = 0,2$  Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ . На рисунке изображено изменение проекции вектора  $\vec{B}$  на перпендикуляр к плоскости рамки с течением времени. За время  $t = 10$  с в рамке выделилось количество теплоты  $Q = 4,1$  мДж. Какова площадь рамки?



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## ВАРИАНТ 32

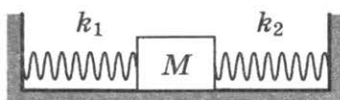
### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1. Шарик движется по окружности радиусом  $r = 1$  м со скоростью  $v = 2$  м/с. Каким будет его центростремительное ускорение, если радиус окружности увеличить в 2 раза, оставив скорость шарика прежней?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2. Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Жесткость правой пружины  $k_2 = 800$  Н/м. Левая пружина действует на кубик с силой 16 Н. На сколько сжата правая пружина?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

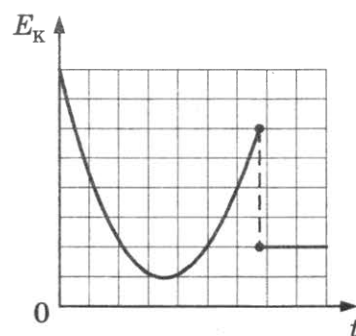
3. Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Масса легкового автомобиля  $m = 1000$  кг. Какова масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 4?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

4. Подвешенный на нити алюминиевый кубик целиком погружен в воду и не касается дна сосуда. Длина ребра кубика равна 10 см. Определите выталкивающую силу, действующую на кубик.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

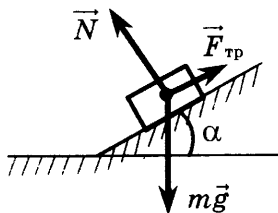
5. На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите **два** верных утверждения, описывающих движение в соответствии с данным графиком.



- 1) В конце наблюдения кинетическая энергия тела отлична от нуля.
- 2) Кинетическая энергия тела в течение всего времени наблюдения уменьшается.
- 3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на балкон.
- 4) Тело брошено вертикально вверх с балкона и упало на Землю.
- 5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в кузов проезжающего мимо грузовика.

Ответ:

6. Брусок покоится на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила нормальной реакции опоры  $\vec{N}$  и сила трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ . Для того чтобы брусок скользил по опоре, необходимо увеличить его массу в 2 раза. Как изменятся модуль силы трения и модуль силы нормальной реакции опоры, если увеличить массу тела в 1,5 раза?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

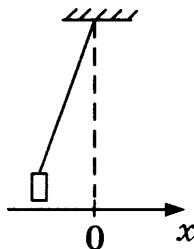
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

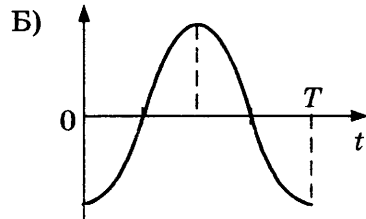
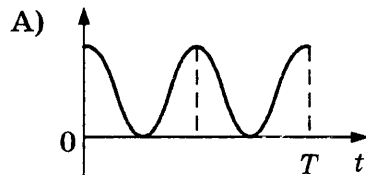
Модуль силы трения	Модуль силы нормальной реакции опоры

7. В момент времени  $t = 0$  груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А) и Б) показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) координата  $x$
- 2) проекция скорости  $v_x$
- 3) кинетическая энергия  $E_k$
- 4) потенциальная энергия  $E_n$

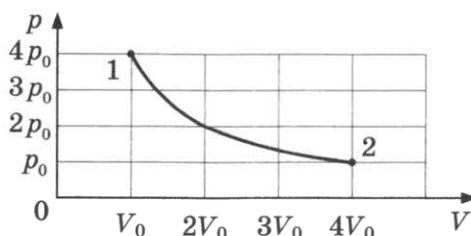
Ответ:

А	Б

8. При сжатии неизменного количества идеального газа его объем уменьшился в 2 раза, а температура возросла в 2 раза. Каким стало давление газа, если первоначально оно было равно 50 кПа?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9. На графике показана зависимость давления одноатомного идеального газа от его объема. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершил работу, равную 5 кДж. Чему равно количество теплоты, полученное газом при этом переходе? Количество газа неизменно.

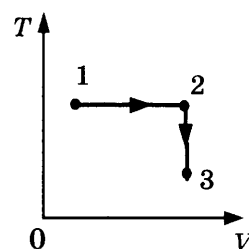


Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10. В сосуде под поршнем находится влажный воздух с относительной влажностью 60%. Какой будет относительная влажность воздуха в сосуде, если его объем изотермически увеличить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

11. В лаборатории изучали процессы, происходящие с газом. График зависимости температуры от объема постоянной массы газа приведен на рисунке. Считая газ идеальным, выберите *два* верных утверждения, описывающих процессы, происходящие с газом в соответствии с данным графиком.



- 1) На участке 1–2 внутренняя энергия газа увеличивалась.
- 2) На участке 2–3 газ совершал работу.
- 3) Давление газа в состоянии 2 меньше давления в состоянии 1.
- 4) На участке 2–3 от газа отводили тепло.
- 5) В состояниях 1 и 3 температура газа одинакова.

Ответ:

12. В калориметр с водой, имеющей комнатную температуру, положили кусок льда при 0 °С. Как изменятся в результате установления теплового равновесия следующие величины: удельная теплоемкость льда и масса воды?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Удельная теплоемкость льда	Масса воды

13. На рисунке изображен проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен (*вверх, вниз, влево, вправо, от наблюдателя, к наблюдателю*) вектор индукции магнитного поля проводника в точке С? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: \_\_\_\_\_.



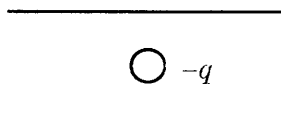
14. В цепи из двух одинаковых последовательно включенных резисторов за час выделяется количество теплоты 20 кДж. Какое количество теплоты будет выделяться за час в цепи, в которой количество резисторов и подводимое к ним напряжение увеличено в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

15. При вращении квадратной рамки в однородном магнитном поле в ней возникает ЭДС индукции, максимальная величина которой равна 2 мВ. Какой будет максимальная ЭДС индукции, если сторону рамки увеличить в 2 раза, а угловую скорость вращения в 2 раза уменьшить? Ориентация рамки относительно линий индукции магнитного поля не изменилась.

Ответ: \_\_\_\_\_ мВ.

16. Между горизонтально расположенными пластинами плоского конденсатора находится в равновесии отрицательно заряженная капелька масла (см. рисунок).



Какие **два** утверждения верно описывают наблюдаемое явление?

- 1) Верхняя пластина конденсатора заряжена отрицательно.
- 2) Вектор напряженности электрического поля конденсатора направлен вертикально вниз.
- 3) Сила тяжести, действующая на капельку масла, равна силе, действующей на каплю со стороны электрического поля конденсатора.
- 4) На капельку не действуют никакие силы.
- 5) Напряжение между пластинами конденсатора равно нулю.

Ответ: 

--	--

17. В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решетка. Решетка освещается лучом света лазерной указки, падающим перпендикулярно ее поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся длина световой волны, падающей на решетку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при удалении воды из сосуда?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны света, достигающего решетки	Угол между нормалью к решетке и первым дифракционным максимумом

18. Колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивностью  $L$ . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре с периодом  $T$ , максимальный заряд пластины конденсатора равен  $q$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Спротивлением контура пренебречь.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) максимальная энергия электрического поля конденсатора  
 Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{2\pi^2 q^2 L}{T^2}$   
 2)  $\frac{q^2 L}{4\pi^2 T^2}$   
 3)  $\frac{2\pi q}{T}$   
 4)  $\frac{q^2}{2L}$

Ответ: 

А	Б

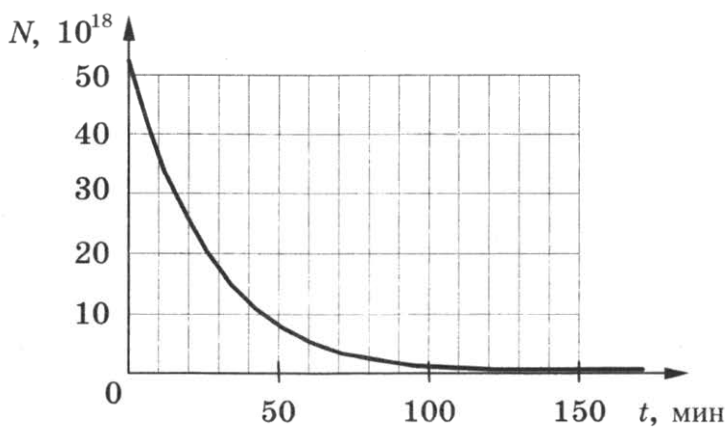
19. Ядро  ${}_{84}^{216}\text{Po}$  образовалось в результате двух последовательных  $\alpha$ -распадов. Какое число протонов и нейтронов содержало ядро элемента, из которого образовалось ядро полония?

Ответ: 

Число протонов	Число нейтронов

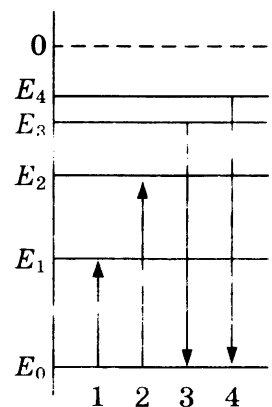
В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

20. Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ртути  ${}_{80}^{190}\text{Hg}$  от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути?



Ответ: \_\_\_\_\_ мин.

21. На рисунке изображена упрощенная диаграмма энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырех переходов связаны с поглощением кванта света с наименьшей энергией и излучением света наименьшей длины волны? Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ПРОЦЕСС**

- А) поглощение фотона с наименьшей энергией
- Б) излучение света наименьшей длины волны

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД**

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Ответ: 

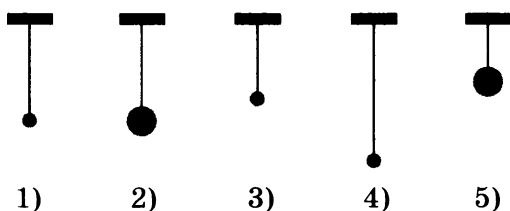
А	Б

22. Маятник совершает  $N = 20$  колебаний за  $t = (24,0 \pm 0,2)$  с. Запишите в ответ величину периода колебаний маятника с учетом погрешности измерений.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) с.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, без пробелов и других дополнительных символов.

23. Необходимо экспериментально проверить зависимость периода колебаний маятника от массы груза. Какие **два** маятника нужно выбрать, чтобы провести такое исследование? Все грузы сплошные и сделаны из одного материала.

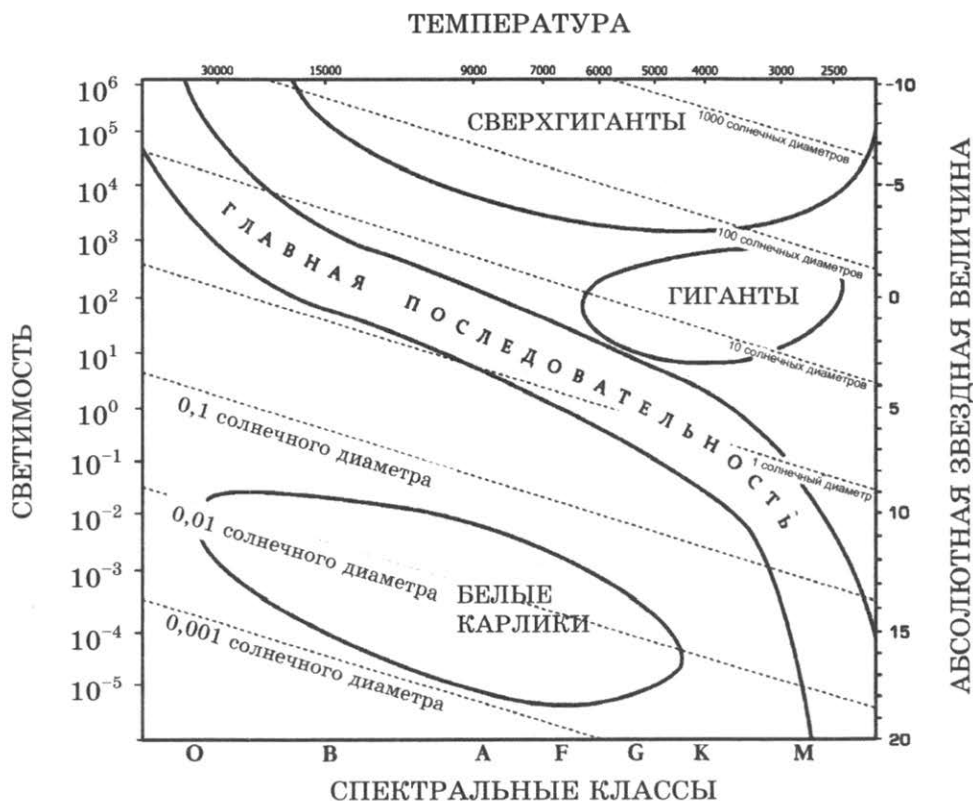


В ответе запишите номера выбранных маятников.

Ответ: 

--	--

24. На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга–Рессела.



Выберите *все* утверждения о звездах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Белые карлики — горячие звезды сильной светимости.
- 2) Температура звезд спектрального класса М примерно в 3 раза меньше, чем температура звезд спектрального класса В.
- 3) Звезда Бетельгейзе относится к сверхгигантам, поскольку ее радиус почти в 1000 раз превышает радиус Солнца.
- 4) На главной последовательности находится около 20% звезд.
- 5) Солнце относится к звездам — желтым карликам.

Ответ: \_\_\_\_\_.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

## Часть 2

Ответами к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25. При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26. Предмет высотой 6 см расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от ее оптического центра. Высота действительного изображения предмета 12 см. Найдите фокусное расстояние линзы.

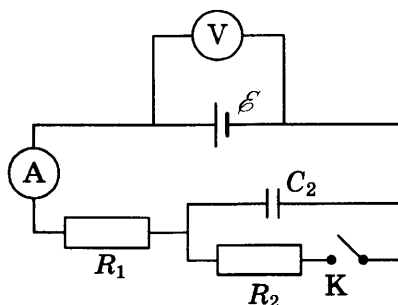
Ответ: \_\_\_\_\_ см.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте четко и разборчиво.

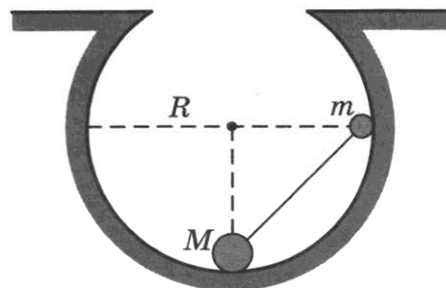
27. На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ К, а также идеальные амперметр и вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



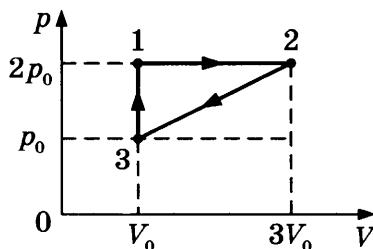
Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

28. Летящая горизонтально со скоростью 20 м/с пластилиновая пуля массой 9 г попадает в груз, неподвижно висающий на нити длиной 40 см, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом равен  $\alpha = 60^\circ$ . Какова масса груза?

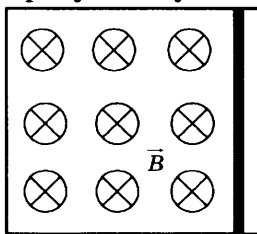
29. Небольшие шарики, массы которых  $m = 30$  г и  $M = 60$  г, соединены легким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображенном на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъема шарика массой  $M$  относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см. Каков радиус выемки  $R$ ?



30. Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу  $A_{12} = 5$  кДж. Какое количество теплоты газ отдает за цикл холодильнику?



31. Металлический стержень, согнутый в виде буквы П, закреплен в горизонтальной плоскости. На параллельные стороны стержня опирается концами перпендикулярная перемычка массой 92 г и длиной 1 м. Сопротивление перемычки равно 0,1 Ом. Вся система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией 0,15 Тл. С какой установившейся скоростью будет двигаться перемычка, если к ней приложить постоянную горизонтальную силу 1,13 Н? Коэффициент трения между стержнем и перемычкой равен 0,25. Сопротивлением стержня пренебречь. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на перемычку.



32. Значения энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6 \text{ эВ}}{n^2}$ ,  $n = 1, 2,$

$3, \dots$ . При переходе с верхнего уровня энергии на нижний атом излучает фотон. Переходы с верхних уровней на уровень с  $n = 1$  образуют серию Лаймана; на уровень с  $n = 2$  — серию Бальмера; на уровень с  $n = 3$  — серию Пашена и т.д. Найдите отношение  $\beta$  минимальной частоты фотона в серии Бальмера к максимальной частоте фотона в серии Пашена.



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

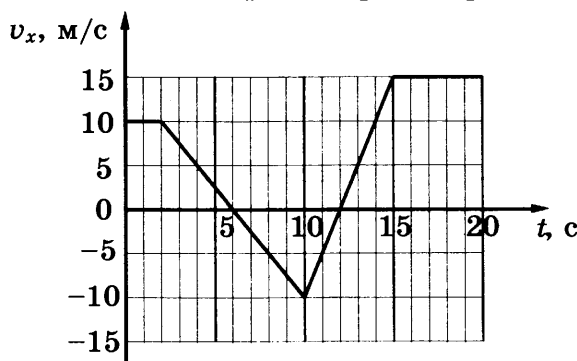
# СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ НА ПРИМЕРЕ ВАРИАНТА 7 (РАЗБОР РЕШЕНИЙ)

## Задания 1–26

Задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущено две ошибки. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущено две ошибки. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе может быть различным.

1. На рисунке приведен график зависимости проекции скорости тела  $v_x$  от времени. Чему равна проекция ускорения этого тела  $a_x$  в интервале времени от 10 до 15 с?



*Решение:*

Проекцию ускорения тела на выделенную ось можно найти как отношение разности проекций скоростей тела на эту ось в конце и начале заданного промежутка времени к длительности промежутка:  $a_x = \frac{15 - (-10)}{5} = 5 \text{ м/с}^2$ .

*Ответ:* 5 м/с<sup>2</sup>.

2. У поверхности Земли на космонавта действует гравитационная сила 900 Н. Какая гравитационная сила действует со стороны Земли на того же космонавта в космическом корабле, который движется по круговой орбите на расстоянии двух радиусов Земли от земной поверхности?

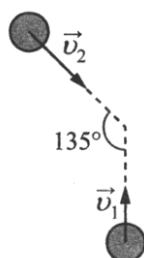
*Решение:*

Согласно закону всемирного тяготения, сила с которой Земля действует на космонавта, равна  $F = G \frac{Mm}{r^2}$ , где  $M$  — масса Земли,  $m$  — масса космонавта,  $G$  — гравитационная постоянная,  $r$  — расстояние от центра Земли до космонавта. Тогда у поверхности эта сила равна  $F_1 = G \frac{Mm}{R^2}$ , а на расстоянии двух радиусов от поверхности:

$$F_2 = G \frac{Mm}{(3R)^2} = \frac{F_1}{9} = 100 \text{ Н.}$$

*Ответ:* 100 Н.

3. Одинаковые шары массой 0,4 кг каждый движутся со скоростями, показанными на рисунке, и при столкновении слипаются. Чему будет равен суммарный импульс шаров после столкновения, если  $v_1 = 4$  м/с,  $v_2 = \sqrt{2}v_1$ ?



*Решение:*

При столкновении шаров выполняется закон сохранения импульса:  $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = \vec{p}$ , где  $\vec{p}$  — импульс шаров после столкновения. Спроецируем это векторное равенство на вертикальную и горизонтальную ось:

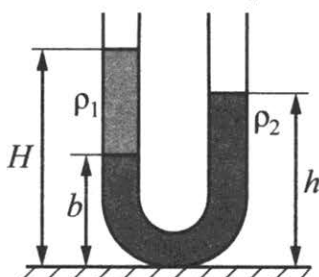
$$mv_1 - mv_2 \cos 45^\circ = p_y; \quad mv_2 \sin 45^\circ = p_x.$$

Учитывая связь между  $v_1$  и  $v_2$ , получим, что  $p_y = 0$ .

$$\text{Тогда } p = p_x = mv_2 \frac{\sqrt{2}}{2} = mv_1 = 1,6 \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

*Ответ:* 1,6 кг · м/с.

4. В широкую U-образную трубку, расположенную вертикально, налиты жидкости плотностью  $\rho_1$  и  $\rho_2$  (см. рисунок). Жидкости не смешиваются. На рисунке  $b = 15$  см,  $h = 30$  см,  $H = 35$  см. Чему равно отношение плотностей  $\frac{\rho_1}{\rho_2}$ ?



*Решение:*

На одном уровне в сообщающихся сосудах давление одинаково. На расстоянии  $b$  от пола давление в левом колене создает только жидкость плотностью  $\rho_1$ , а в правом — жидкость плотностью  $\rho_2$  (так как оба колена открытые, атмосферное давление можно не учитывать).

$$\text{Тогда: } \rho_1 g(H - b) = \rho_2 g(h - b). \text{ Получаем } \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h - b}{H - b} = \frac{15}{20} = 0,75.$$

*Ответ:* 0,75.

5. Четыре тела одинаковой массы 100 г двигались вдоль оси  $Ox$ . В таблице представлена зависимость их координат от времени.

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5
$x_1, \text{ м}$	0	4	8	18	32	50
$x_2, \text{ м}$	2	2	2	2	2	2
$x_3, \text{ м}$	0	2	4	6	8	10
$x_4, \text{ м}$	0	2	0	-2	0	2

Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Первое тело двигалось равномерно.
- 2) Сумма сил, действующих на второе тело равна нулю.
- 3) Скорость третьего тела равна 2 м/с.
- 4) Период колебаний четвертого тела равен 2 с.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия третьего тела была равна 0,4 Дж.

*Решение:*

При равномерном движении за любые равные промежутки времени перемещение тела одинаковое, что не выполняется для первого тела — ответ 1 неверен.

Второе тело покоится, значит, сумма действующих на него сил равна нулю (согласно второму закону Ньютона) — это утверждение верное.

Тело 3 движется равномерно, и его скорость равна  $v = \frac{x(1) - x(0)}{1 - 0} = 2 \text{ м/с}$  — верный ответ.

Кинетическая энергия этого тела постоянна и равна  $E = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,1 \cdot 4}{2} = 0,2 \text{ Дж}$  — ответ 5 неверен.

Тело 4 действительно колеблется, но движение полностью повторяется через 4 с, т. е.  $T = 4 \text{ с}$ .

*Ответ: 23 (или 32).*

6. Шарик, брошенный от поверхности земли вертикально вверх с начальной скоростью  $v_0$ , поднялся на высоту  $H$ , а затем упал обратно на землю. Что произойдет с ускорением шарика и его максимальной потенциальной энергией относительно земной поверхности, если уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

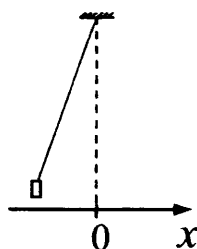
Ускорение шарика	Максимальная потенциальная энергия относительно земной поверхности

*Решение:*

Движение шарика в этом опыте является свободным падением и происходит с ускорением  $\vec{g}$ , которое постоянно вблизи поверхности земли и от скорости тела не зависит. При уменьшении начальной скорости шарик поднимется на высоту  $H_1 < H$ . Так как потенциальная энергия шарика определяется его высотой  $h$  относительно земной поверхности и равна  $mgh$ , то она уменьшится.

*Ответ: 32.*

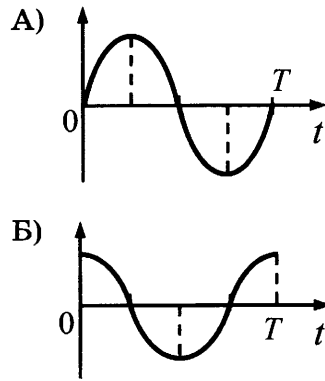
7. Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А) и Б) показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.





К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) кинетическая энергия  $E_k$
- 2) координата  $x$
- 3) проекция импульса  $p_x$
- 4) проекция ускорения  $a_x$

*Решение:*

Движение груза является гармоническим колебанием, при котором его координата, проекция скорости и ускорения на ось  $x$  меняются по законам  $\sin$  или  $\cos$ . Согласно рисунку тело движется из положения, в котором его координата минимальна, значит, закон движения имеет вид:

$$x(t) = -A \cos(\omega t),$$

где  $A$  — амплитуда колебаний,  $\omega$  — циклическая частота. Оба представленных графика не соответствуют этому закону.

Проекцию скорости и ускорения на ось  $x$  можно найти следующим образом:

$$v_x(t) = x'(t) = A\omega \sin(\omega t)$$

$$a_x(t) = v_x'(t) = A\omega^2 \cos(\omega t).$$

Таким образом, график А) соответствует зависимости от времени проекции скорости или импульса  $p_x = mv_x$ , а график Б) — проекции ускорения  $a_x$ .

*Ответ:* 34.

8. Объем 1 моль водорода в сосуде при температуре  $T$  и давлении  $p$  равен 3 л. Чему равен объем 3 моль водорода при том же давлении и температуре  $2T$ ? (Водород считать идеальным газом.)

*Решение:*

Запишем уравнение Менделеева–Клапейрона для 1 моль водорода и для 3 моль водорода:

$$pV = RT; \quad pV_1 = 3R \cdot 2T.$$

Поделив уравнения друг на друга, получим:  $V_1 = 6V = 18$  л.

*Ответ:* 18 л.

9. Кусок металла с удельной теплоемкостью 450 Дж / (кг · К) нагрели от 20 °С до 60 °С, затратив количество теплоты, равное 36 кДж. Чему равна масса этого куска металла?

*Решение:*

Количество теплоты, необходимое для нагревания вещества массой  $m$ , равно  $Q = cm\Delta t$ , где  $c$  — удельная теплоемкость вещества,  $\Delta t$  — изменение его температуры. Получим:

$$m = \frac{Q}{c\Delta t} = \frac{36000}{450 \cdot 40} = 2 \text{ кг.}$$

*Ответ:* 2 кг.

10. Газ в цилиндре расширился, совершив работу 150 Дж. Внутренняя энергия газа при этом уменьшилась на 30 Дж. Какое количество теплоты газ получил от окружающих тел?

*Решение:*

Согласно первому закону термодинамики  $Q = \Delta U + A$ , где  $Q$  — количество теплоты, полученное газом,  $\Delta U$  — изменение внутренней энергии газа,  $A$  — его работа. Подставляя числовые данные, получим:  $Q = -30 + 150 = 120$  Дж.

*Ответ: 120 Дж.*

11. В жестком закрытом сосуде находится влажный воздух при температуре 16 °С. Плотность водяных паров в сосуде равна  $1,155 \cdot 10^{-2}$  кг/м<sup>3</sup>. Воздух в сосуде нагревают до 25 °С. Пользуясь таблицей зависимости плотности насыщенных паров воды от температуры, выберите **два** верных утверждения о результатах этого опыта.

$t$ °С	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\rho_{\text{нп}}, 10^{-2}$ кг/м <sup>3</sup>	1,36	1,45	1,54	1,63	1,73	1,83	1,94	2,06	2,18	2,30

- 1) При температуре 16 °С на стенках сосуда есть капли росы.
- 2) Относительная влажность воздуха в сосуде при 18 °С равна 75%.
- 3) При увеличении температуры относительная влажность воздуха в сосуде уменьшается.
- 4) Давление в сосуде остается постоянным.
- 5) Плотность водяного пара в сосуде при нагревании увеличивается.

*Решение:*

Капли росы могут быть на стенках сосуда, только если пар насыщенный, так как при температуре 16 °С плотность пара меньше плотности насыщенного пара при этой температуре, значит, пар не насыщенный и росы нет.

По определению относительной влажности  $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нп}}} \cdot 100\% = \frac{1,155}{1,54} \cdot 100\% = 75\%$  — ответ

верный.

При увеличении температуры плотность паров в сосуде не изменяется ( $m$  и  $V$  постоянны), а плотность насыщенных паров увеличивается — относительная влажность уменьшается, ответ верный.

При увеличении температуры в сосуде неизменного объема давление увеличивается — ответ неверен.

*Ответ: 23 (или 32).*

12. В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменятся при этом температура гелия и его давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура гелия	Давление гелия

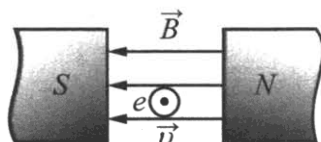
*Решение:*

Для одного моль идеального одноатомного газа внутренняя энергия равна  $U = \frac{3}{2} RT$ , то есть при увеличении внутренней энергии температура газа увеличивается.

При адиабатном процессе газ не обменивается теплом с окружающей средой. Тогда согласно первому закону термодинамики  $0 = \Delta U + A$ , где  $\Delta U$  — изменение внутренней энергии газа,  $A$  — его работа.  $\Delta U > 0$ , значит,  $A < 0$  и объем газа уменьшается, а давление увеличивается.

Ответ: 11.

13. Электрон  $e$  влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью  $\vec{v}$ , направленной к наблюдателю перпендикулярно плоскости рисунка (см. рисунок, где кружок с точкой показывает направление движения электрона). Как направлена (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) действующая на него сила Лоренца  $\vec{F}$ ? Ответ запишите словом (словами).



Решение:

Используя правило левой руки и учитывая, что заряд электрона отрицательный, получим направление силы Лоренца — вверх.

Ответ: **вверх**.

14. Заряженная пылинка массой  $m$  с зарядом  $q$  движется с ускорением  $a = 20 \text{ м/с}^2$  в однородном электрическом поле напряженностью  $\vec{E}$ . Каково ускорение пылинки массой  $2m$  с зарядом  $3q$  в том же поле? (Силой тяжести, действующей на пылинку, пренебречь.)

Решение:

На пылинку в электрическом поле действует сила  $F = qE$ . Найдем ее ускорение, используя 2-й закон Ньютона  $a = \frac{qE}{m}$ . Для второй пылинки  $a_1 = \frac{3qE}{2m} = \frac{3}{2}a = 30 \text{ м/с}^2$ .

Ответ: **30 м/с<sup>2</sup>**.

15. Индуктивность одного витка проволоки равна  $4 \cdot 10^{-3}$  Гн. При какой силе тока магнитный поток через поперечное сечение катушки, сделанной из 5 витков, равен 20 мВб?

Решение:

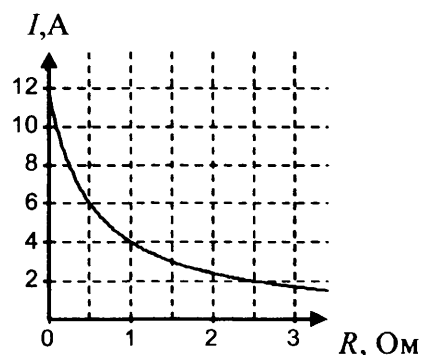
Магнитный поток через 1 виток равен  $\Phi = LI$ , через катушку из  $N$  витков  $\Phi_0 = NLI$ .

$$\text{Тогда } I = \frac{\Phi_0}{NL} = \frac{20 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ А.}$$

Ответ: **1 А**.

16. К аккумулятору подключили реостат. На рисунке показан график изменения силы тока в реостате в зависимости от его сопротивления. Выберите из предложенных утверждений **два**, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Внутреннее сопротивление аккумулятора равно 0,5 Ом.
- 2) ЭДС аккумулятора равна 12 В.
- 3) Мощность, выделяемая в реостате, увеличивается при увеличении его сопротивления от 1 Ом до 2 Ом.
- 4) Напряжение на реостате при силе тока 2 А равно 5 В.
- 5) Напряжение на источнике не зависит от силы тока через реостат.



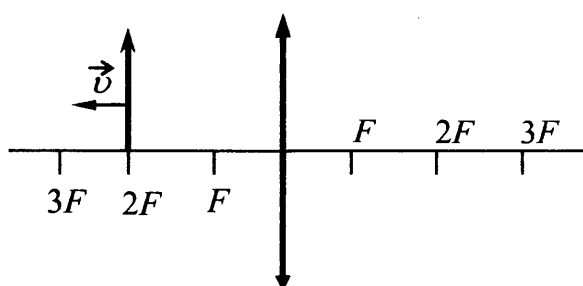
**Решение:**

По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ , где  $\mathcal{E}$  — ЭДС источника,  $R$  — сопротивление внешней цепи (реостата),  $r$  — внутреннее сопротивление источника. Запишем этот закон для двух значений силы тока 4 А и 2 А (сопротивления реостата при этом равны 1 Ом и 2,5 Ом):  $4 \cdot 1 + 4r = \mathcal{E}$ ;  $2 \cdot 2,5 + 2r = \mathcal{E}$ . Из этих уравнений получаем  $r = 0,5$  Ом,  $\mathcal{E} = 6$  В. Ответ 1 верен, 2 — неверен.

Напряжение на реостате равно  $U = IR$ , при силе тока 2 А  $U = 5$  В. Ответ 4 — верный. Мощность, выделяемая в реостате, равна  $I^2 R$  и уменьшается при увеличении его сопротивления от 1 Ом до 2 Ом. Напряжение на источнике равно напряжению на реостате и зависит от его сопротивления.

**Ответ:** 14 (или 41).

17. Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к тройному фокусу (см. рисунок). Как изменятся при этом расстояние от линзы до изображения предмета и размер изображения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние от линзы до изображения	Размер изображения

**Решение:**

Запишем формулу линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$ , где  $F$  — фокусное расстояние линзы,  $a$  — расстояние от предмета до линзы,  $b$  — расстояние от линзы до изображения. Записав ее для  $a_1 = 2F$  и  $a_2 = 3F$ , получим  $b_1 = 2F$ ,  $b_2 = 1,5 F$ . Расстояние от линзы до изображения уменьшилось. Размер изображения относится к размеру предмета так же, как  $b/a$ . Значит, размер изображения также уменьшился.

**Ответ:** 22.

18. Участок цепи постоянного тока содержит резистор. Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин и названиями этих величин.

В формулах использованы обозначения:  $I$  — сила тока на участке цепи;  $U$  — напряжение на участке цепи,  $t$  — время протекания тока.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

## ФОРМУЛЫ

А)  $IU$

Б)  $It$

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

1) заряд, протекший через резистор

2) напряжение на резисторе

3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе

4) сила тока через резистор

*Решение:*

Согласно определению силы тока, заряд, протекший через резистор за время  $t$ , равен  $q = It$ , согласно закону Ома для участка цепи, напряжение на этом участке равно  $U = IR$ , согласно закону Джоуля–Ленца, мощность тока, выделяющаяся на резисторе, равна  $I^2R = \frac{U^2}{R} = IU$ . Верные ответы 3 и 1.

*Ответ:* 31.

19. Ядро магния  ${}^{24}_{12}\text{Mg}$  захватило электрон. Определите число протонов и нейтронов в этом ядре, образовавшемся в результате такой реакции.

Число протонов	Число нейтронов
11	13

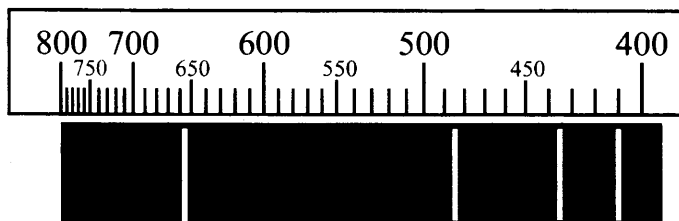
*Решение:*

Запишем описанную в условии ядерную реакцию, используя законы сохранения массового и зарядового числа:  ${}^{24}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^{24}_{11}\text{X}$ .

Получившееся ядро содержит 11 протонов и  $24 - 11 = 13$  нейтронов.

*Ответ:* 1113.

20. На рисунке представлен фрагмент спектра излучения атомарных паров водорода. Цифры на числовой оси — длины волн в нанометрах. Чему равна минимальная энергия фотонов на данном участке спектра?



*Решение:*

Энергия фотонов равна  $E = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$ , где  $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $\lambda$  — длина волны. Энергия фотона минимальна для максимальной длины волны из рассматриваемого участка — 660 нм.

$$E = 6,6 \cdot 10^{-34} \frac{3 \cdot 10^8}{660 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

*Ответ:*  $3 \cdot 10^{-19}$  Дж.

21. В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона следующие характеристики ядра: заряд ядра и число нуклонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

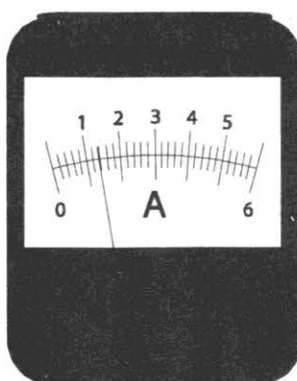
*Решение:*

Запишем описанную в условии ядерную реакцию, используя законы сохранения массового и зарядового числа:  ${}^A_ZX + {}^1_0n \rightarrow {}^{A+1}_ZY$ . Получившееся ядро  $Y$  имеет такой же заряд, что и ядро  $X$ , значит, количество протонов не изменилось. Массовое число увеличилось, количество нуклонов в ядре увеличилось.

*Ответ: 31.*

22. С помощью амперметра проводились измерения силы тока на участке цепи. Шкала амперметра проградуирована в А. Погрешность измерений силы тока равна половине цены деления шкалы амперметра.

Запишите в ответ величину силы тока в цепи с учетом погрешности измерений.



*Решение:*

Цена деления амперметра равна 0,2 А. Его показания равны  $(1,4 \pm 0,1)$  А.

*Ответ: 1,40,1.*

23. Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить ускорение тела, соскальзывающего с наклонной плоскости. Для этого школьник взял брусок и наклонную плоскость. Какие два предмета из приведенного ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) динамометр
- 2) пружина
- 3) секундомер
- 4) линейка
- 5) весы

В ответ запишите номера выбранных предметов.

*Решение:*

Согласно законам кинематики для определения ускорения тела, движущегося из состояния покоя, надо знать расстояние, которое оно прошло, и время движения  $a = \frac{2S}{t^2}$ . Для

определения этих величин нужны линейка и секундомер.

*Ответ: 34 (или 43).*

24. Рассмотрите таблицу, содержащую некоторые характеристики планет Солнечной системы. Размеры и параметры орбит даны в сравнении с планетой Земля.

Имя	Диаметр	Масса	Орбитальный радиус (а.е.)	Период обращения (земных лет)	Период вращения (земных суток)
Меркурий	0,38	0,06	0,39	0,24	58,6
Венера	0,95	0,82	0,72	0,62	243
Земля	1	1	1	1	1
Марс	0,53	0,11	1,5	1/9	1
Юпитер	11,2	318	5,2	11,9	0,41
Сатурн	9,5	95,2	9,5	29,5	0,43
Уран	4	14,6	19,2	84	0,72
Нептун	3,9	17,2	30,1	165	0,67

Выберите *все* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Средняя плотность Венеры меньше средней плотности Земли.
- 2) Центростремительное ускорение Юпитера при его вращении вокруг Солнца больше центростремительного ускорения Марса.
- 3) Первая космическая скорость для Нептуна меньше, чем для Урана.
- 4) Ускорение свободного падения на Меркурии составляет примерно  $4 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Сила притяжения Сатурна к Солнцу больше, чем у Юпитера.

Решение:

1) Средняя плотность равна  $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi r^3}$ . Отношение средних плотностей Венеры и Земли равно  $\frac{\rho_V}{\rho_Z} = \frac{M_V}{r_V^3} \cdot \frac{r_Z^3}{M_Z} = \frac{M_V}{M_Z} \cdot \frac{r_Z^3}{r_V^3} = \frac{0,82}{1} \cdot \frac{1^3}{0,95^3} \approx 0,956$ .

Следовательно, плотность Венеры меньше. Утверждение верное.

2) Центростремительное ускорение определяется из закона всемирного тяготения:

$M a_n = G \frac{M M_c}{R^2}$ , где  $M_c$  — масса Солнца. Отношение центростремительного ускорения

Юпитера к центростремительному ускорению Марса равно:  $\frac{a_{нЮ}}{a_{нМ}} = \frac{R_M^2}{R_{Ю}^2} = \frac{1,5^2}{5,2^2} \approx 0,083$ .

Таким образом, ускорение Юпитера меньше. Утверждение неверное.

3) Первая космическая скорость равна  $v = \sqrt{G \frac{M}{r}}$ . Сравнивая скорости для Нептуна и

Урана, получим:  $\frac{v_N}{v_Y} = \sqrt{\frac{M_N}{r_N}} \cdot \sqrt{\frac{r_Y}{M_Y}} = \sqrt{\frac{17,2 \cdot 4}{14,6 \cdot 3,9}} \approx 1,1$ . Первая космическая скорость для

Нептуна чуть больше, чем для Урана. Утверждение неверное.

4) Ускорение свободного падения равно  $g = G \frac{M}{r^2}$ . Тогда ускорение свободного падения

на Меркурии определяется как:

$g_M = g_Z \cdot \frac{M_M}{r_M^2} \cdot \frac{r_Z^2}{M_Z} = g_Z \cdot \frac{M_M}{M_Z} \cdot \frac{r_Z^2}{r_M^2} = 10 \cdot \frac{0,06}{0,38^2} \approx 4,16 \text{ м/с}^2 \approx 4 \text{ м/с}^2$ . Утверждение верное.

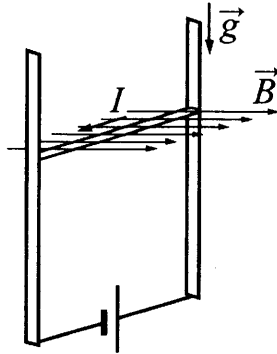
5) Сила притяжения планеты к Солнцу определяется, согласно закону всемирного тяготения,

как  $F = G \frac{M_c M}{R^2}$ . Тогда  $\frac{F_c}{F_{Ю}} = \frac{M_c}{R_c^2} \cdot \frac{R_{Ю}^2}{M_{Ю}} = \frac{M_c}{M_{Ю}} \cdot \frac{R_{Ю}^2}{R_c^2} = \frac{95,2 \cdot (11,2)^2}{318 \cdot (9,5)^2} \approx 0,42$ . Это означа-

ет, что сила притяжения Сатурна к Солнцу меньше, чем у Юпитера. Утверждение неверное.

Ответ: 14.

25. В однородном магнитном поле по вертикальным направляющим без трения скользит прямой горизонтальный проводник массой 0,2 кг, по которому течет ток 2 А. Вектор магнитной индукции направлен горизонтально перпендикулярно проводнику (см. рисунок),  $B = 2$  Тл. Чему равна длина проводника, если известно, что ускорение проводника направлено вниз и равно  $2 \text{ м/с}^2$ ?



*Решение:*

На проводник с током действуют сила тяжести, направленная вниз, и сила Ампера, направленная вверх и равная  $F_A = IBl$ .

Уравнение движения проводника имеет следующий вид:

$$ma = mg - F_A = mg - IBl.$$

Отсюда искомая длина проводника равна:  $l = \frac{m(g - a)}{IB} = \frac{0,2 \cdot 8}{2 \cdot 2} = 0,4 \text{ м}.$

*Ответ:* 0,4 м.

26. Предмет расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5$  дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $k = 2$ . Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.

*Решение:*

Увеличение, даваемое тонкой собирающей линзой, равно:

$k = \frac{b}{a}$ , где  $a$  — расстояние от предмета до линзы,  $b$  — расстояние от изображения до линзы.

Согласно формуле тонкой линзы:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = D$ .

Отсюда получим:  $b = \frac{k+1}{D} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ м} = 60 \text{ см}.$

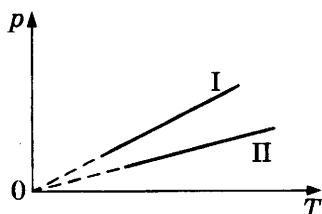
*Ответ:* 60 см.

### Критерии оценивания выполнения заданий с развернутым ответом

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 28 и от 0 до 3 баллов за задания 27 и 29–32.

27. Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объема. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.





Возможное решение

Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.

Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева–Клапейрона:  $p = \frac{\nu RT}{V}$ , где  $\nu$  — число молей газа.

Отсюда следует, что при одинаковых температуре и объеме  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$ .

Как следует из рисунка,  $p_1 > p_2$  (при одинаковых температуре и объеме).

Поэтому  $\nu_1 > \nu_2$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: уравнение Менделеева–Клапейрона, изохорный процесс)	3
<p>Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочет.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачеркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания и приведено объяснение, но в нем не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибку (ошибки).</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

28. Снаряд, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом  $90^\circ$  к первоначальному направлению, а второй — под углом  $60^\circ$ . Какова масса снаряда до разрыва, если второй осколок массой 1 кг имеет скорость 400 м/с? Массой взрывчатого вещества пренебречь.

*Решение:*

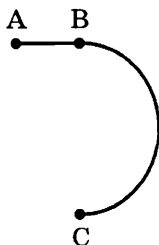
Согласно закону сохранения импульса, импульс двух осколков в проекции на первоначальное направление снаряда должен сохраниться. Следовательно  $mv_0 = m_2v_2 \cos \alpha$ , где  $v_0 = 100$  м/с,  $v_2 = 400$  м/с,  $m_2 = 1$  кг.

Отсюда искомая масса снаряда равна:  $m = \frac{m_2 v_2 \cos \alpha}{v_0} = \frac{1 \cdot 400}{100 \cdot 2} = 2$  кг.

*Ответ:* 2 кг.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон изменения и сохранения импульса);</p> <p>II) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>III) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но допущена ошибка в ответе или в математических преобразованиях или вычислениях.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

29. Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС — полуокружность.



*Возможное решение*

Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле  $a_1 = \frac{v}{t_1}$ , где  $v$  — скорость в точке В, а  $t_1$  — время движения по прямолинейному участку.

Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле  $a_2 = \frac{v^2}{R}$ , где  $R$  — радиус полуокружности.

С учетом того что  $v = \frac{\pi R}{t_2}$ , получим  $a_2 = \frac{v\pi}{t_2}$ .

Приравнявая выражения для ускорений, получим  $\frac{v}{t_1} = \frac{v\pi}{t_2}$ ,

откуда для искомого отношения имеем  $\frac{t_2}{t_1} = \pi$ .

Ответ:  $\frac{t_2}{t_1} = \pi$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом;</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачеркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

30. Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объем каждого сосуда  $V = 1 \text{ м}^3$ . В первом сосуде находится  $\nu_1 = 1$  моль гелия при температуре  $T_1 = 400 \text{ К}$ ; во втором —  $\nu_2 = 3$  моль аргона при температуре  $T_2$ . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах  $p = 5,4 \text{ кПа}$ . Определите первоначальную температуру аргона  $T_2$ .

*Возможное решение*

Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2} \nu_1 RT_1 + \frac{3}{2} \nu_2 RT_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT,$$

где  $T$  — температура в объединенном сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

В соответствии с уравнением Менделеева—Клапейрона для конечного состояния можно записать:

$$p(2V) = (\nu_1 + \nu_2) RT.$$

Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру  $T$ , получаем искомое выражение для начальной температуры аргона:

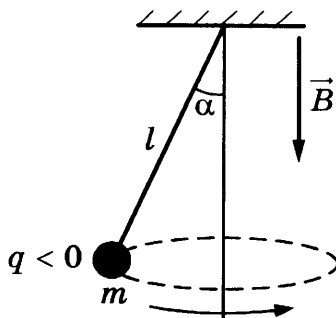
$$T_2 = \frac{2Vp}{\nu_2 R} - \frac{\nu_1}{\nu_2} T_1 = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5,4 \cdot 10^3}{3 \cdot 8,31} - \frac{1}{3} \cdot 400 \approx 300 \text{ К}.$$

*Ответ:*  $T_2 \approx 300 \text{ К}$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: первый закон термодинамики, уравнение Менделеева—Клапейрона, выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин ( <i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i> ); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	3

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачеркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	<b>2</b>
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	<b>1</b>
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	<b>0</b>
<i>Максимальный балл</i>	<b>3</b>

31. В однородном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$ , направленной вертикально вниз, равномерно вращается по окружности в горизонтальной плоскости против часовой стрелки отрицательно заряженный шарик массой  $m$ , подвешенный на нити длиной  $l$  (конический маятник). Угол отклонения нити от вертикали равен  $\alpha$ , скорость вращения шарика равна  $v$ . Найдите заряд шарика  $q$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шарик.



*Возможное решение*

На шарик действуют три силы: сила тяжести, сила натяжения нити и сила Лоренца (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси координат инерциальной системы отсчета, связанной с Землей:

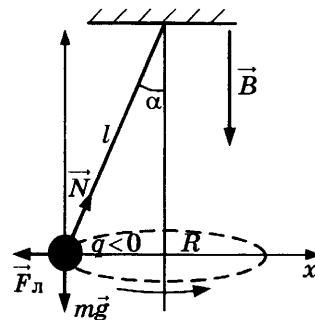
$$\begin{cases} N \sin \alpha - qvB = \frac{mv^2}{R}; \\ N \cos \alpha - mg = 0. \end{cases}$$

Выражая  $N$ , получим:  $mg \cdot \operatorname{tg} \alpha = \frac{mv^2}{R} + qvB$ .

Так как  $R = l \sin \alpha$ , получим ответ:

$$q = \frac{m}{B} \left( \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha - \frac{v}{l \sin \alpha} \right).$$

$$\text{Ответ: } q = \frac{m}{B} \left( \frac{g}{v} \operatorname{tg} \alpha - \frac{v}{l \sin \alpha} \right).$$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: второй закон Ньютона, выражение силы тяжести, силы Лоренца, верно определено направление силы Лоренца);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием всех сил, действующих на шарик;</p> <p>III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачеркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32. Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается монохроматическим светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $4 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 10 мм. Какова частота  $\nu$  падающего света?

*Возможное решение*

Электрон в магнитном поле движется по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$  и центростремительным ускорением  $a = \frac{v^2}{R}$ .

Ускорение вызывается силой Лоренца ( $F = evB$ ) в соответствии со вторым законом Ньютона:  $ma = F$ , или  $m \frac{v^2}{R} = evB \Rightarrow v = \frac{eBR}{m}$ .

Для определения максимальной скорости движения электрона воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ .

Подставляя в это уравнение скорость электрона, получим выражение для частоты света:

$$\nu = \frac{A}{h} + \frac{(eBR)^2}{2mh} = \frac{4,42 \cdot 10^{-19}}{6,6 \cdot 10^{-34}} + \frac{(1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-2})^2}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 10^{15} \text{ Гц.}$$

Ответ:  $\nu \approx 1 \cdot 10^{15}$  Гц.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, выражение для силы Лоренца, формула для центростремительного ускорения); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	3

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объеме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачеркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нем допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3



# ОТВЕТЫ

## Часть 1

Задания	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	-5	-4	250	6	-0,5	8	5	60
2	10	450	0,75	0,15	0,32	319	100	0,25
3	30	20	500	0	0,4	2000	1,6	4
4	1000	0,08	15000	2,5	8	60	0,75	0,2
5	25 или 52	13 или 31	24 или 42	14 или 41	14 или 41	23 или 32	23 или 32	15 или 51
6	33	22	12	21	33	31	32	21
7	23	31	31	41	23	32	34	14
8	4	50	2	600	900	4	18	25
9	90	16	40	2	90	1,2	2	40
10	500	16	3	4,5	180	0,75	120	260
11	25 или 52	35 или 53	24 или 42	25 или 52	13 или 31	45 или 54	23 или 32	15 или 51
12	32	33	31	33	43	31	11	24
13	от наблюда- теля	вниз	вниз	вниз	к наблюда- телю	вниз	вверх	вверх
14	3	160	256	1,75	245	1	30	1,5
15	4	0,001	70	0,9	1,5	4	1	3
16	24 или 42	35 или 53	45 или 54	15 или 51	23 или 32	45 или 54	14 или 41	25 или 52
17	23	13	12	12	33	22	22	23
18	12	13	14	14	42	14	31	12
19	01	2934	1516	3327	24397	11	1113	1113
20	78	1,6	2	3	32	0,3	3	4
21	12	32	32	23	31	23	31	13
22	7483	241	2243	102	1905	261	1,40,1	0,900,01
23	25 или 52	45 или 54	14 или 41	24 или 42	24 или 42	14 или 41	34 или 43	12 или 21
24	15	13	235	13	235	35	14	15
25	1	20	60	3	50	5	0,4	75
26	0,15	0,01	0,4	2,5	4	1	60	5

Задания	Варианты							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	-60	1,5	2	5	10	2,5	0	2,5
2	45	8	2	10	500	22,5	2	1
3	9	60	0,15	40	100	3000	44	1
4	0,75	0,9	40	0,25	4	250	3	8
5	24 или 42	14 или 41	34 или 43	23 или 32	45 или 54	23 или 32	13 или 31	45 или 54
6	21	11	22	12	21	11	12	31
7	12	41	42	13	41	43	13	23
8	200	6	1,5	6	6	120	60	120
9	50	160	200	700	300	50	40	40
10	100	100	80	2	3	2,5	500	3,45
11	25 или 52	15 или 51	34 или 43	24 или 42	15 или 51	14 или 41	25 или 52	24 или 42
12	14	21	22	14	24	32	32	12
13	вниз	вниз	вниз	к наблюда- телю	от наблюда- теля	влево	вправо	вниз
14	3	3	7,5	2	0,75	60	20	3
15	2	60	120	20	20	24	14	0
16	15 или 51	24 или 42	35 или 53	34 или 43	35 или 53	15 или 51	12 или 21	13 или 31
17	13	32	22	11	32	21	12	12
18	43	13	24	21	21	31	24	21
19	56	56	47	86	22	2934	2020	84130
20	50	52	26	38	19	2	0,5	78
21	23	32	31	33	31	14	43	12
22	0,500,01	1502	1501	21	3,00,1	12,00,4	15,00,1	99,40,1
23	15 или 51	45 или 54	25 или 52	13 или 31	14 или 41	12 или 21	14 или 41	13 или 31
24	14	24	23	145	15	245	14	125
25	8,31	0,25	1	1	6	4986	1870	4
26	0	0,6	1	3	9	2	2	400

Задания	Варианты							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1	-5	25	100	-2,5	0	125	100	5
2	1	4	8	8	1	80	80	0,25
3	2	1150	12	10	8	60	25	30000
4	4	1	1,5	330	1,5	10	40	500
5	14 или 41	12 или 21	25 или 52	14 или 41	35 или 53	24 или 42	35 или 53	15 или 51
6	32	23	31	12	11	22	32	23
7	21	32	32	23	24	34	43	24
8	45	0,75	2	200	200	2	6	80
9	50	0	20	200	200	80	20	1,5
10	33	500	30	60	80	0,4	0,6	360
11	13 или 31	35 или 53	45 или 54	24 или 42	15 или 51	25 или 52	14 или 41	24 или 42
12	13	12	22	14	23	24	24	31
13	вверх	вправо	влево	вверх	вниз	от наблюда- теля	к наблюда- телю	от наблюда- теля
14	4	6	7	400	1200	24	36	32
15	2	1,4	1,5	2	10	2	1	4
16	25 или 52	34 или 43	14 или 41	34 или 43	15 или 51	14 или 41	24 или 42	23 или 32
17	13	22	13	11	21	22	12	31
18	23	41	13	24	13	13	24	12
19	1212	3658	4058	127	105	1113	810	2222
20	52	2	4000	7	4	0,2	0,1	1
21	11	13	24	14	14	12	43	12
22	7461	1,60,1	4,30,1	151	251	1,40,1	1,400,05	182
23	24 или 42	25 или 52	13 или 31	35 или 53	45 или 54	35 или 53	34 или 43	14 или 41
24	134	12	135	25	245	12	235	134
25	0,56	540	300	20	27	2	10	60
26	400	1	1	2,5	5	20	90	1

Задания	Варианты							
	25	26	27	28	29	30	31	32
1	4	1	0	-2,5	5	2,5	5	2
2	0,8	0,3	0,2	20	40	2	2	2
3	10000	400	120	0,8	30	7	1,4	4000
4	1,36	60	2	0,6	2,4	10	3	10
5	34 или 43	14 или 41	24 или 42	15 или 51	34 или 43	25 или 52	13 или 31	15 или 51
6	13	11	23	23	13	21	22	11
7	41	21	41	14	43	42	24	41
8	2	4	9	2	0,25	2	4	200
9	1	55	35	1,5	1	4	15	5
10	300	100	100	100	100	75	60	30
11	12 или 21	34 или 43	14 или 41	14 или 41	23 или 32	23 или 32	15 или 51	34 или 43
12	24	32	31	42	34	32	11	31
13	к наблюда- телю	вправо	от наблюда- теля	от наблюда- теля	вверх	вверх	к наблюда- телю	от наблюда- теля
14	81	2	5	3	3	4	18	60
15	0	6	5	4	0,5	2	0,8	4
16	12 или 21	14 или 41	23 или 32	35 или 53	14 или 41	35 или 53	34 или 43	23 или 32
17	32	13	23	32	32	11	22	11
18	13	24	24	23	24	42	41	13
19	2929	1416	22	99154	01	98146	1713	88136
20	1	4	1,5	0,5	3	6	24	20
21	31	43	13	22	13	13	23	14
22	222	0,500,05	3,20,2	231	161	4,00,5	0,800,05	1,200,01
23	15 или 51	14 или 41	15 или 51	13 или 31	35 или 53	24 или 42	13 или 31	12 или 21
24	35	23	13	24	15	234	24	235
25	40	1,5	60	270	110	7200	6	800
26	18	400	400	1000	$24 \cdot 10^{-24}$	$2 \cdot 10^{-11}$	0,5	20

## Решение заданий части 2

### Возможные решения

#### Вариант 1

27. Индукционный ток в кольце вызван ЭДС индукции, возникающей при пересечении проводником линий магнитного поля.

По закону индукции Фарадея  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ . ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока  $\Phi$ , т.е. количеству линий, пересекаемых кольцом в секунду. Она тем выше, чем больше скорость движения магнита.

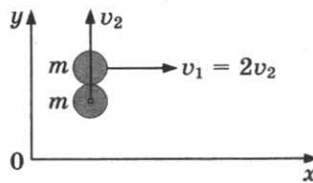
Сила тока  $I$ , в соответствии с законом Ома для замкнутой цепи, пропорциональна ЭДС индукции  $\mathcal{E}$ :  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ .

В момент времени  $t_1$  к кольцу приближается магнит, и магнитный поток увеличивается. В момент  $t_2$  магнит удаляется, и магнитный поток уменьшается. Следовательно, ток имеет различные направления.

28. По закону сохранения импульса

$$OX: mv_1 = 2mv_x$$

$$OY: mv_2 = 2mv_y$$



Откуда  $v_x = \frac{v_1}{2} = v_2$ ,

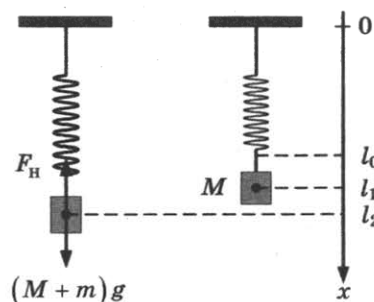
$$v_y = \frac{v_2}{2}$$

$$v^2 = v_x^2 + v_y^2 = v_2^2 + \frac{v_2^2}{4} = \frac{5}{4}v_2^2,$$

$$v_1 = 2v_2 = 2 \cdot v \sqrt{\frac{4}{5}} = \frac{4v}{\sqrt{5}} = \frac{4 \cdot 1,5}{\sqrt{5}} \approx 2,7 \text{ м/с.}$$

Ответ: 2,7 м/с.

29. На систему тел «груз + пружина» действует внешняя сила — сила тяжести, работа которой определяет изменение потенциальной энергии груза в поле силы тяжести. Силы трения в системе отсутствуют, следовательно, их работа равна нулю, и полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Нулевое значение потенциальной энергии в поле тяжести выбираем в начальном состоянии системы, нулевое значение потенциальной энергии деформации пружины — в положении нерастянутой пружины.



В начальном состоянии и на максимальной высоте кинетическая энергия системы «пружина + оставшаяся часть груза» равна нулю. Тогда в соответствии с законом сохранения механической энергии

$$\frac{k(l_2 - l_0)^2}{2} = \frac{k(l_1 - l_0)^2}{2} + Mg(l_2 - l_1),$$

где  $M$  — масса оставшейся части груза,  $l_0$  — длина пружины в нерастянутом состоянии,  $l_2$  — длина пружины в исходном состоянии,  $l_1$  — длина пружины в состоянии максимального подъема оставшейся части груза.

В исходном состоянии груз находится в равновесии:  $(M + m)g = k(l_2 - l_0)$ .

С учетом того, что  $l_2 - l_1 = h$  и  $l_1 - l_0 = (l_2 - l_0) - h$ , получим

$$m = \frac{hk}{2g} = \frac{0,03 \cdot 400}{2 \cdot 10} = 0,6 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = \frac{hk}{2g} = 0,6 \text{ кг.}$

30. Определим конечное состояние смеси лед — вода, для чего сравним количество теплоты  $Q_1$ , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты  $Q_2$ , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1) = 2100 \cdot 1 \cdot (0 - (-20)) = 42\,000 \text{ Дж;}$$

$$Q_2 = c_2 m_2 t_2 = 4200 \cdot 0,2 \cdot 10 = 8400 \text{ Дж.}$$

$Q_1 > Q_2$ , следовательно, вода остынет до  $0^\circ\text{C}$  и начнет кристаллизоваться.

Для того чтобы полностью превратиться в лед, воде при  $0^\circ\text{C}$  необходимо отдать количество теплоты

$$Q_3 = \lambda m_2 = 330\,000 \cdot 0,2 = 66\,000 \text{ Дж.}$$

Так как  $Q_1 < Q_2 + Q_3$ ,  $42\,000 \text{ Дж} < 8400 \text{ Дж} + 66\,000 \text{ Дж} = 74\,400 \text{ Дж}$ , можно сделать вывод, что только часть воды массой  $m_3$  превратится в лед и в сосуде установится конечная температура  $t_k = 0^\circ\text{C}$ .

Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_1 m_1 (0 - t_1) + c_2 m_2 (0 - t_2) - \lambda m_3 = 0.$$

Таким образом, масса кристаллизовавшейся воды:

$$m_3 = -\frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{\lambda} = -\frac{2100 \cdot 1 \cdot (-20) + 4200 \cdot 0,2 \cdot 10}{330\,000} \approx 0,1 \text{ кг.}$$

В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться  $M = m_1 + m_3 \approx 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг}$  льда.

Ответ:  $M = m_1 + m_3 \approx 1,1 \text{ кг.}$

31. Пусть  $R_A$  — сопротивление амперметра;  $R_V$  — сопротивление вольтметра;  $\mathcal{E}$  — ЭДС источника.

В схеме 1 сопротивление внешней цепи равно  $R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}$ , внутреннее сопротивление источника равно нулю, поэтому показание амперметра

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}.$$

Показание вольтметра:

$$U_1 = I_1 \cdot \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{\mathcal{E}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}} \cdot \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}.$$

В схеме 2 напряжение на вольтметре равно  $\mathcal{E}$ , так как внутреннее сопротивление источника равно нулю.

Поэтому  $U_2 = \mathcal{E}$  и  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}.$

Отсюда:

$$U_1 = U_2 \cdot \frac{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}} = U_2 \cdot \frac{9}{\frac{1}{10} + \frac{9}{10}} = \frac{9}{10} U_2.$$

Ответ:  $U_1 = 0,9 \cdot U_2.$

32. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта  $h\nu = h \frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$ , где  $h$  — постоянная Планка,  $c$  — скорость света в вакууме,  $E_{\text{кин}}$  — максимальная кинетическая энергия электронов.

$$E_{\text{кин}} = \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2} = \frac{p_{\text{max}}^2}{2m_e}, \text{ где } m_e \text{ — масса электрона, } v_{\text{max}} \text{ — его максимальная скорость.}$$

Объединяя оба уравнения, получим:

$$p_{\text{max}} = \sqrt{2m_e \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \left( \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{531 \cdot 10^{-9}} - 1,73 \cdot 10^{-19} \right)} \approx 6 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Ответ:  $p_{\text{max}} = \sqrt{2m_e \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)} \approx 6 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$

## Вариант 2

27. При изменении света с желтого на зеленый его длина волны уменьшится, частота увеличится ( $\nu_3 > \nu_{ж}$ ). Работа выхода электронов из материала не зависит от частоты падающего света, поэтому в соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{max}}$  — увеличится максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов  $E_{\text{max}}$ . Так как  $E_{\text{max}} = e|U_3|$ , то увеличится и модуль запирающего напряжения  $U_3$ . Мощность поглощенного света связана с частотой волны  $\nu$  соотношением  $P = N_{\phi} E_{\phi} = N_{\phi} h\nu$ , где  $N_{\phi}$  — число фотонов, падающих на катод за 1 с,  $E_{\phi} = h\nu$  — энергия одного фотона (соотношение Планка). Так как мощность света не изменилась, а энергия фотонов  $E_{\phi}$  увеличилась, то уменьшится число фотонов, падающих на катод за 1 с. Сила тока насыщения  $I_{\text{нас}}$  определяется числом выбитых светом за 1 с электронов  $N_e$ , которое пропорционально числу падающих на катод за 1 с фотонов, поэтому сила тока насыщения уменьшится.

28.  $S = v_0 t - \frac{at^2}{2}$

$v = \frac{v_0}{3} = v_0 - at$ , где  $a$  — модуль ускорения тела,  $v_0$  — его начальная скорость.

Откуда  $v_0 = \frac{3S}{2t} = \frac{3 \cdot 20}{2 \cdot 2} = 15$  м/с.

Ответ: 15 м/с.

29. Период обращения спутника по низкой круговой орбите равен  $T = \frac{2\pi R}{v}$ , где  $R$  — радиус планеты,  $v$  — скорость движения спутника (первая космическая скорость).

Тогда:  $\frac{T_{\text{п}}}{T_3} = \frac{\frac{2\pi R_{\text{п}}}{v_{\text{п}}}}{\frac{2\pi R_3}{v_3}} = \frac{R_{\text{п}} v_3}{R_3 v_{\text{п}}}$ .

Спутники движутся по окружностям под действием силы тяготения:

$G \frac{M_{\text{п}} \cdot m}{R_{\text{п}}^2} = m \frac{v_{\text{п}}^2}{R_{\text{п}}}$  и  $G \frac{M_3 \cdot m}{R_3^2} = m \frac{v_3^2}{R_3}$ , где  $M_{\text{п}}$ ,  $M_3$  и  $m$  — соответственно массы Плутона, Земли и спутника.

Отсюда  $R_{\text{п}} = \frac{GM_{\text{п}}}{v_{\text{п}}^2}$  и  $R_3 = \frac{GM_3}{v_3^2}$ .

Массы планет  $M_{\text{п}} = \rho \cdot V_{\text{п}}$  и  $M_3 = \rho \cdot V_3$ . При этом  $V \sim R^3$ .

Следовательно,  $\frac{v_{\text{п}}}{v_3} = \sqrt{\frac{\rho_{\text{п}} R_{\text{п}}^2}{\rho_3 R_3^2}}$ .

Поскольку плотности равны,  $\frac{v_{\text{п}}}{v_3} = \frac{R_{\text{п}}}{R_3} = 2 \Rightarrow \frac{T_{\text{п}}}{T_3} = 1$ .

Ответ:  $\frac{T_{\text{п}}}{T_3} = 1$ .

30. Шар поднимет груз при условии равенства силы тяжести и силы Архимеда:  $(M + m)g + m_{\text{ш}}g = \rho Vg$ , где  $M$  и  $m$  — соответственно масса оболочки шара и масса груза,  $m_{\text{ш}}$  — масса нагретого воздуха в шаре,  $\rho$  — плотность окружающего воздуха.

Откуда получим:

$M + m = m_0 - m_{\text{ш}}$ .

(1)

При нагревании воздуха в шаре его давление  $p$  и объем  $V$  не меняются. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева;

$pV = \frac{m_{\text{ш}}}{\mu} RT_{\text{ш}} = \frac{m_0}{\mu} RT_0$ , где  $\mu$  — молярная масса воздуха,  $T_{\text{ш}}$  и  $T_0$  — температуры воздуха соответственно

внутри и вне шара,  $m_0 = \rho V$  — начальная масса воздуха в шаре. Отсюда:  $m_{\text{ш}} = \rho V \frac{T_0}{T_{\text{ш}}}$ .

Подставляем полученные выражения в (1):  $M + m = \rho V \left( 1 - \frac{T_0}{T_{\text{ш}}} \right)$ .

Следовательно,  $\left( 1 - \frac{T_0}{T_{\text{ш}}} \right) = \frac{M + m}{\rho V}$ .

Окончательно получим:  $T_o = T_{ш} \left( 1 - \frac{M+m}{\rho V} \right) = 350 \cdot 0,8 = 280 \text{ К} = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ответ:  $T_o = T_{ш} \left( 1 - \frac{M+m}{\rho V} \right) = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

31. Первоначальный заряд конденсатора  $C_1$  равен  $q = C_1 U$ .

В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе  $R$  становится равным нулю. Поэтому их можно считать соединенными параллельно.

Тогда их общая емкость  $C_0 = C_1 + C_2$ .

По закону сохранения заряда суммарный заряд конденсаторов будет равен  $C_1 U$ .

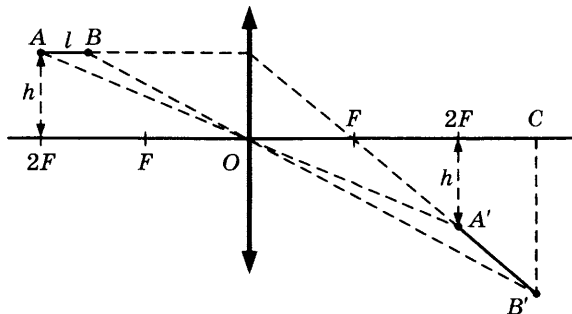
По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном состояниях:

$$Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \frac{(C_1 U)^2}{2(C_1 + C_2)}.$$

Откуда получим:  $Q = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})} = 0,03 \text{ Дж}$ .

Ответ:  $Q = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = 30 \text{ мДж}$ .

32. Построение изображения  $A'B'$  предмета  $AB$  в линзе показано на рисунке.



Так как точка  $A$  находится на расстоянии  $2F$  от линзы, то ее изображение  $A'$  также находится на расстоянии  $2F$  от линзы, и расстояние от точки  $A'$  до главной оптической оси равно  $h$ .

Длина изображения  $A'B'$   $L = \sqrt{(OC - 2F)^2 + (B'C - h)^2}$ .

Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC}$  получим:  $OC = \frac{F(2F - l)}{F - l} = 60 \text{ см}$ .

$\frac{B'C}{h} = \frac{OC}{2F - l}$ , откуда:  $B'C = h \frac{OC}{2F - l} = 30 \text{ см}$ .

Окончательно получим:  $L = \sqrt{20^2 + 15^2} = \sqrt{625} = 25 \text{ см}$ .

Ответ:  $L = 25 \text{ см}$ .

### Вариант 3

27. Заряд  $Q$ , сообщенный пластине, соединенной со стержнем электрометра, распределяется так, что их потенциалы оказываются одинаковыми. При этом практически весь заряд  $Q$  оказывается на пластине.

На заземленном корпусе электрометра и второй пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен  $Q$  по модулю.

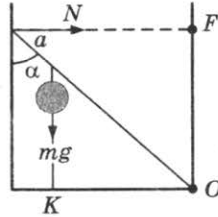
Разность потенциалов между пластинами  $U = \frac{Q}{C}$ .

Внесение пластины из диэлектрика увеличивает емкость конденсатора, так как  $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ .

Суммарный заряд стержня электрометра и соединенной с ним пластины не изменяется, так как эта система тел электроизолирована. При этом заряд пластины остается практически равным  $Q$ . Поэтому разность потенциалов между пластинами после внесения диэлектрика уменьшается:  $U = \frac{Q}{C'}$ , что приведет к уменьшению угла отклонения стрелки.

Ответ: угол отклонения стрелки уменьшится.

28. Запишем правило моментов относительно оси, проходящей через точку  $O$  перпендикулярно плоскости рисунка:  
 $mg \cdot OK = N \cdot OF$ ,  
 $OK = (l - a) \sin \alpha$ ,  
 $OF = l \cos \alpha$ .



Тогда  $N = mg \left( \frac{l-a}{l} \right) \operatorname{tg} \alpha = 2 \cdot 10 \frac{1-0,25}{0,25} \cdot 1 = 15 \text{ Н}$ .

Ответ: 15 Н.

29. Расстояние между городами, исходя из данных для перелета в первом случае (см. рисунок I):  $s = (v_{\text{св}} + v_{\text{в}}) t_1$ , где  $v_{\text{св}}$  — скорость самолета относительно воздуха.



Закон сложения скоростей в векторном виде для перелета во время бокового ветра:  $\vec{v}_c = \vec{v}_{\text{св}} + \vec{v}_v$ , где  $\vec{v}_c$  и  $\vec{v}_v$  — соответственно скорость самолета относительно Земли и скорость ветра. Выражение для скорости самолета относительно Земли во втором случае имеет вид:  $v_c = \sqrt{v_{\text{св}}^2 - v_v^2}$  (см. рисунок II).

Расстояние между городами во втором случае  $s = v_c t_2 = \sqrt{v_{\text{св}}^2 - v_v^2} \cdot t_2$ .

Следовательно,  $\sqrt{v_{\text{св}}^2 - v_v^2} \cdot t_2 = (v_{\text{св}} + v_v) t_1$ .

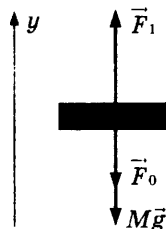
Возводя это уравнение в квадрат, получим квадратное уравнение относительно  $v_v$ :

$$v_{\text{св}}^2 (t_2^2 - t_1^2) - 2v_{\text{св}} \cdot v_v t_1^2 - v_v^2 (t_2^2 + t_1^2) = 0.$$

Выбираем его положительный корень:  $v_v = v_{\text{св}} \frac{t_2^2 - t_1^2}{t_2^2 + t_1^2} = 72 \text{ км/ч}$ .

Ответ:  $v_v = v_{\text{св}} \frac{t_2^2 - t_1^2}{t_2^2 + t_1^2} = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}$ .

30. Систему отсчета, связанную с Землей, будем считать инерциальной. В процессе медленного подъема поршня его ускорение считаем ничтожно малым. Поэтому сумма приложенных к поршню сил при его движении равна нулю. В проекциях на вертикальную ось  $y$  получаем:  $F_1 - F_0 - Mg = 0$ , или  $p_1 S - p_0 S - Mg = 0$ .



Отсюда получаем давление газа  $p_1$  под движущимся поршнем:  $p_1 = p_0 + \frac{Mg}{S}$ .

Используем модель одноатомного идеального газа:  $\begin{cases} pV = \nu RT, \\ U = \frac{3}{2} \nu RT. \end{cases}$

Отсюда получаем:  $U = \frac{3}{2} pV$ .

Внутренняя энергия газа в исходном состоянии  $U_0 = \frac{3}{2} p_0 S h$ , а в конечном состоянии

$$U_1 = \frac{3}{2} p_1 S H = \frac{3}{2} (p_0 S + Mg) H.$$

Процесс движения поршня идет при постоянном давлении газа  $p_1$ . Поэтому из первого начала термодинамики получаем:

$$Q = U_1 - U_0 + p_1 \Delta V = U_1 - U_0 + p_1 S (H - h).$$

Подставляя сюда выражения для  $p_1$ ,  $U_0$  и  $U_1$ , получим:

$$Q = \frac{3}{2} (p_0 S + Mg) H - \frac{3}{2} p_0 S h + (p_0 S + Mg) (H - h) = \frac{3}{2} Mgh + \frac{5}{2} (Mg + p_0 S) \cdot (H - h).$$

$$\text{Ответ: } Q = \frac{3}{2} Mgh + \frac{5}{2} (Mg + p_0 S) \cdot (H - h).$$

31. Количество теплоты согласно закону Джоуля–Ленца:

$$Q = I^2 R t. \quad (1)$$

Это количество теплоты затрачивается на нагревание проводника:

$$Q = c m \Delta T, \quad (2)$$

$c$  — удельная теплоемкость алюминия;  $S$  — площадь поперечного сечения;  $l$  — длина проводника,  $m$  — масса проводника, равная

$$m = \rho l S. \quad (3)$$

$$\text{Сопrotивление проводника } R = \frac{\rho_{\text{вд}} l}{S}. \quad (4)$$

$$\text{Из (1)–(4) получаем: } I = \sqrt{\frac{\Delta T c \rho S^2}{\rho_{\text{вд}} t}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 900 \cdot 2700 \cdot 4 \cdot 10^{-12}}{2,5 \cdot 10^{-8} \cdot 15}} \approx 16 \text{ А.}$$

$$\text{Ответ: } I = \sqrt{\frac{\Delta T c \rho S^2}{\rho_{\text{вд}} t}} \approx 16 \text{ А.}$$

32. Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте и энергии фотона.

$$\text{Т. е. } \lambda_0 = \lambda_{41}, \text{ и } \nu_{14} = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,5 \cdot 10^{-7}} = 1,2 \cdot 10^{15} \text{ (Гц).}$$

$$\text{Имеем: } \nu_{42} = \frac{c}{\lambda_{42}} = \frac{3 \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} = 0,75 \cdot 10^{15} \text{ (Гц);}$$

$$\nu_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,45 \cdot 10^{-7}} \approx 0,55 \cdot 10^{15} \text{ (Гц).}$$

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней. Поэтому

$$\nu_{13} = \nu_{14} - \nu_{24} + \nu_{32} = 1 \cdot 10^{15} \text{ Гц, } \lambda_{13} = \frac{c}{\nu_{13}} = \frac{3 \cdot 10^8}{10^{15}} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } 3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

#### Вариант 4

27. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

$$28. E_{\text{п}} = \frac{kx^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \sin^2 \left( \frac{2\pi}{T} t \right), \text{ где } k \text{ — жесткость пружины маятника.}$$

$$E_{\text{п max}} = \frac{kA^2}{2}$$

$$\text{Согласно условию } \frac{kA^2}{4} = \frac{kA^2}{2} \sin^2 \left( \frac{2\pi}{T} t_1 \right).$$

$$\text{Откуда } \sin^2 \left( \frac{2\pi}{T} t_1 \right) = \frac{1}{2}.$$

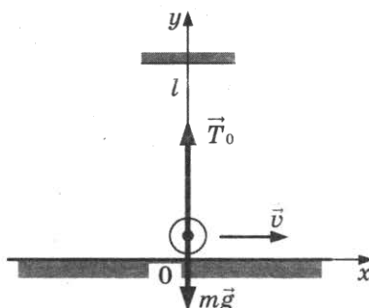


$$\frac{2\pi}{T} t_1 = \frac{\pi}{4} \Rightarrow t_1 = \frac{T}{8} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ с.}$$

Ответ: 0,125 с.

29. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом  $l$  со скоростью  $\vec{v}$ . В этот момент действующие на шарик сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила натяжения нити  $\vec{T}_0$  направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  инерциальной системы отсчета  $Oxy$ , связанной с Землей:

$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$



При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью  $\vec{v}$ , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + брусок». В проекциях на ось  $Ox$  получаем:  $mv = (M + m)u$ , где  $u$  — проекция скорости бруска с шариком после удара на эту ось.

$$\text{Отсюда: } u = \frac{m}{M + m} v = \frac{m}{M + m} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l} = \frac{0,3}{1,5 + 0,3} \sqrt{\left(\frac{6}{0,3} - 10\right) \cdot 0,9} = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $u = 0,5$  м/с.

30. Запишем уравнение Клапейрона–Менделеева для водорода и гелия в смеси:

$$p_{\text{H}_2} V = \frac{m_{\text{H}_2}}{\mu_{\text{H}_2}} RT; \tag{1}$$

$$p_{\text{He}} V = \frac{m_{\text{He}}}{\mu_{\text{He}}} RT. \tag{2}$$

Согласно закону Дальтона давление смеси:

$$p = p_{\text{H}_2} + p_{\text{He}}. \tag{3}$$

Кроме того, масса смеси

$$m = m_{\text{H}_2} + m_{\text{He}}. \tag{4}$$

Решая систему уравнений (1)–(4), получаем:

$$\frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{He}}} = \frac{\frac{pV}{RT} - \frac{m}{\mu_{\text{He}}}}{\frac{m}{\mu_{\text{H}_2}} - \frac{pV}{RT}} = \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2} - \frac{2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 10^{-3}}}{\frac{2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} - \frac{200 \cdot 10^3 \cdot 10^{-2}}{8,31 \cdot 300}} \approx 1,5.$$

Ответ:  $\frac{m_{\text{H}_2}}{m_{\text{He}}} \approx 1,5$ .

31. Сила, действующая на частицу в конденсаторе со стороны поля:  $F_{\text{эл}} = Eq$ .

Второй закон Ньютона:  $F_{\text{эл}} = ma$ , или  $Eq = ma$ .

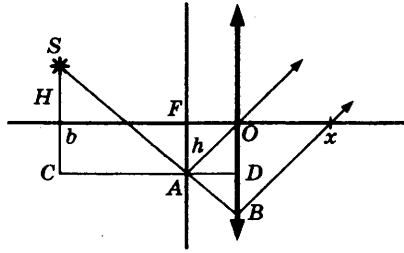
Проекция ускорения тела на вертикальную ось  $Oy$ :  $a = \frac{2s}{t^2} = \frac{d}{t^2}$ , где  $d$  — расстояние между пластинами,  $t$  — время пролета частицы через конденсатор.

Проекция скорости частицы на горизонтальную ось  $Ox$ :  $v = \frac{l}{t}$ , где  $l$  — длина пластин конденсатора.

$$\text{Отсюда } d = \frac{Eq l^2}{mv^2} = \frac{5200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 3,5^2 \cdot 10^{10}} \approx 0,01 \text{ м.}$$

Ответ:  $d \approx 0,01$  м.

32. Проведем луч  $SA$  до пересечения с плоскостью линзы (точка  $B$  на расстоянии  $y = OB$  от центра линзы  $O$ ). Проведем через точку  $A$  отрезок  $CD \parallel OF$ .



Из подобия  $\triangle ACS$  и  $\triangle ABD$  следует:  $\frac{H+h}{b-F} = \frac{y-h}{F}$ ,

откуда:  $y = h + F \frac{H+h}{b-F} = \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{50} = 7,6$  см.

Из точки  $A$  проведем луч  $AO$ , который проходит линзу, не преломляясь. Точка  $A$  является побочным фокусом линзы, поэтому лучи  $AO$  и  $AB$ , пройдя линзу, идут параллельно друг другу.

Из подобия  $\triangle AFO$  и  $\triangle BOx$  следует:  $\frac{h}{F} = \frac{y}{x}$ ,

откуда:  $x = y \frac{F}{h} = \frac{F}{h} \cdot \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{20}{4} \cdot \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{70 - 20} = 38$  см.

Ответ:  $x = 38$  см.

### Вариант 5

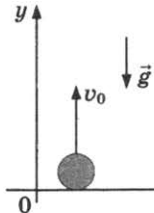
27. Вследствие электризации шарик приобретет тот же заряд, что и пластина, на которой он лежит, — отрицательный.

Отрицательно заряженный шарик будет отталкиваться от нижней и притягиваться к верхней пластине. Согласно второму закону Ньютона шарик приобретет ускорение, направленное вверх. Он поднимется к положительно заряженной пластине и, коснувшись ее, поменяет знак заряда.

В результате он начнет отталкиваться от верхней пластины и притягиваться к нижней: шарик вернется к первой пластине и вновь поменяет знак своего заряда на отрицательный. Такое движение вверх-вниз будет повторяться.

Ответ: шарик начнет двигаться вверх, а затем он будет колебаться между верхней и нижней пластинами.

- 28.



$$y = y_0 + v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

$$s = y - y_0$$

$$y_0 = 0, \text{ тогда } s = v_0 t - \frac{gt^2}{2} = 20 \cdot 3 - \frac{10 \cdot 9}{2} = 15 \text{ м.}$$

Ответ: 15 м.

29. Пусть скорость кубика на высоте  $h$  равна  $v$ , а в нижней точке петли потенциальная энергия кубика равна нулю. Тогда по закону сохранения механической энергии  $mgH = \frac{mv^2}{2} + mgh$ , откуда  $v^2 = 2g(H - h)$ . (1)

Когда кубик находится на высоте  $h$ , на него действуют две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$ . Запишем второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление ( $Ox$  на рисунке):

$$mg \cos \alpha + N = \frac{mv^2}{R}, \quad (2)$$

где  $\frac{v^2}{R} = a_n$  — центростремительное ускорение кубика в этой точке.

По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

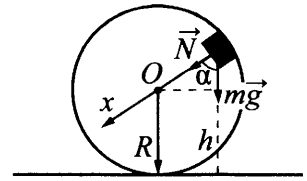
Из рисунка видно, что  $\cos \alpha = \frac{h - R}{R}$ .

Из выражений (2) получим:  $R = \frac{m(gh - v^2)}{mg - F}$ .

Подставив полученное значение  $v^2$  из (1), найдем:

$$R = \frac{mg(3h - 2H)}{mg - F} = \frac{1 \cdot 10 \cdot (3 \cdot 2,5 - 2 \cdot 3)}{1 \cdot 10 - 2,5} = 2,0 \text{ м.}$$

Ответ:  $R = 2,0 \text{ м.}$



30. Коэффициент полезного действия тепловой машины  $\eta = \frac{A_n}{Q^+} = 1 - \frac{|Q^-|}{Q^+}$ , где  $A_n$  — работа, совершенная за цикл;  $Q^+$  — количество теплоты, полученное за цикл рабочим веществом тепловой машины от нагревателя;  $|Q^-|$  — количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.

В рассматриваемом цикле газ получает количество теплоты в изотермическом процессе и отдает в изохорном. В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется, следовательно, в соответствии с первым законом термодинамики количество теплоты, полученное газом, равно работе газа:  $Q^+ = A$ .

Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом, равно изменению его внутренней энергии:  $|Q^-| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|$ .

Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем искомую работу, совершенную газом в изотермическом процессе.

Ответ:  $A = \frac{3\nu R |\Delta T|}{2(1 - \eta)}$ .

31. Резисторы  $R_1$  и  $R_3$ ,  $R_2$  и  $R_4$  соединены друг с другом последовательно, а пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи

$$R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(4 + 6)(6 + 9)}{4 + 6 + 6 + 9} = 6 \text{ Ом.}$$

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{20}{6 + 2} = 2,5 \text{ А.}$$

Напряжение на внешней цепи,  $U = IR_0 = 2,5 \cdot 6 = 15 \text{ В.}$

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи, в частности:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{15}{4 + 6} = 1,5 \text{ А.}$$

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_3$ ,  $N_3 = I_1^2 R_3 = 1,5^2 \cdot 6 = 13,5 \text{ Вт.}$

Ответ:  $N_3 = 13,5 \text{ Вт.}$

32. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха  $p_0$  и гелия  $p_1$ , т. е.  $p = p_0 + p_1$ .

Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0, \text{ где } V - \text{объем контейнера; } T_0 - \text{абсолютная температура в нем; } m_1 \text{ и } \mu_1 - \text{соответственно масса и молярная масса гелия.}$$

К определенному моменту времени  $t$  число атомов гелия  $N_1$  равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:  $N_1 = N_0 - N$  и  $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ , где

$N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$  — начальное число атомов полония;  $m$  и  $\mu$  — соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль);  $N$  — оставшееся к моменту времени  $t$  число атомов полония;  $T$  — период полураспада полония.

Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония:

$$\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}; \text{ следовательно, } \frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_0}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right).$$

В результате математических преобразований (в решении они должны быть представлены) получаем:

$$m = \frac{(p - p_0) V \mu}{RT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)} = \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}}\right)} = \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}}\right)} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 1,2 \text{ г.}$$

Ответ:  $m \approx 1,2 \text{ г.}$

### Вариант 6

27. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится. Пусть масса поршня  $M$ , а площадь его основания  $S$ . Атмосферное давление над поршнем равно  $p_{\text{атм}}$ , первоначальное давление газа в сосуде равно  $p_1$ . Поскольку поршень первоначально находится в равновесии,

$$p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}.$$

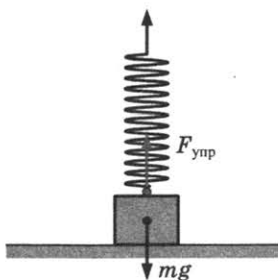
При движении лифта с ускорением  $\vec{a}$ , направленным вниз, поршень сдвинется и займет относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде станет равным  $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g-a)}{S} < p_1$ .

Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счет расширения газа. При этом газ совершает работу  $A > 0$ .

Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счет уменьшения внутренней энергии.

Уменьшение внутренней энергии газа повлечет за собой понижение его температуры  $\left(\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T\right)$ .

28.



В момент отрыва  $N = 0$ , тогда  $F_{\text{упр}} - mg = 0$

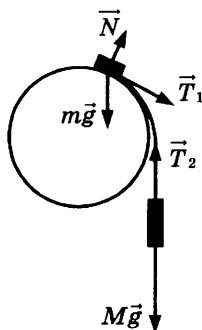
$$F_{\text{упр}} = k\Delta x.$$

Откуда  $k = \frac{mg}{\Delta x}$ .

Тогда  $E_{\text{п}} = \frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{mg \cdot \Delta x}{2} = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 0,02}{2} = 0,04$  Дж.

Ответ: 0,04 Дж.

29. Будем считать систему отсчета, связанную с Землей, инерциальной. На рисунке показан момент, когда груз  $m$  еще скользит по сфере. Из числа сил, действующих на грузы, силы тяжести  $m\vec{g}$  и  $M\vec{g}$  потенциальны, а силы натяжения нити  $\vec{T}_1$  и  $\vec{T}_2$ , а также сила реакции опоры  $\vec{N}$  — непотенциальны. Поскольку нить легкая и трения нет,  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ . Сила  $\vec{T}_1$  направлена по скорости  $\vec{v}_1$  груза  $m$ , а сила  $\vec{T}_2$  — противоположно скорости  $\vec{v}_2$  груза  $M$ . Модули скоростей грузов в один и тот же момент времени одинаковы, поскольку нить нерастяжима. По этим причинам суммарная работа сил  $\vec{T}_1$  и  $\vec{T}_2$  при переходе в данное состояние из начального равна нулю. Работа силы  $\vec{N}$  также равна нулю, так как из-за отсутствия трения  $\vec{N} \perp \vec{v}_1$ .

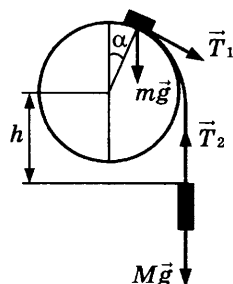


Таким образом, сумма работ всех непотенциальных сил, действующих на грузы  $m$  и  $M$ , равна нулю. Поэтому в инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, механическая энергия системы этих грузов сохраняется.

Найдем модуль скорости груза  $m$  в точке его отрыва от поверхности сферы. Для этого приравняем друг к другу значения механической энергии системы грузов в начальном состоянии и в состоянии, когда груз  $m$  находится в точке отрыва (потенциальную энергию грузов в поле тяжести отсчитываем от уровня центра сферы, в начальном состоянии груз  $M$  находится ниже центра сферы на величину  $h_0$ ):

$$mgR - Mgh_0 = \frac{mv^2}{2} + mgR \cos \alpha + \frac{Mv^2}{2} + Mg(-h), \text{ где } R \text{ — радиус трубы, } h - h_0 = R \frac{\pi}{6}.$$

$$\text{Отсюда } v = \sqrt{\frac{2gR \left[ m(1 - \cos \alpha) + M \frac{\pi}{6} \right]}{m + M}}.$$



Груз  $m$  в точке отрыва еще движется по окружности радиусом  $R$ , но уже не давит на сферу. Поэтому его центростремительное ускорение вызвано только силой тяжести, так как сила  $\vec{T}_1$  направлена по касательной к сфере (см. рисунок):  $m \frac{v^2}{R} = mg \cos \alpha$ .

Подставляя сюда значение  $v$ , получим  $\frac{2}{m + M} \left[ m(1 - \cos \alpha) + M \frac{\pi}{6} \right] = \cos \alpha$ .

$$\text{Отсюда } M = \frac{m(3 \cos \alpha - 2)}{\frac{\pi}{3} - \cos \alpha} = 100 \text{ г} \cdot \frac{3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 2}{\frac{\pi}{3} - \frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 330 \text{ г}.$$

$$\text{Ответ: } M = \frac{m(3 \cos \alpha - 2)}{\frac{\pi}{3} - \cos \alpha} \approx 330 \text{ г}.$$

30. При  $t = 100^\circ \text{C}$  давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению:  $p_0 = 10^5$  Па. При изотермическом сжатии произведение  $pV$  для влажного воздуха под поршнем уменьшилось, так как  $n < k$ . Значит, количество вещества влажного воздуха в сосуде уменьшилось за счет конденсации части водяного пара в воду. При этом водяной пар стал насыщенным.

Пусть  $p_2$  — давление влажного воздуха в сосуде в конечном состоянии,  $p_{1 \text{ сух}}$  — давление сухого воздуха в сосуде в начальном состоянии.

Пользуясь законом Дальтона, запишем выражения для давления влажного воздуха в сосуде в начальном и конечном состояниях:

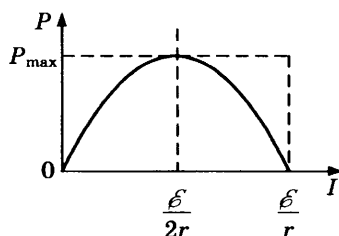
$$\begin{cases} p_1 = p_{1 \text{ сух}} + \varphi p_0, \\ p_2 = n p_1 = k p_{1 \text{ сух}} + p_0. \end{cases}$$

Исключая из этих уравнений величину  $p_{1 \text{ сух}}$ , получим уравнение  $n p_1 = k(p_1 - \varphi p_0) + p_0$ ,

$$\text{откуда: } \varphi = \frac{(k - n) p_1 + p_0}{k p_0} = \frac{(4 - 3) \cdot 1,8 \cdot 10^5 + 10^5}{4 \cdot 10^5} = \frac{2,8}{4} = 0,7.$$

Ответ:  $\varphi = 70\%$ .

31.



Мощность, выделяемая на реостате,  $P = IU = I(\epsilon - Ir)$ .

График  $P(I)$  — парабола ветвями вниз. Корни уравнения  $I(\epsilon - Ir) = 0$ :

$$I_1 = 0; \quad I_2 = \frac{\epsilon}{r}.$$

Поэтому максимум функции  $P(I)$  достигается при  $I = \frac{\mathcal{E}}{2r}$  и равен

$$P_{\max} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r} = 4,5 \text{ Вт. Отсюда: } r = \frac{\mathcal{E}^2}{4P_{\max}} = 2 \text{ Ом.}$$

Ответ:  $r = 2 \text{ Ом.}$

32. Запишем выражение для энергии фотона:  $E_1 = \frac{hc}{\lambda}$ .

Найдем энергию всех фотонов, излучаемых за время  $t$ :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot t, \text{ где } N \text{ — число фотонов, излучаемых за } \tau = 1 \text{ с.}$$

Найдем количество теплоты, которое требуется для плавления льда и нагревания воды:

$$Q = mL + cm\Delta t, \text{ где } L \text{ — удельная теплота плавления льда, } c \text{ — удельная теплоемкость воды.}$$

Используем закон сохранения энергии с учетом коэффициента поглощения  $\eta$ :

$$\eta \cdot \frac{hc}{\lambda} \cdot N \cdot t = mL + cm\Delta t.$$

Отсюда получим ответ:

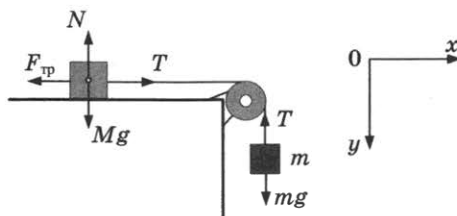
$$N = \frac{m(L + c\Delta t)\lambda\tau}{\eta hct} = \frac{1 \cdot (3,3 \cdot 10^5 + 4200 \cdot 100) \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 1}{0,5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,25 \cdot 10^4} = 2 \cdot 10^{20}.$$

Ответ:  $N = 2 \cdot 10^{20}$ .

### Вариант 8

27. При отодвигании магнита от витка будет уменьшаться магнитный поток поля магнита сквозь виток и в витке возникнет индукционный ток. Согласно правилу Ленца магнитное поле этого тока должно препятствовать движению магнита, поэтому входящие в виток линии индукции этого поля будут сонаправлены с линиями индукции поля магнита. Для создания такого поля согласно правилу буравчика индукционный ток в цепи витка должен быть направлен против часовой стрелки, а в цепи ламп — от А к Б. Ток такого направления пропускает только диод на участке цепи лампочки 1, она и будет гореть.

28.



Силы, действующие на брусок и груз, показаны на рисунке.

$$OX: T - F_{\text{тр}} = Ma$$

$$OY: mg - T = ma$$

$$N = Mg$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N$$

Объединяя уравнения получаем:

$$(M + m)a = mg - \mu Mg;$$

$$\text{откуда } \mu = \frac{mg - (M + m)a}{Mg} = \frac{0,2 \cdot 10 - (0,8 + 0,2) \cdot 1,2}{0,8 \cdot 10} = 0,1.$$

Ответ: 0,1.

29. Выберем ось X, сонаправленную со скоростью бруска. По закону сохранения импульса в проекции на ось X:

$$4m v_{\text{бр}} - m v_{\text{пл}} = 5mu, \tag{1}$$

где  $m$  — масса пластилина,  $u$  — скорость слипшихся тел после соударения.

По закону изменения механической энергии при торможении тел:

$$\frac{5mu^2}{2} - \frac{5m(0,7u)^2}{2} = \mu \cdot 5mgL. \tag{2}$$

Объединяя (1) и (2), получим:

$$L = \frac{0,51u^2}{2\mu g} = \frac{0,51}{2\mu g} \left( \frac{4v_{\text{бр}} - v_{\text{пл}}}{5} \right)^2 = 0,15 \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } L = \frac{0,51}{2\mu g} \left( \frac{4v_{\text{бр}} - v_{\text{пл}}}{5} \right)^2 = 0,15 \text{ м.}$$

30. Так как процесс 1–2 — изохорный ( $\frac{T}{p} = \text{const}$ ), то работа на этом участке не совершается:  $A_{12} = 0$ , поэтому

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(3T_0 - T_0) = 3\nu RT_0.$$

Так как процесс 2–3 — изотермический, то изменение внутренней энергии  $\Delta U_{23} = 0$  и  $Q_{23} = A_{23}$ .  
 $A_{123} = A_{12} + A_{23} = A_{23}$ ,  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$ .

Окончательно получим:

$$\frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{Q_{23} + 3\nu RT_0} \approx 0,5.$$

Ответ:  $\frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{Q_{23} + 3\nu RT_0} \approx 0,5.$

31. Конденсатор и резистор соединены параллельно, поэтому напряжения на них одинаковы:

$$U_C = U_R = IR, \quad (1)$$

где  $I$  — сила тока, текущего через резистор.

По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ . (2)

Напряженность поля в плоском конденсаторе равна  $E = \frac{U_C}{d}$ . (3)

Объединяя (1), (2) и (3), получим:

$$\mathcal{E} = Ed \left( \frac{R + r}{R} \right) = 4,8 \text{ В.}$$

Ответ:  $\mathcal{E} = Ed \left( \frac{R + r}{R} \right) = 4,8 \text{ В.}$

32. Импульс электрона после столкновения  $p_1 = \sqrt{2m_e E_1}$ , (1)

где  $E_1 = E_0 + \Delta E$  — энергия электрона после столкновения,  $m_e$  — масса электрона,  $\Delta E$  — дополнительная энергия, приобретенная при столкновении.

Согласно постулатам Бора  $\Delta E = E^{(1)} - E^{(0)}$ . (2)

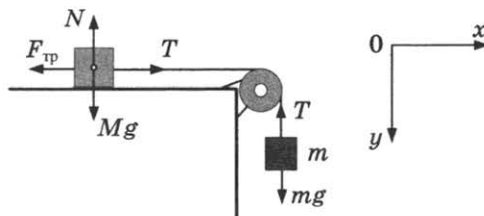
Объединяя (1) и (2), получим:  $E_0 = \frac{p_1^2}{2m_e} - (E^{(1)} - E^{(0)}) = 2,3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$

Ответ:  $E_0 = \frac{p_1^2}{2m_e} - (E^{(1)} - E^{(0)}) = 2,3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$

### Вариант 9

27. При приближении магнита к витку будет увеличиваться магнитный поток поля магнита сквозь виток и в витке возникнет индукционный ток. Согласно правилу Ленца магнитное поле этого тока должно препятствовать движению магнита, поэтому входящие в виток линии индукции этого поля будут направлены противоположно линиям индукции поля магнита. Для создания такого поля согласно правилу буравчика индукционный ток в цепи витка должен быть направлен по часовой стрелке, а в цепи ламп — от Б к А. Ток такого направления пропускает только диод на участке цепи лампочки 2, она и будет гореть.

28.



Силы, действующие на брусок и груз, показаны на рисунке.

$$OX: T - F_{\text{тр}} = Ma;$$

$$OY: mg - T = ma;$$

$$N = Mg;$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N.$$

Объединяя уравнения получаем:

$$(M + m)a = mg - \mu Mg;$$

$$\text{откуда } a = \frac{mg - \mu Mg}{M + m} = \frac{(0,3 - 0,2 \cdot 0,7) \cdot 10}{0,3 + 0,7} = 1,6 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: 1,6 м/с<sup>2</sup>.

29. Выберем ось  $X$ , сонаправленную со скоростью пули. По закону сохранения импульса в проекции на ось  $X$ :

$$mv_0 = m \frac{v_0}{2} + 10mu, \quad (1)$$

где  $m$  — масса пули,  $u$  — скорость бруска после соударения с пулей.

По закону изменения механической энергии при торможении тел:

$$\frac{10mu^2}{2} - \frac{10m(0,8u)^2}{2} = \mu \cdot 10mgL. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получим:  $L = \frac{0,36u^2}{2\mu g} = \frac{0,36}{2\mu g} \left(\frac{v_0}{20}\right)^2 = 4,5 \text{ м.}$

Ответ:  $L = \frac{0,36u^2}{2\mu g} = \frac{0,36}{2\mu g} \left(\frac{v_0}{20}\right)^2 = 4,5 \text{ м.}$

30. Так как процесс 1-2 — изохорный, то работа на этом участке не совершается:  $A_{12} = 0$ , поэтому

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(3T_0 - T_0) = 3\nu RT_0.$$

Так как процесс 2-3 — изотермический, то изменение внутренней энергии  $\Delta U_{23} = 0$  и  $Q_{23} = A_{23}$ .  
 $A_{123} = A_{12} + A_{23} = A_{23}$ ,  $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$ .

Окончательно получим:  $\frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{Q_{23} + 3\nu RT_0} \approx 0,5$ .

Ответ:  $\frac{A_{123}}{Q_{123}} = \frac{Q_{23}}{Q_{23} + 3\nu RT_0} \approx 0,5$ .

31. Конденсатор и резистор соединены параллельно, поэтому напряжения на них одинаковы:

$$U_C = U_R = IR, \quad (1)$$

где  $I$  — сила тока, текущего через резистор.

По закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ . (2)

Напряженность поля в плоском конденсаторе равна  $E = \frac{U_C}{d}$ . (3)

Объединяя (1), (2) и (3), получим:

$$E = \frac{\mathcal{E}R}{d(R + r)} = 4 \text{ кВ/м.}$$

Ответ:  $E = \frac{\mathcal{E}R}{d(R + r)} = 4 \text{ кВ/м.}$

32. Импульс электрона после столкновения  $p_1 = \sqrt{2m_e E_1}$ , (1)

где  $E_1 = E_0 + \Delta E$  — энергия электрона после столкновения,  $m_e$  — масса электрона,  $\Delta E$  — дополнительная энергия, приобретенная при столкновении.

Согласно постулатам Бора  $\Delta E = E^{(1)} - E^{(0)}$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получим:

$$p_1 = \sqrt{2m_e(E_0 + (E^{(1)} - E^{(0)}))} = 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Ответ:  $p_1 = \sqrt{2m_e(E_0 + (E^{(1)} - E^{(0)}))} = 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$

### Вариант 10

27. Все лучи от любой точки предмета, после прохождения данной линзы давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает, построим изображение в линзе предмета АВ, используя лучи, исходящие из точки В (рис. 1).

Кусок картона К перекрывает верхние лучи, но никак не влияет на ход нижних лучей (рис. 2). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, так как часть лучей больше не участвуют в построении изображения.



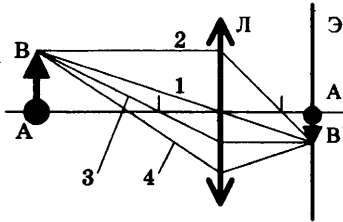


Рис. 1

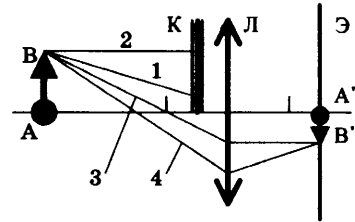
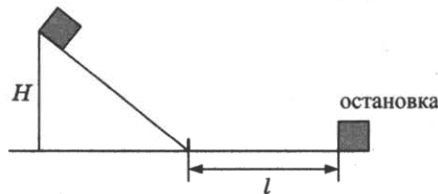


Рис. 2

Ответ: изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится менее ярким.

28.



Согласно закону изменения механической энергии

$$E_2 - E_1 = A_{\text{тр}},$$

где  $E_1$  и  $E_2$  — начальная и конечная механическая энергия мальчика с санями.

$A_{\text{тр}}$  — работа силы трения на горизонтальном участке.

$$E_1 = mgH, E_2 = 0;$$

$$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}l.$$

$$\text{Тогда } mgH = F_{\text{тр}}l$$

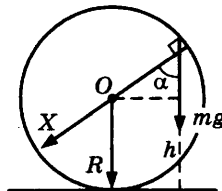
$$m = \frac{F_{\text{тр}} \cdot l}{gH} = \frac{80 \cdot 50}{10 \cdot 10} = 40 \text{ кг.}$$

Ответ: 40 кг.

29. Согласно закону сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh, \quad (1)$$

где  $u$  — скорость шайбы в момент отрыва от кольца на высоте  $h$ .



В точке отрыва сила нормальной реакции опоры равна 0:  $N = 0$ . Центростремительное ускорение шайбы

$a_{\text{цс}} = \frac{u^2}{R}$  найдем из второго закона Ньютона (см. рисунок):

$$ma_{\text{цс}} = mg \cos \alpha. \quad (2)$$

$$\cos \alpha = \frac{h - R}{R}. \quad (3)$$

Объединяя (1), (2) и (3), получим:  $h = \frac{R}{3} + \frac{v^2}{3g} \approx 0,18 \text{ м.}$

Ответ:  $h = \frac{R}{3} + \frac{v^2}{3g} \approx 0,18 \text{ м.}$

30. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{\text{н}}$ :

$$Q_{\text{н}} = Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 2p_0 2V_0 = \frac{3}{2}(2p_0 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = \frac{23}{2} p_0 V_0. \quad (1)$$

$$\text{Работа газа за цикл равна } A_{\text{ц}} = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0 = p_0 V_0. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получим:  $Q_{\text{н}} = \frac{23}{2} A_{\text{ц}} = 57,5 \text{ кДж.}$

Ответ:  $Q_{\text{н}} = \frac{23}{2} A_{\text{ц}} = 57,5 \text{ кДж.}$

31. Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера  $F = IBl$ , где  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — индукционный ток,  $R$  — сопротивление цепи,  $l$  — расстояние между рельсами.

ЭДС индукции  $\mathcal{E} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -B v_{\text{отн}} l$ , где  $v_{\text{отн}}$  — относительная скорость движения проводников.

Поскольку силу Ампера надо уменьшить втрое, ЭДС индукции в контуре надо в три раза уменьшить. Отсюда следует, что скорость правого проводника должна быть равна  $v = \frac{2}{3} V$ .

Ответ:  $v = \frac{2}{3} V$ .

32. Согласно постулатам Бора энергия фотона равна

$$h\nu = E_2 - E_1. \quad (1)$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = h\nu_{\text{кр}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}, \quad (2)$$

где учтено, что  $A_{\text{вых}} = h\nu_{\text{кр}}$ .

Объединяя (1) и (2), получим:

$$v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - h\nu_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v_{\text{max}} = \sqrt{\frac{2}{m_e} [(E_2 - E_1) - h\nu_{\text{кр}}]} \approx 1,65 \cdot 10^6 \text{ м/с.}$

### Вариант 11

27. Все лучи от любой точки предмета, после прохождения данной линзы давая действительное изображение, пересекаются за линзой в одной точке.

Пока картон не мешает, построим изображение предмета АВ, используя лучи, исходящие из точки В (рис. 1).

Кусок картона К перекрывает нижние лучи, но никак не влияет на ход верхних лучей (рис. 2). Благодаря этим и аналогичным им лучам изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится темнее, так как часть лучей больше не участвуют в построении изображения.

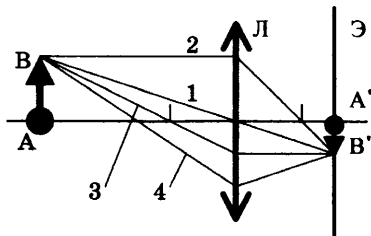


Рис. 1

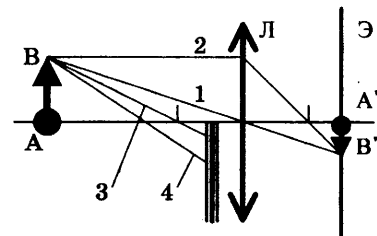
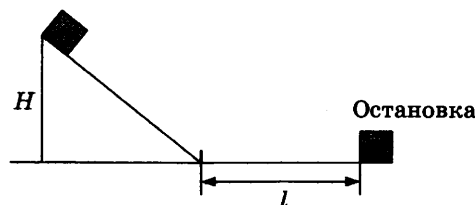


Рис. 2

Ответ: изображение предмета продолжает существовать на прежнем месте, не меняя формы, но становится менее ярким.

- 28.



Согласно закону изменения механической энергии  $E_2 - E_1 = A_{\text{тр}}$ ,

где  $E_1 = mgH$  — начальная механическая энергия мальчика с санями;

$E_2 = 0$  — их конечная механическая энергия;

$A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} l = -\mu mgl$  — работа силы трения на горизонтальном участке.

Тогда  $mgH = \mu mgl$

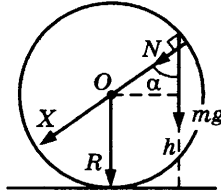
$H = \mu l = 0,2 \cdot 30 = 6 \text{ м.}$

Ответ: 6 м.

29. Согласно закону сохранения энергии:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mgh, \quad (1)$$

где  $u$  — скорость шайбы в момент, когда она находится на высоте  $h$  от нижней точки кольца.



Центростремительное ускорение шайбы  $a_{цс} = \frac{u^2}{R}$  найдем из второго закона Ньютона (см. рисунок):

$$ma_{цс} = mg \cos \alpha + N, \quad (2)$$

где  $N$  — модуль силы нормальной реакции опоры. По третьему закону Ньютона  $N = F$ .

$$\cos \alpha = \frac{h - R}{R}. \quad (3)$$

Объединяя (1), (2) и (3), получим:  $F = \frac{m}{R}(v^2 + g(R - 3h)) \approx 6,3 \text{ Н}$ .

Ответ:  $F = \frac{m}{R}(v^2 + g(R - 3h)) \approx 6,3 \text{ Н}$ .

30. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_n$ :

$$Q_n = Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(vRT_2 - vRT_3) + 2p_0 2V_0 = \frac{3}{2}(2p_0 3V_0 - p_0 V_0) + 4p_0 V_0 = \frac{23}{2}p_0 V_0. \quad (1)$$

$$\text{Работа газа за цикл равна } A_{ц} = \frac{p_0}{2} \cdot 2V_0 = p_0 V_0. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), получим:  $A_{ц} = \frac{2}{23} Q_n = 200 \text{ Дж}$ .

Ответ:  $A_{ц} = \frac{2}{23} Q_n = 200 \text{ Дж}$ .

31. Когда правый проводник покоится, на левый действует сила Ампера  $F = IBl$ , где  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$  — индукционный ток,  $R$  — сопротивление цепи,  $l$  — расстояние между рельсами.

ЭДС индукции  $\mathcal{E} = -B \frac{\Delta S}{\Delta t} = -B v_{отн} l$ , где  $v_{отн}$  — относительная скорость движения проводников. Поскольку силу Ампера надо увеличить в два раза, ЭДС индукции в контуре надо тоже увеличить в два раза. Отсюда следует, что скорость правого проводника должна быть равна  $v = 3V$ .

Ответ:  $v = 3V$ .

32. Согласно постулатам Бора энергия фотона равна

$$h\nu = E_3 - E_1. \quad (1)$$

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = h\nu_{кр} + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}, \text{ где учтено, что } A_{\text{вых}} = h\nu_{кр}. \quad (2)$$

Учитывая, что максимальный импульс фотоэлектрона равен  $p = m_e v_{\max}$ , и объединяя (1) и (2), получим:

$$p = \sqrt{2m_e ((E_3 - E_1) - h\nu_{кр})} \approx 1,7 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Ответ:  $p = \sqrt{2m_e ((E_3 - E_1) - h\nu_{кр})} \approx 1,7 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ .

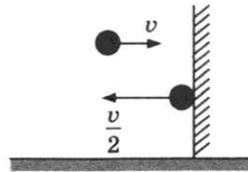
## Вариант 12

27. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При вдвигании поршня происходит изотермическое сжатие пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить конденсация жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

Ответ: масса жидкости в сосуде будет увеличиваться.

28.



$$Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{m\left(\frac{v}{2}\right)^2}{2} = \frac{mv^2}{2} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = \frac{3}{4} \cdot \frac{mv^2}{2} = \frac{3}{4} \cdot E_{k_0} = \frac{3}{4} \cdot 20 = 15 \text{ Дж.}$$

Ответ: 15 Дж.

29. Если масса  $m$  достаточно велика, но грузы еще покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой  $M$ , направлена вниз вдоль наклонной плоскости.

Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введенной системы координат:

на первое тело действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры, сила натяжения нити и сила трения:

$$\begin{cases} T_1 - Mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0 & (\text{ось направлена вверх вдоль наклонной плоскости}); \\ N - Mg \cos \alpha = 0 & (\text{ось направлена вверх перпендикулярно наклонной плоскости}); \end{cases}$$

на второе тело действуют сила тяжести и сила натяжения нити:

$$mg - T_2 = 0 \quad (\text{ось направлена вертикально вниз}).$$

Учтем, что  $T_1 = T_2 = T$  (нить легкая, между блоком и нитью трения нет),  $F_{\text{тр}} \leq \mu N$  (сила трения покоя).

$$\text{Получим: } m_{\text{max}} = M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 0,76 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m_{\text{max}} = M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 0,76 \text{ кг.}$

30. Шар взлетает, когда сила тяжести, действующая на него, равна силе Архимеда

$$(m_{\text{ог}} + m_r + m)g = \rho g V, \quad (1)$$

где  $m$  — масса воздуха в шаре.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$m = \frac{\rho V \mu}{RT_1}, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}, \quad (2)$$

где  $T = t + 273$ ;  $T_1 = t_1 + 273$ ,  $\mu$  — молярная масса воздуха.

Объединяя (1) и (2), получим:

$$T_1 = \frac{\rho V T}{\rho V - m_{\text{ог}} - m_r} = 350 \text{ К}, \quad t_1 = 77 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$\text{Ответ: } T_1 = \frac{\rho V T}{\rho V - m_{\text{ог}} - m_r} = 350 \text{ К.}$$

31. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ .

Изменение магнитного потока за малое время  $\Delta t$ :  $\Delta \Phi = B \Delta S$ ,

где площадь  $\Delta S$  определяется произведением длины проводника  $l$  на его перемещение  $\Delta x$  за время  $\Delta t$ , т. е.

$$\Delta \Phi = Bl \Delta x.$$

Следовательно,  $|\mathcal{E}| = \frac{Bl \Delta x}{\Delta t} = Blv$ , где  $v$  — скорость движения проводника.

В конце пути длиной  $x$  скорость проводника  $v = \sqrt{2ax}$  ( $a$  — ускорение), так что  $|\mathcal{E}| = Bl\sqrt{2ax} = 2 \text{ В.}$

Ответ:  $|\mathcal{E}| = Bl\sqrt{2ax} = 2 \text{ В.}$

32. Чтобы фототок прекратился, должно выполняться условие  $eU = \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,

$m_e$  — масса электрона.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\text{max}}^2}{2}.$$

Учитывая, что  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h\nu_0 = A_{\text{вых}}$ , получим:

$$U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В.}$$

$$\text{Ответ: } U = \frac{hc}{e} \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0} \right) \approx 1,4 \text{ В.}$$

### Вариант 13

27. Вода и водяной пар находятся в закрытом сосуде длительное время, поэтому водяной пар является насыщенным.

При выдвигании поршня происходит изотермическое расширение пара, давление и плотность насыщенного пара в этом процессе не меняются. Следовательно, будет происходить испарение жидкости. Значит, масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

Ответ: масса жидкости в сосуде будет уменьшаться.

$$28. \quad Q = \frac{mv^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - \frac{m \left( \frac{v}{2} \right)^2}{2} = \frac{3}{4} \cdot \frac{mv^2}{2},$$

$$\frac{mv^2}{2} = E_k.$$

$$\text{Получаем } Q = \frac{3}{4} E_k,$$

$$E_k = \frac{4}{3} Q = \frac{4}{3} \cdot 15 = 20 \text{ Дж.}$$

Ответ: 20 Дж.

29. Если масса  $m$  достаточно мала, но грузы еще покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой  $M$ , направлена вверх вдоль наклонной плоскости. Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введенной системы координат.

На первое тело действуют сила тяжести, сила нормальной реакции опоры, сила натяжения нити и сила трения:

$$\begin{cases} -Mg \sin \alpha + T_1 + F_{\text{тр}} = 0 \text{ (ось направлена вверх вдоль наклонной плоскости);} \\ -Mg \cos \alpha + N = 0 \text{ (ось направлена вверх перпендикулярно наклонной плоскости);} \end{cases}$$

На второе тело действуют сила тяжести и сила натяжения нити:

$$mg - T_2 = 0 \text{ (ось направлена вертикально вниз).}$$

Учтем, что  $T_1 = T_2 = T$  (нить легкая, между блоком и нитью трения нет),  $F_{\text{тр}} \leq \mu N$  (сила трения покоя).

Получим:  $m_{\min} = M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 0,24 \text{ кг.}$

Ответ:  $m_{\min} = M(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 0,24 \text{ кг.}$

30. Шар взлетает, когда сила тяжести, действующая на него, равна силе Архимеда

$$(m_{\text{ос}} + m_r + m)g = \rho g V, \tag{1}$$

где  $m$  — масса воздуха в шаре.

Из уравнения Менделеева-Клапейрона

$$m = \frac{\rho V \mu}{RT_1}, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}, \tag{2}$$

где  $T = t + 273$ ;  $T_1 = t_1 + 273$ ,  $\mu$  — молярная масса воздуха.

Объединяя (1) и (2), получим:

$$m_r = \rho V - m_{\text{ос}} - \frac{\rho V T}{T_1} = 200 \text{ кг.}$$

$$\text{Ответ: } m_r = \rho V - m_{\text{ос}} - \frac{\rho V T}{T_1} = 200 \text{ кг.}$$

31. ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле:  $\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ .

Изменение магнитного потока за малое время  $\Delta t$ :  $\Delta \Phi = B \Delta S$ ,

где площадь  $\Delta S$  определяется произведением длины проводника  $l$  на его перемещение  $\Delta x$  за время  $\Delta t$ , т.е.  $\Delta \Phi = Bl \Delta x$ .

Следовательно,  $|\mathcal{E}| = \frac{Bl \Delta x}{\Delta t} = Blv$ , где  $v$  — скорость движения проводника.

В конце пути длиной  $x$  скорость проводника  $v = \sqrt{2ax}$  ( $a$  — ускорение), так что  $|\mathcal{E}| = Bl\sqrt{2ax}$ , откуда

$$B = \frac{|\mathcal{E}|}{l\sqrt{2ax}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

Ответ:  $B = \frac{|\mathcal{E}|}{l\sqrt{2ax}} = 0,5 \text{ Тл.}$

32. Чтобы фототок прекратился, должно выполняться условие  $eU = \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$ , где  $e$  — модуль заряда электрона,  $m_e$  — масса электрона.

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v_{\max}^2}{2}$ .

Учитывая, что  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,  $h\nu_0 = A_{\text{вых}}$ , получим:

$$\lambda = \frac{hc}{eU + hc/\lambda_0} \approx 2,98 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Ответ:  $\lambda = \frac{hc}{eU + hc/\lambda_0} \approx 2,98 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$

### Вариант 14

27. Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, частота свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения  $g$ :

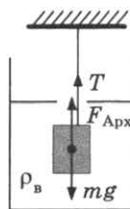
$$\nu_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}.$$

Протяженная равномерно заряженная пластина создает однородное электрическое поле  $\vec{E}$ . Если шарiku сообщить отрицательный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнет действовать постоянная сила, равная по величине  $|q| \cdot E$  и направленная вертикально вниз.

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы поля пластины сообщит шарiku ускорение, которое больше ускорения свободного падения ( $a > g$ ). Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, частота свободных колебаний маятника увеличится, так как  $\nu_2 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{a}{l}}$ .

Ответ: частота свободных колебаний маятника увеличится.

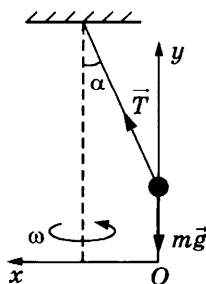
28. Силы, действующие на груз, показаны на рисунке. Так как груз находится в равновесии:



$$\left. \begin{array}{l} T + F_{\text{Арх}} = mg \\ F_{\text{Арх}} = \rho_b g V \end{array} \right\} V = \frac{mg - T}{\rho_b g} = \frac{2 \cdot 10^{-13}}{1000 \cdot 10} = 7 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 = 0,7 \text{ л.}$$

Ответ: 0,7 л.

29. На груз действуют сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила тяжести  $m\vec{g}$ , как указано на рисунке. В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона:  $ma_x = T \sin \alpha$ ,  $0 = T \cos \alpha - mg$ .



Здесь  $a_x = \frac{v^2}{l \sin \alpha}$  — центростремительное ускорение.

Решая полученную систему, получим:  $v = \sqrt{\frac{gl \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} = 1,5 \text{ м/с}$ .

Ответ:  $v = \sqrt{\frac{gl \sin^2 \alpha}{\cos \alpha}} = 1,5 \text{ м/с}$ .

30. Относительная влажность равна  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} 100\%$ . В начальном состоянии парциальное давление пара в сосуде

было равно  $p_1 = \frac{\varphi}{100\%} p_{\text{нп}} = 0,4 p_{\text{нп}}$ , где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара.

Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева  $p_1 = \frac{m_0}{MV} RT$ , где  $T$  — температура пара,  $V$  — объем сосуда,

$M$  — молярная масса воды,  $m_0$  — начальная масса водяного пара в сосуде.

После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась до  $m_1$ :

$$p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_1}{M(V/5)} RT.$$

Получаем  $\alpha = \frac{m_0 - m_1}{m_0} = 0,5$ .

Ответ:  $\alpha = 0,5$ .

31. Согласно закону сохранения энергии:

$$\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2} \quad (1)$$

( $C$  — емкость конденсатора,  $U_{\text{max}}$  — максимальное напряжение на конденсаторе.)

Согласно формуле Томсона для периода электромагнитных колебаний в контуре

$$T = 2\pi\sqrt{LC}. \quad (2)$$

Длина волны выражается через период колебаний, как  $\lambda = cT$

$$(c — скорость света.) \quad (3)$$

Максимальная напряженность поля конденсатора равна:

$$E_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{d}. \quad (4)$$

Решив систему уравнений (1)–(4), получим  $I_{\text{max}} = \frac{\lambda d}{2\pi cL} E_{\text{max}} \approx 0,27 \text{ мА}$ .

Ответ:  $I_{\text{max}} = \frac{\lambda d}{2\pi cL} E_{\text{max}} \approx 0,27 \text{ мА}$ .

32. Коэффициент полезного действия электростанции  $\eta = \frac{E_1}{E_2}$ , (1)

где  $E_1$  — энергия, вырабатываемая электростанцией,  $E_2$  — энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана.

$$E_1 = Pt, \quad (2)$$

где  $P$  — мощность электростанции,  $t$  — время ее работы, а  $E_2 = NE_0$ , где  $E_0$  — энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана,  $N$  — количество распавшихся ядер урана.

Молярная масса урана-235 равна  $\mu = 0,235 \text{ кг/моль}$ , следовательно, число распавшихся атомов равно

$$N = \frac{m}{\mu} N_A. \quad (3)$$

Объединяя (1), (2) и (3), получаем:

$$\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = \frac{38 \cdot 10^6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{1,4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 0,2 = 20\%.$$

Ответ:  $\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = 20\%$ .

## Вариант 15

27. Колеблющийся шарик на нити можно считать математическим маятником. Первоначально, когда шарик не заряжен, период свободных колебаний зависит только от длины нити  $l$  и ускорения свободного падения

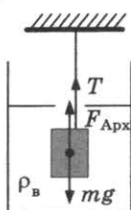
$$g : T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}.$$

Протяженная равномерно заряженная пластина создает однородное электрическое поле  $\vec{E}$ . Если шарiku сообщить положительный заряд, то со стороны электрического поля пластины на него начнет действовать постоянная сила, равная по величине и направленная вертикально вниз.

В этом случае равнодействующая сил тяжести и электрической силы поля пластины сообщит шарiku ускорение, которое больше ускорения свободного падения ( $a > g$ ). Возвращающая сила, действующая на шарик, увеличится, шарик быстрее будет возвращаться к положению равновесия, а значит, период свободных колебаний маятника уменьшится, так как  $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}$ .

*Ответ:* период свободных колебаний маятника уменьшится.

28. Силы, действующие на груз, показаны на рисунке. Так как груз находится в равновесии:

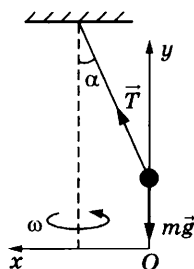


$$\left. \begin{aligned} T + F_{\text{Арх}} &= mg \\ F_{\text{Арх}} &= \rho_b g V \end{aligned} \right\},$$

$$m = \frac{T + \rho_b g V}{g} = \frac{15 + 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{10} = 2,5 \text{ кг.}$$

*Ответ:* 2,5 кг.

29. На груз действуют сила натяжения нити  $\vec{T}$  и сила тяжести  $m\vec{g}$ , как указано на рисунке. В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, ускорение тела определяется вторым законом Ньютона:  $ma_x = T \sin \alpha$ ,  $0 = T \cos \alpha - mg$ .



Здесь  $a_x = \omega^2 l \sin \alpha$  — центростремительное ускорение, где  $\omega = \frac{2\pi}{\tau}$  — угловая скорость груза. Решая полу-

ченную систему, получим:  $\tau = 2\pi\sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}} \approx 0,83 \text{ с.}$

*Ответ:*  $\tau = 2\pi\sqrt{\frac{l \cos \alpha}{g}} \approx 0,83 \text{ с.}$

30. Относительная влажность равна  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} 100\%$ . В начальном состоянии парциальное давление пара в сосуде

было — равно  $p_1 = \frac{\varphi}{100\%} p_{\text{нп}} = 0,8 p_{\text{нп}}$ , где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара. Согласно уравнению Клапей-

рона-Менделеева  $p_1 = \frac{m_0}{MV} RT$ , где  $T$  — температура пара,  $V$  — объем сосуда,  $M$  — молярная масса воды.



После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась  $p_2 = p_{\text{н}} = \frac{m_1}{M(V/3)} RT$ .

Получаем  $m_0 = 2,4m_1 = 24$  г.

Ответ:  $m_0 = 2,4m_1 = 24$  г.

31. Согласно закону сохранения энергии:

$$\frac{CU_{\text{max}}^2}{2} = \frac{LI_{\text{max}}^2}{2}, \quad (1)$$

где  $C$  — емкость конденсатора,  $U_{\text{max}}$  — максимальное напряжение на конденсаторе.

Согласно формуле Томсона для периода электромагнитных колебаний в контуре  $T = 2\pi\sqrt{LC}$ .

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

Максимальная напряженность поля конденсатора равна:

$$E_{\text{max}} = \frac{U_{\text{max}}}{d}. \quad (3)$$

Решив систему уравнений (1)–(3), получим

$$E_{\text{max}} = \frac{1}{2\pi\nu Cd} I_{\text{max}} \approx 80 \text{ В/м.}$$

Ответ:  $E_{\text{max}} = \frac{1}{2\pi\nu Cd} I_{\text{max}} \approx 80$  В/м.

32. Коэффициент полезного действия электростанции  $\eta = \frac{E_1}{E_2}$ ,

где  $E_1$  — энергия, вырабатываемая электростанцией,  $E_2$  — энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана.

$E_1 = Pt$ , где  $P$  — мощность электростанции,  $t$  — время ее работы, а  $E_2 = NE_0$ , где  $E_0$  — энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана,  $N$  — количество распавшихся ядер урана.

Молярная масса урана-235 равна  $\mu = 0,235$  кг/моль, следовательно, число распавшихся атомов равно

$$N = \frac{m}{\mu} N_A.$$

Объединяя вышеизложенное, получаем:

$$m = \frac{Pt\mu}{\eta E_0 N_A} = 1,1 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = \frac{Pt\mu}{\eta E_0 N_A} = 1,1$  кг.

### Вариант 16

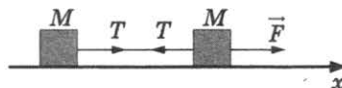
27. По проводнику течет постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи  $U = IR$ . Сопротивление любой части проводника  $R$  определяется соотношением  $R = \rho \frac{x}{S}$ , где  $x$  — длина той части проводника, на которой определяется напряжение;  $\rho$  — удельное сопротивление этой части проводника;  $S$  — площадь поперечного сечения проводника.

При  $0 < x < l_1$  напряжение пропорционально длине участка; значит, удельное сопротивление проводника постоянно.

При  $l_1 < x < l_2$  напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, удельное сопротивление проводника на этом участке тоже постоянно. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются быстрее, чем на первом, поэтому удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом.

Ответ: удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом.

- 28.



Второй закон Ньютона в проекции на ось  $x$ :

$$Ma = T;$$

$$Ma = F - T.$$

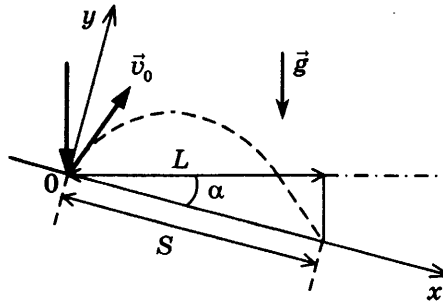
Откуда  $F = 2Ma$ ,  $a = \frac{F}{2M}$ .

Тогда  $T = \frac{F}{2} = 6 \text{ Н}$ .

Ответ: 6 Н.

29. Законы движения шарика имеют вид:

$$x = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, \quad y = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}.$$



В момент второго соударения шарика с плоскостью

$x = S$ ,  $y = 0$ , следовательно,

$$\begin{cases} S = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2}, & (1) \\ 0 = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}. & (2) \end{cases}$$

Совместное решение (1) и (2) приводит к  $t = \frac{2v_0}{g}$  и  $S = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g}$ .

Из рисунка видно, что  $L = S \cos \alpha = \frac{2v_0^2 \sin 2\alpha}{g} \approx 0,173 \text{ м}$ .

Ответ:  $L \approx 0,173 \text{ м}$ .

30. Запишем уравнения состояния газа для верхней и нижней частей:

$p_1 V_1 = \nu RT$ ,  $p_2 V_2 = \nu RT$ , где  $V_1$  и  $V_2$  — объемы верхней и нижней частей.

$V_1 = S(H - h)$ ,  $V_2 = Sh$ , где  $S$  — сечение поршня,  $H$  — высота сосуда,  $h$  — высота, на которой находится поршень.

Условие равновесия поршня  $p_1 S + mg - p_2 S = 0$ , где  $m$  — масса поршня.

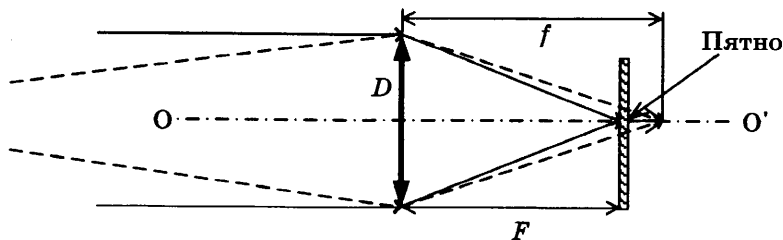
Получим соотношение для количества молей газа:

$$\nu = \frac{mg}{RT \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{H-h} \right)} \approx 0,022 \text{ моль}.$$

Ответ:  $\nu = \frac{mg}{RT \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{H-h} \right)} \approx 0,022 \text{ моль}.$

31. Лучи, идущие от предмета на расстоянии  $d$ , собираются на расстоянии  $f$ , которое больше фокусного расстояния, и поэтому образуют на пленке пятно диаметром  $\delta$ . Из подобия треугольников получаем соотношение:

$$\frac{\delta}{D} = \frac{f - F}{f}. \quad (1)$$



Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$  находим:  $\frac{f-F}{f} = \frac{F}{d}$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получаем окончательно:  $\delta = \frac{FD}{d} = 0,05$  мм.

Ответ:  $\delta = \frac{FD}{d} = 0,05$  мм.

32. Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа:

$$Q = W_c = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}. \quad (1)$$

Напряжение на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе.

С учетом закона Ома для полной цепи  $U = IR = \varepsilon R / (r + R)$ . (2)

Объединяя (1) и (2), находим:  $Q = \frac{q\varepsilon R}{2(R+r)} = 20$  мкДж.

Ответ:  $Q = \frac{q\varepsilon R}{2(R+r)} = 20$  мкДж.

### Вариант 17

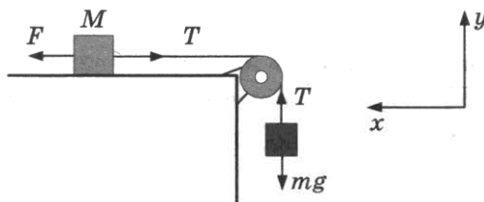
27. По проводнику течет постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи  $U = IR$ . Сопротивление любой части проводника  $R$  определяется соотношением  $R = \rho \frac{x}{S}$ , где  $x$  — длина той части проводника, на которой определяется напряжение;  $\rho$  — удельное сопротивление проводника;  $S$  — площадь поперечного сечения этой части проводника.

При  $0 < x < l_1$  напряжение пропорционально длине участка; значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна.

При  $l_1 < x < l_2$  напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, площадь поперечного сечения проводника на этом участке тоже постоянна. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, поэтому площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

Ответ: площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

28.



Выберем оси системы координат по движению тел. Тогда:

$$F - T = Ma;$$

$$T - mg = ma.$$

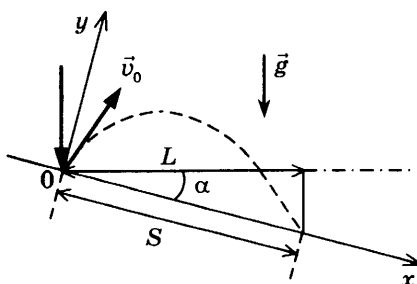
$$\text{Откуда } M = \frac{F - m(g + a)}{a} = \frac{9 - 0,25 \cdot 12}{2} = 3 \text{ кг.}$$

Ответ: 3 кг.

29. Законы движения шарика имеют вид:

$$x = v_0 \sin \alpha \cdot t + \frac{g \sin \alpha \cdot t^2}{2},$$

$$y = v_0 \cos \alpha \cdot t - \frac{g \cos \alpha \cdot t^2}{2}.$$



В момент второго соударения шарика с плоскостью  $x = S, y = 0$ , следовательно,

$$\begin{cases} S = v_0 \sin \alpha t + \frac{g \sin \alpha t^2}{2}, & (1) \\ 0 = v_0 \cos \alpha t - \frac{g \cos \alpha t^2}{2}. & (2) \end{cases}$$

Совместное решение (1) и (2) приводит к  $t = \frac{2v_0}{g}$  и  $S = \frac{4v_0^2 \sin \alpha}{g}$ .

Из рисунка видно, что  $H = S \sin \alpha = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = 0,8$  м.

Ответ:  $H = \frac{4v_0^2 \sin^2 \alpha}{g} = 0,8$  м.

30. Условие равновесия столбика ртути определяет давление воздуха в вертикальной трубке:  $p = p_0 + \rho g d$ , где  $p_0 = \rho g H$  — атмосферное давление. Здесь  $H = 750$  мм,  $\rho$  — плотность ртути.

Поскольку нагрев воздуха в трубке происходит до температуры  $T = T_0 + \Delta T$  и объем, занимаемый воздухом, не изменился, то, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева:

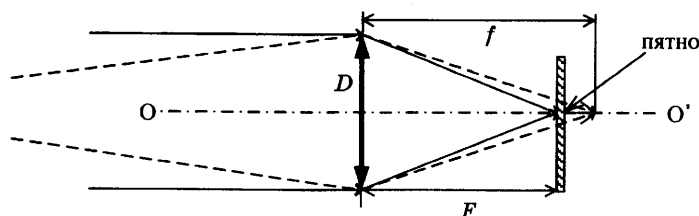
$$\frac{T}{T_0} = \frac{p}{p_0} = 1 + \frac{d}{H}.$$

Окончательно получим:  $T_0 = \Delta T \frac{H}{d} = 300$  К.

Ответ:  $T_0 = \Delta T \frac{H}{d} = 300$  К.

31. Лучи, идущие от предмета на расстоянии  $d$ , собираются на расстоянии  $f$ , которое больше фокусного расстояния, и поэтому образуют на пленке пятно диаметром  $\delta$ . Из подобия треугольников получаем соотношение:

$$\frac{\delta}{D} = \frac{f - F}{f}. \quad (1)$$



Из формулы тонкой линзы  $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}$  находим:  $\frac{f - F}{f} = \frac{F}{d}$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получаем окончательно:  $D = \frac{\delta d}{F} = 1$  см.

Ответ:  $D = \frac{\delta d}{F} = 1$  см.

32. Пока ключ замкнут, через катушку течет ток  $I$ , определяемый сопротивлением резистора:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ , конденсатор заряжен до напряжения:  $U = \mathcal{E}$ .

Энергия магнитного поля катушки равна  $\frac{LI^2}{2}$ , энергия электрического поля конденсатора равна  $\frac{C\mathcal{E}^2}{2}$ .

После размыкания ключа начинаются электромагнитные колебания и вся энергия, запасенная в конденсаторе и катушке, выделится в лампе и резисторе:

$$E = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C\mathcal{E}^2}{2} + \frac{\mathcal{E}^2}{2R^2} L.$$

Согласно закону Джоуля–Ленца выделяемая в резисторе мощность пропорциональна его сопротивлению. Следовательно, энергия  $E$  распределится в лампе и резисторе пропорционально их сопротивлениям, и на лампу приходится

$$Q = \frac{r}{R + r} E = \frac{r\mathcal{E}^2(C + L/R^2)}{2(R + r)} = 0,115 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $Q = \frac{r\mathcal{E}^2(C + L/R^2)}{2(R + r)} = 0,115$  Дж.

## Вариант 18

27. Сопротивление идеального вольтметра считается бесконечно большим, поэтому ток через реостат при любом положении его движка равен нулю и, следовательно, напряжение на выводах реостата равно 0. Таким образом, показания вольтметра при любом положении движка реостата равны напряжению на резисторе  $R$ .

Ток через резистор  $R$  определяется законом Ома для полной цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ , а напряжение на резисторе —

законом Ома для участка цепи:  $U_R = IR$ . Учитывая, что  $r = 0$ , получаем:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ ,  $U_R = \mathcal{E}$ .

Таким образом, при любом положении движка реостата показания вольтметра равны ЭДС источника  $\mathcal{E}$ .

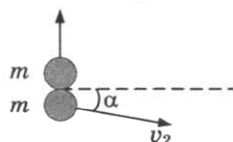
*Ответ:* показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата остаются неизменными.

28.

До взрыва



После взрыва



По закону сохранения импульса:

$$2mv = mv_2 \cos \alpha.$$

$$\text{Откуда } \cos \alpha = \frac{2v}{v_2} = \frac{2 \cdot 100}{400} = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = 60^\circ.$$

*Ответ:*  $60^\circ$ .

29. На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось  $Ox$  системы отсчета, связанной со столом, сохраняется.

$$\text{Из закона сохранения импульса: } Mu - mv = 0, \tag{1}$$

где  $m$  — масса шайбы,  $M$  — масса горки,  $u$  — скорость горки в тот момент, когда скорость шайбы равна  $v$ .

Из закона сохранения механической энергии:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + mgh = \frac{5}{2}mgh. \tag{2}$$

$$\text{Объединяя (1) и (2), получим: } \frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1.$$

$$\text{Ответ: } \frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1.$$

30. Количество теплоты, полученное при нагревании льда, находящегося в калориметре, до температуры  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1). \tag{1}$$

Количество теплоты, полученное льдом при его таянии при  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q_2 = \lambda m_1. \tag{2}$$

Количество теплоты, отданное водой при охлаждении ее до  $0^\circ\text{C}$ :

$$Q = c_2 m_2 (t_2 - 0). \tag{3}$$

Уравнение теплового баланса:

$$Q = Q_1 + Q_2. \tag{4}$$

$$\text{Объединяя (1)–(4), получим: } m_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - 0)}{c_1 (0 - t_1) + \lambda} \approx 1 \text{ кг.}$$

$$\text{Ответ: } m_1 = \frac{m_2 c_2 (t_2 - 0)}{c_1 (0 - t_1) + \lambda} \approx 1 \text{ кг.}$$

31. Как следует из рис. 1, при силе тока  $I = 0,15$  А напряжение на светодиоде  $U_D = 3$  В.

По закону Ома для участка цепи напряжение на резисторе, по которому течет этот ток (последовательное включение),  $U = IR$ .

По закону Ома для полной (замкнутой) цепи  $\mathcal{E} = U + U_D$ .

Решение системы дает:  $U = IR = \mathcal{E} - U_D$ .

$$\text{Сопротивление резистора } R = \frac{\mathcal{E} - U_D}{I} = 20 \text{ Ом.}$$

*Ответ:*  $R = 20$  Ом.

32. Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте и энергии фотона.

$$\lambda_0 = \lambda_{41}, \text{ и } \nu_{14} = \frac{c}{\lambda_0}.$$

$$\nu_{24} = \frac{c}{\lambda_{24}}; \nu_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}}.$$

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней.

$$\text{Поэтому } \nu_{13} = \nu_{14} - \nu_{24} + \nu_{32} = c \left( \frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{24}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \right)$$

$$\lambda_{13} = \frac{c}{\nu_{13}} = \frac{\lambda_{14} \lambda_{24} \lambda_{32}}{\lambda_{24} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{24}} \approx 3 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

$$\text{Ответ: } \lambda_{13} = \frac{\lambda_{14} \lambda_{24} \lambda_{32}}{\lambda_{24} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{24}} \approx 300 \text{ нм.}$$

### Вариант 19

27. Сопротивление идеального вольтметра считается бесконечно большим, поэтому ток через реостат при любом положении его движка равен нулю и, следовательно, напряжение на выводах реостата равно 0. Таким образом, показания вольтметра при любом положении движка реостата равны напряжению на резисторе  $R$ .

Ток через резистор  $R$  определяется законом Ома для полной цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$ , а напряжение на резисторе —

законом Ома для участка цепи:  $U_R = IR$ . Учитывая, что  $r = 0$ , получаем:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$ ,  $U_R = \mathcal{E}$ .

Таким образом, при любом положении движка реостата показания вольтметра равны ЭДС источника  $\mathcal{E}$ .

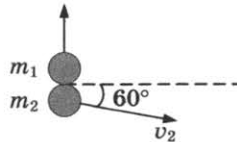
Ответ: показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата остаются неизменными.

- 28.

До взрыва



После взрыва



По закону сохранения импульса:

$$mv = m_2 \cdot v_2 \cos 60^\circ.$$

$$\text{Откуда } m_2 = \frac{mv}{v_2 \cos 60^\circ} = \frac{2 \cdot 100}{400 \cdot \frac{1}{2}} = 1 \text{ кг.}$$

Ответ: 1 кг.

29. На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось  $Ox$  системы отсчета, связанной со столом, сохраняется.

Из закона сохранения импульса:  $Mu - mv = 0$ ,

(1)

где  $m$  — масса шайбы,  $M = 12m$  — масса горки,  $v$  — скорость шайбы на левой вершине горки.

Согласно закону сохранения механической энергии:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{12mu^2}{2} + mgh = 3mgh.$$

(2)

Объединяя (1) и (2), получим  $u = \sqrt{\frac{gh}{39}}$ .

Ответ:  $u = \sqrt{\frac{gh}{39}}$ .

30. Количество теплоты, необходимое для нагревания льда, находящегося в калориметре, до температуры  $t$ :  $Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1)$ .

Количество теплоты, отдаваемое водой при охлаждении ее до  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_2 = c_2 m_2 (t_2 - 0)$ .

Количество теплоты, выделяющейся при отвердевании воды при  $0^\circ\text{C}$ :  $Q_2 = \lambda m_2$ .

Количество теплоты, выделяющейся при охлаждении льда, полученного из воды, до температуры  $t$ :  $Q_3 = c_1 m_2 (0 - t)$ .

Уравнение теплового баланса:  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ .

$$\text{Получим: } t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ \text{C}.$$

$$\text{Ответ: } t_1 = \frac{m_1 c_1 t - m_2 (c_2 (t_2 - 0) + \lambda + c_1 (0 - t))}{m_1 c_1} \approx -5^\circ \text{C}.$$

31. По закону Ома для участка цепи напряжение на резисторе, по которому течет этот ток (последовательное включение),  $U_1 = I_1 R$ .

По закону Ома для полной (замкнутой) цепи  $\mathcal{E}_1 = U_1 + U_D$ .

Решение системы дает:  $U_1 = I_1 R = \mathcal{E}_1 - U_D$ , сопротивление резистора  $R = \frac{\mathcal{E}_1 - U_D}{I_1} = 30 \text{ Ом}$ .

Напряжение на диоде не зависит от силы тока через него в интервале значений  $0,05 \text{ А} \leq I \leq 0,2 \text{ А}$ , поэтому  $U_2 = \mathcal{E}_2 - U_D$  для любой силы тока из этого интервала, следовательно, сила тока в цепи при изменении ЭДС источника

$$I_2 = \frac{U_2}{R} = \frac{\mathcal{E}_2 - U_D}{R} = I_1 \frac{\mathcal{E}_2 - U_D}{\mathcal{E}_1 - U_D} = 0,1 \frac{1,5}{3} = 0,05 \text{ А}.$$

Полученное значение укладывается в интервал применимости выбранной модели, когда сила тока не зависит от приложенного напряжения.

Ответ:  $I_2 = 0,05 \text{ А}$ .

32. Минимальная длина волны соответствует максимальной частоте и энергии фотона.

$$\lambda_0 = \lambda_{41}, \text{ и } \nu_{14} = \frac{c}{\lambda_0}.$$

$$\text{Имеем: } \nu_{13} = \frac{c}{\lambda_{13}}; \nu_{32} = \frac{c}{\lambda_{32}}.$$

Частота фотона, испускаемого атомом при переходе с одного уровня энергии на другой, пропорциональна разности энергий этих уровней.

$$\text{Поэтому } \nu_{24} = \nu_{14} - \nu_{13} + \nu_{32} = c \left( \frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{13}} + \frac{1}{\lambda_{32}} \right),$$

$$\lambda_{24} = \frac{\lambda_{13} \lambda_{14} \lambda_{32}}{\lambda_{13} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{13}} \approx 333 \cdot 10^{-9} \text{ м}.$$

$$\text{Ответ: } \lambda_{24} = \frac{\lambda_{13} \lambda_{14} \lambda_{32}}{\lambda_{13} \lambda_{32} - \lambda_{14} \lambda_{32} + \lambda_{14} \lambda_{13}} \approx 333 \text{ нм}.$$

## Вариант 20

27. Для описания изобарного расширения идеального газа используем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT, \text{ где } \nu \text{ — число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых давлении и объеме } \frac{T_1}{T_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}.$$

Как следует из рисунка,  $T_1 > T_2$  (при одинаковых давлении и объеме). Поэтому  $\nu_1 < \nu_2$ .

Ответ: количество вещества в первой порции газа меньше, чем во второй.

28. По закону сохранения механической энергии:

$$\frac{k \Delta x^2}{2} = \frac{Mv^2}{2}.$$

$$\text{Получим } k = \frac{Mv^2}{\Delta x^2} = \frac{0,1 \cdot 1^2}{(0,01)^2} = 1000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

$$\text{Ответ: } 1000 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

29. Запишем закон сохранения импульса и закон изменения механической энергии:

$$\begin{cases} 2m\nu_0 = m\nu_1 - m\nu_2, \\ m\nu_0^2 + \Delta E = \frac{m\nu_1^2}{2} + \frac{m\nu_2^2}{2}, \end{cases}$$

где  $U_2$  — модуль скорости летящего назад осколка снаряда.

Решая систему уравнений, получим:  $v_1^2 - 2v_0v_1 + v_0^2 - \frac{\Delta E}{m} = 0$ ,

откуда искомая масса равна:  $m = \frac{\Delta E}{(v_1 - v_0)^2}$ .

Ответ:  $m = \frac{\Delta E}{(v_1 - v_0)^2}$ .

30. Аргон является идеальным одноатомным газом, внутренняя энергия которого пропорциональна температуре

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1, \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2.$$

С помощью уравнения Клапейрона–Менделеева и условия расширения  $p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2$  определяем конечную

температуру  $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ .

Уменьшение внутренней энергии равно  $\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right)$ .

В соответствии с первым началом термодинамики:

$$|Q| = |\Delta U + A| = \left| \frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right) + A \right| \approx 1247 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $|Q| = \left| \frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right) + A \right| \approx 1247 \text{ Дж.}$

31. При ускорении в электрическом поле ион приобретает кинетическую энергию  $\frac{m\nu^2}{2} = qU$ , где  $m$ ,  $\nu$  и  $q$  — соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца  $F_L = q\nu B$ , сообщаящая ему центростремительное ускорение  $a = \frac{\nu^2}{R}$ . По второму закону Ньютона:  $q\nu B = m \frac{\nu^2}{R}$ .

Решая систему уравнений, находим:  $B = \frac{1}{R} \sqrt{2U \frac{m}{q}} = \frac{1}{0,2} \sqrt{2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ Тл.}$

Ответ:  $B = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2mU}{q}} = 0,5 \text{ Тл.}$

32. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}. \quad (1)$$

$$\text{Электрическое поле ускоряет электроны, увеличивая их кинетическую энергию на } \Delta E = eU = eEL, \quad (2)$$

где  $U$  — разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии  $L = 10$  см от нее.

Объединяя (1) и (2), получим искомую кинетическую энергию

$$\varepsilon = h\nu - A + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 3,7 + 130 \cdot 0,1 = 15,9 \text{ эВ.}$$

Ответ:  $\varepsilon = h\nu - A + eEL = 15,9 \text{ эВ.}$

## Вариант 21

27. Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева–Клапейрона:

$p = \nu RT/V$ , где  $\nu$  — число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых давлении и объеме  $\frac{p_1}{p_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}$ .

Как следует из рисунка,  $p_1 > p_2$  (при одинаковых температуре и объеме). Поэтому  $\nu_1 > \nu_2$ .

Ответ: количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.



28. По закону сохранения механической энергии:  $\frac{k\Delta x^2}{2} = \frac{Mv^2}{2}$ .

Тогда  $\Delta x = v\sqrt{\frac{M}{k}} = 1 \cdot \sqrt{\frac{0,1}{1000}} = 0,01 \text{ м} = 1 \text{ см}$ .

Ответ: 1 см.

29. Запишем закон сохранения импульса и закон изменения механической энергии:

$$\begin{cases} 2mv_0 = mv_1 - mv_2; \\ mv_0^2 + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}. \end{cases}$$

Решая систему уравнений, получим:  $\frac{4\Delta E}{m} = (v_1 + v_2)^2$ .

Откуда найдем  $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2$ .

Ответ:  $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2$ .

30. Аргон является идеальным одноатомным газом, внутренняя энергия которого пропорциональна температуре

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1, \quad U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2.$$

С помощью уравнения Клапейрона-Менделеева и условия расширения  $p_1 V_1^2 = p_2 V_2^2$  определяем конечную

температуру  $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ .

Уменьшение внутренней энергии равно  $\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right)$ .

В соответствии с первым началом термодинамики:  $-Q = \Delta U + A = \frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right) + A$ ,

откуда получим:  $A = -\frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right) - Q = 3486 \text{ Дж}$ .

Ответ:  $A = -\frac{3}{2} \nu RT_1 \left( \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} - 1 \right) - Q = 3486 \text{ Дж}$ .

31. При ускорении в электрическом поле ион приобретает кинетическую энергию  $\frac{mv^2}{2} = qU$ , где  $m$ ,  $v$  и  $q$  — соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца  $F_L = qvB$ , сообщаящая ему центростремительное ускорение  $a = \frac{v^2}{R}$ . По второму закону Ньютона:

$$qvB = m \frac{v^2}{R}.$$

Решая систему уравнений, находим:

$$\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}.$$

Ответ:  $\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$ .

32. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \tag{1}$$

Электрическое поле ускоряет электроны, увеличивая их кинетическую энергию на  $\Delta E = eU = eEL$ ,  $\tag{2}$  где  $U$  — разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии  $L$  от нее.

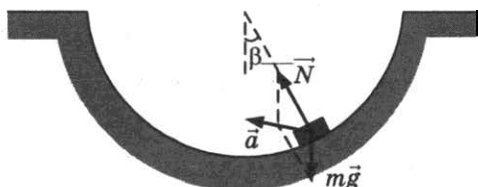
Объединяя (1) и (2), получим искомую работу выхода фотоэлектронов:

$$A = h\nu - \varepsilon + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 15,9 + 130 \cdot 0,1 = 3,7 \text{ эВ}.$$

Ответ:  $A = h\nu - \varepsilon + eEL = 3,7 \text{ эВ}$ .

## Вариант 22

27. К шайбе приложены сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз, и сила реакции опоры  $\vec{N}$ , направленная по радиусу вверх. Ускорение шайбы  $\vec{a}$  направлено внутрь траектории левее направления силы  $\vec{N}$  (см. рисунок).



В промежуточной точке скорость шайбы  $\vec{v} \neq 0$ , поэтому у шайбы есть центростремительное ускорение  $\vec{a}_n \neq 0$ , направленное к центру окружности, по которой движется шайба.

Проекция ускорения шайбы на касательную к окружности равна по модулю  $g \sin \beta$ . Поэтому у шайбы есть касательная составляющая ускорения  $\vec{a}_\tau \neq 0$ , направленная в сторону нижней точки сферы.

Ускорение шарика  $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau$  направлено внутрь сферической поверхности левее направления силы  $\vec{N}$ .

*Ответ:* ускорение шарика направлено внутрь сферической поверхности левее направления силы  $\vec{N}$ .

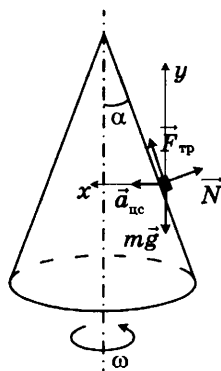
28.  $p_1 V_1 = \nu_1 R T_1 = \frac{N_1}{N_A} R T_1$

$$p_2 V_2 = \nu_2 R T_2 = \frac{N_2}{N_A} R \cdot 2T_1$$

Получим:  $\frac{N_2}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{2 p_1 V_1} = \frac{4 \cdot 0,6}{2 \cdot 2 \cdot 0,2} = 3.$

*Ответ:* 3.

29. На шайбу действуют силы: трения, тяжести, нормальной реакции опоры (см. рисунок).



Запишем проекции уравнения движения шайбы на оси X и Y:

$$F_{\text{тр}} \sin \alpha - N \cos \alpha = m a_{\text{цс}}, \text{ где } a_{\text{цс}} = \omega^2 L \sin \alpha \text{ — центростремительное ускорение шайбы.}$$

$$F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha - mg = 0,$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N \text{ — максимальная сила трения покоя.}$$

$$\text{Получаем: } L = \frac{g(\mu - \text{ctg } \alpha)}{\omega^2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$

$$\text{Ответ: } L = \frac{g(\mu - \text{ctg } \alpha)}{\omega^2(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$

30. Так как процесс 1–2 адиабатический, то  $Q_{12} = 0 = \Delta U_{12} + A_{12}$ ,

$$\text{откуда } A_{12} = -\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_2).$$

$$\text{Учитывая, что } T_3 = T_1, \text{ получим } T_3 - T_2 = \frac{2}{3} \frac{A_{12}}{\nu R}.$$

Работа газа в процессе 2–3 равна  $A_{23} = p(V_3 - V_2) = \nu R(T_3 - T_2) = \frac{2}{3} A_{12}$ .

Работа газа  $A_{123}$  за весь процесс равна  $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{5}{3} A_{12} = 5$  кДж.

Ответ:  $A_{123} = \frac{5}{3} A_{12} = 5$  кДж.

31. Модуль напряженности поля точечного заряда равен  $E = k \frac{q}{r^2}$ , где  $r$  — расстояние от заряда до рассматриваемой точки. Тогда  $E_1 = k \frac{q}{r_A^2}$ ,  $E_2 = k \frac{q}{r_C^2}$ . (1)

Из (1) получим:  $E_2 = E_1 \frac{r_A^2}{r_C^2}$ .

Из рисунка получим, что  $\frac{r_A^2}{r_C^2} = \frac{5}{13}$ , тогда  $E_2 = \frac{5}{13} E_1 = 25$  В/м.

Ответ:  $E_2 = \frac{5}{13} E_1 = 25$  В/м.

32. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта  $h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$ .

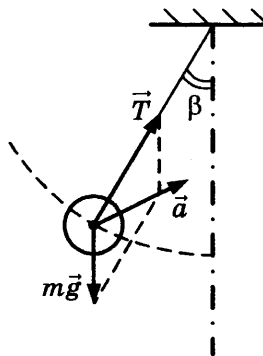
В магнитном поле на электрон действует сила Лоренца, которая сообщает ему центростремительное ускорение:  $e\nu B = \frac{mv^2}{R}$ .

Получим  $R = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eB} \approx 4,7 \cdot 10^{-3}$  м.

Ответ:  $R = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eB} \approx 4,7 \cdot 10^{-3}$  м.

### Вариант 23

27. К шарiku приложены сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити  $\vec{T}$ , направленная по нити вверх. Ускорение шарика  $\vec{a}$  направлено внутрь траектории правее направления силы  $\vec{T}$  (см. рисунок).



В промежуточной точке скорость шарика  $\vec{v} \neq 0$ , поэтому у шарика есть центростремительное ускорение  $\vec{a}_n \neq 0$ , направленное к центру окружности, по которой движется шарик.

Проекция ускорения шарика на касательную к окружности равна по модулю  $g \sin \beta$ . Поэтому у шарика есть касательная составляющая ускорения  $\vec{a}_t \neq 0$ , направленная в сторону положения равновесия.

Ускорение шарика  $\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$  направлено внутрь траектории правее направления силы  $\vec{T}$ .

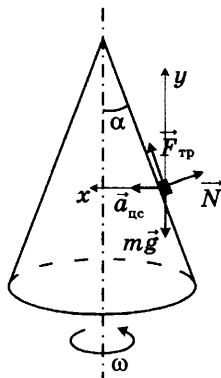
Ответ: ускорение шарика направлено внутрь траектории правее направления силы  $\vec{T}$ .

28. Поскольку  $p = \frac{N}{V} kT$ , при  $V = \text{const}$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} = \frac{6 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^8 \cdot 2} = 1,5$$

Ответ:  $\frac{N_1}{N_2} = 1,5$ .

29. На шайбу действуют силы: трения, тяжести, нормальной реакции опоры (см. рисунок).



Запишем проекции уравнения движения шайбы на оси X и Y:

$$F_{\text{тр}} \sin \alpha - N \cos \alpha = m a_{\text{цс}}, \text{ где } a_{\text{цс}} = \omega^2 L \sin \alpha \text{ — центростремительное ускорение шайбы.}$$

$$F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha - mg = 0,$$

$F_{\text{тр}} = \mu N$  — максимальная сила трения покоя.

Объединяя вышеизложенное, получаем:  $\omega = \sqrt{\frac{g(\mu - \text{ctg } \alpha)}{L(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}$ .

Ответ:  $\omega = \sqrt{\frac{g(\mu - \text{ctg } \alpha)}{L(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}}$ .

30. Так как процесс 1-2 адиабатический, то  $Q_{12} = 0 = \Delta U_{12} + A_{12}$ ,

откуда  $A_{12} = -\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_1 - T_2)$ .

Учитывая, что  $T_3 = T_1$ , получим  $T_3 - T_2 = \frac{2}{3} \frac{A_{12}}{\nu R}$ .

Работа газа в процессе 2-3 равна  $A_{23} = p(V_3 - V_2) = \nu R(T_3 - T_2) = \frac{2}{3} A_{12}$ .

Работа газа  $A_{123}$  за весь процесс равна  $A_{123} = A_{12} + A_{23} = \frac{5}{3} A_{12}$ , откуда получим  $A_{12} = \frac{3}{5} A_{123} = 1,8$  кДж.

Ответ:  $A_{12} = \frac{3}{5} A_{123} = 1,8$  кДж.

31. Модуль напряженности поля точечного заряда равен  $E = k \frac{|q|}{r^2}$ , где  $r$  — расстояние от заряда  $q$  до

рассматриваемой точки. Тогда  $E_1 = k \frac{|q_1|}{(2L)^2}$ ,  $E_2 = k \frac{|q_2|}{L^2}$ ,  $E_3 = k \frac{|q_3|}{L^2}$ .

Выберем ось X, направленную от A к D. Учитывая направления векторов напряженности в точке C,

получим:  $E_{12} = k \frac{|q_1|}{(2L)^2} - k \frac{|q_2|}{L^2}$ .

Чтобы напряженность поля в точке C равнялась нулю, нужно, чтобы напряженность поля третьего заряда была равна по модулю  $E_{12}$  и направлена в противоположную сторону.

Тогда  $q_3 = \left( \frac{|q_1|}{4} - |q_2| \right) = -3 \cdot 10^{-12}$  Кл.

Ответ:  $q_3 = \left( \frac{|q_1|}{4} - |q_2| \right) = -3 \cdot 10^{-12}$  Кл.

32. Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта

$$h \frac{c}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

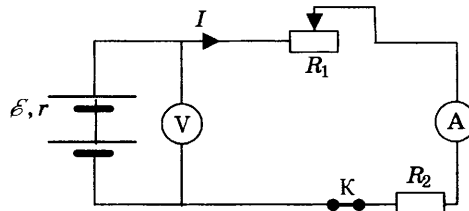
В магнитном поле на электрон действует сила Лоренца, которая сообщает ему центростремительное ускорение:  $evB = \frac{mv^2}{R}$ . (2)

Объединяя (1) и (2), получим  $B = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eR} \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$  Тл.

Ответ:  $B = \frac{\sqrt{2m \left( h \frac{c}{\lambda} - A \right)}}{eR} \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$  Тл.

### Вариант 24

27. Эквивалентная электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где  $I$  — сила тока в цепи. Ток через вольтметр практически не течет, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.



Сила тока в цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи:  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r}$ .

В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром:  $U = I(R_1 + R_2) = \mathcal{E} - Ir$ .

При перемещении движка реостата вправо его сопротивление увеличивается, что приводит к увеличению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом уменьшается, а напряжение на батарее растет.

28. Направим ось  $X$  вдоль горизонтальной плоскости вправо, ось  $Y$  — вертикально вниз. Тогда уравнения движения бруска и груза имеют вид:

$$ma = mg - T,$$

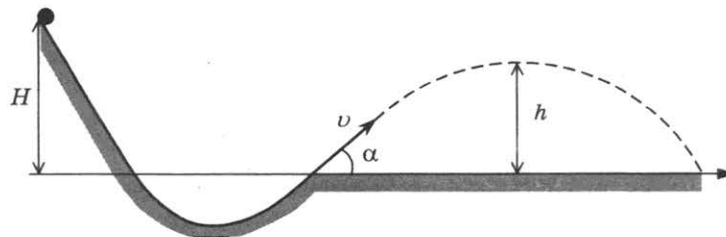
$$Ma = T.$$

Здесь  $M$  и  $m$  — массы груза и бруска соответственно,  $T$  — сила натяжения нити,  $a$  — ускорение груза и бруска.

$$M = \frac{m(g - a)}{a} = \frac{0,4(10 - 2)}{2} = 1,6 \text{ кг.}$$

Ответ: 1,6 кг.

- 29.



Модель гонщика — материальная точка. Считаем полет свободным падением с начальной скоростью  $\vec{v}$ , направленной под углом  $\alpha$  к горизонту. Дальность полета определяется из выражения  $S = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha$ . А высота

полета  $h = \frac{v^2}{2g} \sin^2 \alpha$ . Модуль начальной скорости определяется из закона сохранения энергии  $\frac{mv^2}{2} = mgH$ ,

так что  $\frac{v^2}{2g} = H$ .

При  $\alpha = 30^\circ$  получаем  $h = H \sin^2 \alpha = \frac{H}{4}$ .

Ответ: высота подъема  $h = \frac{H}{4}$ .

30. Согласно первому началу термодинамики  $Q_1 = \Delta U$ , (1)

$Q_2 = \Delta U + A$ , (2)

где  $\Delta U$  — приращение внутренней энергии газа (одинаковое в двух опытах),  $A$  — работа газа во втором опыте. Работа  $A$  совершалась газом в ходе изобарного расширения, так что  $A = p\Delta V$  (3)

( $\Delta V$  — изменение объема газа).

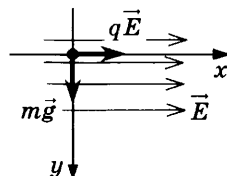
С помощью уравнения Клапейрона–Менделеева эту работу можно выразить через приращение температуры

газа:  $p\Delta V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$ . (4)

Решая систему уравнений (1) – (4), будем иметь:  $\Delta T = \frac{\mu(Q_2 - Q_1)}{mR}$ .

Ответ:  $\Delta T \approx 1$  К.

31. На тело действуют сила тяжести  $\vec{F}_1 = m\vec{g}$  и сила со стороны электрического поля  $\vec{F}_2 = q\vec{E}$ .



В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, в соответствии со вторым законом Ньютона вектор ускорения тела пропорционален вектору суммы сил, действующих на него:  $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ .

При движении из состояния покоя тело движется по прямой в направлении вектора ускорения, т.е. в направлении равнодействующей приложенных сил. Прямая, вдоль которой направлен вектор ускорения, образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с вертикалью, следовательно,  $\text{tg}\alpha = \frac{a_x}{a_y} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{qE}{mg} = 1$ .

Отсюда  $E = \frac{mg}{q}$ .

Ответ:  $E = 0,5 \cdot 10^6$  В/м = 500 кВ/м.

32. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$ . (1)

Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода:

$\frac{hc}{\lambda_0} = A$ . (2)

Выражение для запирающего напряжения — условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле:

$\frac{mv^2}{2} = eU$ . (3)

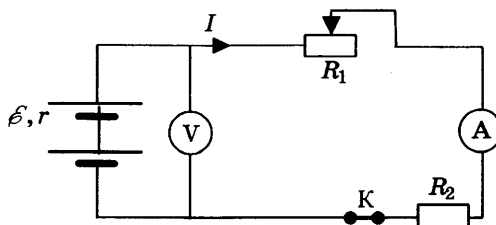
Решая систему уравнений (1), (2) и (3), получаем:  $\lambda = \frac{hc\lambda_0}{hc + eU\lambda_0}$ .

Ответ:  $\lambda \approx 215$  нм.

### Вариант 25

27. Эквивалентная электрическая схема цепи, учитывающая внутреннее сопротивление батареи, изображена на рисунке, где  $I$  — сила тока в цепи.

Ток через вольтметр практически не течет, а сопротивление амперметра пренебрежимо мало.



Сила тока в цепи определяется законом Ома для замкнутой (полной) цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r}.$$

В соответствии с законом Ома для участка цепи напряжение, измеряемое вольтметром:  $U = I(R_1 + R_2) = \mathcal{E} - Ir$ .

При перемещении движка реостата влево его сопротивление уменьшается, что приводит к уменьшению полного сопротивления цепи. Сила тока в цепи при этом возрастает, а напряжение на батарее уменьшается.

28. Направим ось  $X$  вдоль горизонтальной плоскости вправо, ось  $Y$  — вертикально вниз. Тогда уравнения движения бруска и груза имеют вид:

$$ma = mg - T,$$

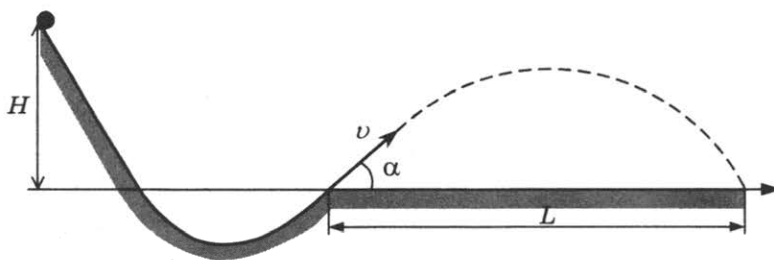
$$Ma = T.$$

Здесь  $M$  и  $m$  — массы груза и бруска соответственно,  $T$  — сила натяжения нити,  $a$  — ускорение груза и бруска.

$$a = \frac{mg}{M + m} = \frac{0,4 \cdot 10}{0,4 + 1,6} = 2 \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $a = 2 \text{ м/с}^2$ .

29.



Модель гонщика — материальная точка. Считаем полет свободным падением с начальной скоростью  $\vec{v}$ , направленной под углом  $\alpha$  к горизонту. Дальность полета определяется из выражения  $L = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha$ . Модуль

начальной скорости определяется из закона сохранения энергии:  $\frac{mv^2}{2} = mgH$ , так что  $\frac{v^2}{g} = 2H$ .

При  $\alpha = 30^\circ$  получаем  $L = 2H \sin 2\alpha = H\sqrt{3}$ .

Ответ: дальность полета  $L = H\sqrt{3}$ .

30. Согласно первому началу термодинамики  $Q_1 = \Delta U$ , (1)

$$Q_2 = \Delta U + A, \quad (2)$$

где  $\Delta U$  — приращение внутренней энергии газа (одинаковое в двух опытах),  $A$  — работа газа во втором опыте. Работа  $A$  совершалась газом в ходе изобарного расширения, так что  $A = p\Delta V$ , (3)

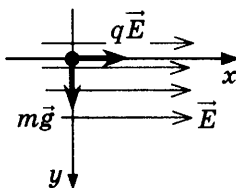
$\Delta V$  — изменение объема газа.

С помощью уравнения Клапейрона–Менделеева эту работу можно выразить через приращение температуры газа:  $p\Delta V = \frac{m}{\mu} R\Delta T$ . (4)

Решая систему уравнений (1)–(4), будем иметь:  $m = \frac{\mu(Q_2 - Q_1)}{R\Delta T}$ .

Ответ:  $m = 1 \text{ кг}$ .

31. На тело действуют сила тяжести  $\vec{F}_1 = m\vec{g}$  и сила со стороны электрического поля  $\vec{F}_2 = q\vec{E}$ .



В инерциальной системе отсчета, связанной с Землей, в соответствии со вторым законом Ньютона вектор ускорения тела пропорционален вектору суммы сил, действующих на него:  $m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ .

При движении из состояния покоя тело движется по прямой в направлении вектора ускорения, т.е. в направлении равнодействующей приложенных сил. Прямая, вдоль которой направлен вектор ускорения, образует угол  $\alpha = 45^\circ$  с вертикалью, следовательно,  $\operatorname{tg}\alpha = \frac{a_x}{a_y} = \frac{F_2}{F_1} = \frac{qE}{mg} = 1$ .

Отсюда  $q = \frac{mg}{E}$ .

Ответ:  $q = 8 \cdot 10^{-9}$  Кл = 8 нКл.

32. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:  $\frac{hc}{\lambda} = A + \frac{mv^2}{2}$ . (1)

Условие связи красной границы фотоэффекта и работы выхода:

$$\frac{hc}{\lambda_0} = A. \quad (2)$$

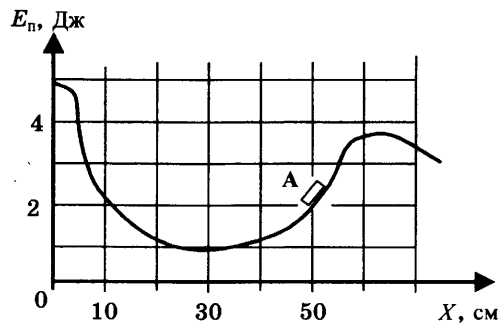
Выражение для запирающего напряжения — условие равенства максимальной кинетической энергии электрона и изменения его потенциальной энергии при перемещении в электростатическом поле:  $\frac{mv^2}{2} = eU$ . (3)

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), получаем:  $U = \frac{hc}{e} \cdot \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda\lambda_0} \approx 1,36$  В.

Ответ:  $U \approx 1,36$  В.

### Вариант 26

27.



Льдинка сможет выскользнуть из ямы через ее правый край.

Трения при движении льдинки нет, поэтому ее механическая энергия сохраняется. Запас кинетической энергии льдинки в точке A позволяет ей подняться до уровня, где ее потенциальная энергия немного больше 4 Дж. Левый край ямы поднят до большей высоты. Следовательно, этого края льдинка не достигнет и заскользит вправо. Правый же край ямы ниже: на вершине этого края потенциальная энергия льдинки меньше 4 Дж. Поэтому льдинка выскользнет из ямы через правый край.

28. Уравнение теплового баланса:

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = M(t - t_1)c + m(t - t_2)c_B = 0;$$

где  $M$  — масса тела,  $m$  — масса воды,  $t$  — конечная температура воды в калориметре,  $t_1$  — начальная температура тела,  $t_2$  — начальная температура воды,  $c$  — удельная теплоемкость вещества, из которого сделано тело,  $c_B$  — удельная теплоемкость воды.

$$c = \frac{m(t - t_2)c_B}{(t_1 - t)M} = \frac{200 \cdot 10^{-3} \cdot (30 - 23) \cdot 4,2 \cdot 10^3}{450 \cdot 10^{-3} \cdot (100 - 30)} = 187 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}.$$

Ответ:  $187 \frac{\text{Дж}}{(\text{кг} \cdot \text{К})}$ .

29. Кинетическая энергия брусков после столкновения  $E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}$ , где  $v$  — скорость системы после удара,

определяемая из закона сохранения импульса на горизонтальном участке:  $m_1v_1 = (m_1 + m_2)v$ .

Исключая из системы уравнений скорость  $v$ , получим:

$$E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1v_1^2}{2}.$$



Кинетическая энергия первого бруска перед столкновением определяется из закона сохранения механической энергии при скольжении по наклонной плоскости:  $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 g h$ , что дает выражение

$$E = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot m_1 g h.$$

Следовательно,  $h = \frac{E(m_1 + m_2)}{g m_1^2}$ . Подставляя значения, получим  $h = 0,8$  м.

Ответ:  $h = 0,8$  м.

30. Шар с грузом удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:  $(M + m)g + m_{\Gamma}g - m_{\text{В}}g = 0$ , где  $M$  и  $m$  — массы оболочки шара и груза,  $m_{\Gamma}$  — масса гелия, а  $F = m_{\text{В}}g$  — сила Архимеда, действующая на шар. Из условия равновесия следует:  $M + m = m_{\text{В}} - m_{\Gamma}$ . Давление  $p$  гелия и его температура  $T$  равны давлению и температуре окружающего воздуха.

Следовательно, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева,  $pV = \frac{m_{\Gamma}}{\mu_{\Gamma}} RT = \frac{m_{\text{В}}}{\mu_{\text{В}}} RT$ , где  $\mu_{\Gamma}$  — молярная масса гелия,  $\mu_{\text{В}}$  — средняя молярная масса воздуха,  $V$  — объем шара.

$$\text{Отсюда: } m_{\text{В}} = m_{\Gamma} \frac{\mu_{\text{В}}}{\mu_{\Gamma}}; m_{\text{В}} - m_{\Gamma} = m_{\Gamma} \left( \frac{\mu_{\text{В}}}{\mu_{\Gamma}} - 1 \right) = m_{\Gamma} \left( \frac{29}{4} - 1 \right) = 6,25 m_{\Gamma}; M + m = 6,25 m_{\Gamma}.$$

Следовательно,  $m_{\Gamma} = 100$  (кг).

Ответ: 100 кг.

31. Количество теплоты, согласно закону Джоуля–Ленца:

$$Q = (U^2/R) \cdot t. \quad (1)$$

Это количество теплоты затратится на нагревание проводника:

$$Q = c m \Delta T, \quad (2)$$

где масса проводника  $m = \rho l S$

$$(S — площадь поперечного сечения проводника.) \quad (3)$$

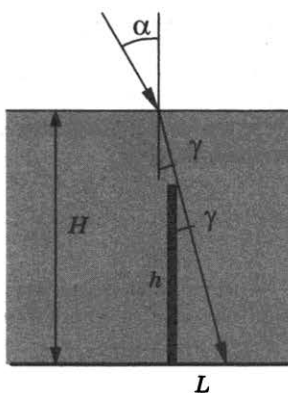
Сопротивление проводника:  $R = (\rho_{\text{эл}} l)/S$ .

$$\text{Из (1)–(4) получаем: } \Delta T = U^2 t / (c \rho l^2 \rho_{\text{эл}}) \approx 16 \text{ К.} \quad (4)$$

Из (1)–(4) получаем:  $\Delta T = U^2 t / (c \rho l^2 \rho_{\text{эл}}) \approx 16 \text{ К.}$

Ответ: 16 К.

32.



Согласно рисунку длина тени  $L$  определяется высотой сваи  $h$  и углом  $\gamma$  между сваей и скользящим по ее вершине лучом света:  $L = h \cdot \text{tg} \gamma$ . Этот угол является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды. Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ ,

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{1}{2n}, \quad \text{tg} \gamma = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}} = \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}.$$

Следовательно,  $L = h \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}$ , а высота сваи  $h = L \sqrt{(4n^2 - 1)}$ .

Ответ:  $h \approx 2$  м.

## Вариант 27

27. Лыдинка сможет выскользнуть из ямы через ее правый край.  
Трения при движении лыдинки нет, поэтому ее механическая энергия сохраняется. Запас кинетической энергии лыдинки в точке А позволяет ей подняться до уровня, где ее потенциальная энергия немного больше 4 Дж.  
Левый край ямы поднят до большей высоты. Следовательно, этого края лыдинка не достигнет и заскользит вправо. Правый же край ямы ниже: на верху этого края потенциальная энергия лыдинки меньше 4 Дж. Поэтому лыдинка выскользнет из ямы через правый край.

28. Уравнение теплового баланса:

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = M(t - t_1)c + m(t - t_2)c_B = 0;$$

где  $M$  — масса тела,  $m$  — масса воды,  $t$  — конечная температура воды в калориметре,  $t_1$  — начальная температура тела,  $t_2$  — начальная температура воды,  $c$  — удельная теплоемкость вещества, из которого сделано тело,  $c_B$  — удельная теплоемкость воды.

$$M = \frac{m(t - t_2)c_B}{(t_1 - t)c} = \frac{200 \cdot (30 - 23) \cdot 4,2 \cdot 10^3}{(100 - 30) \cdot 187} \approx 449 \text{ г.}$$

Ответ: 449 г.

29. Кинетическая энергия брусков после столкновения  $E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2}$ , где  $v$  — скорость системы после удара,

определяемая из закона сохранения импульса на горизонтальном участке:  $m_1 v_1 = (m_1 + m_2)v$ .

Исключая из системы уравнений скорость  $v$ , получим:

$$E = \frac{(m_1 + m_2)v^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 v_1^2}{2}.$$

Кинетическая энергия первого бруска перед столкновением определяется из закона сохранения механической энергии при скольжении по наклонной плоскости:  $\frac{m_1 v_1^2}{2} = m_1 gh$ , что дает выражение

$$E = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot \frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \cdot m_1 gh.$$

Подставляя значения масс и высоты из условия, получим численное значение  $E_k = 2,5$  Дж.

Ответ: 2,5 Дж.

30. Шар с грузом удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:  $(M + m)g + m_{\Gamma}g - m_B g = 0$ , где  $M$  и  $m$  — массы оболочки шара и груза,  $m_{\Gamma}$  — масса гелия, а  $F = m_B g$  — сила Архимеда, действующая на шар. Из условия равновесия следует:  $M + m = m_B - m_{\Gamma}$ .  
Давление  $p$  гелия и его температура  $T$  равны давлению и температуре окружающего воздуха.

Следовательно, согласно уравнению Клапейрона–Менделеева,  $pV = \frac{m_{\Gamma}}{\mu_{\Gamma}} RT = \frac{m_B}{\mu_B} RT$ , где  $\mu_{\Gamma}$  — молярная масса гелия,  $\mu_B$  — средняя молярная масса воздуха,  $V$  — объем шара.

$$\text{Отсюда: } m_B = m_{\Gamma} \frac{\mu_B}{\mu_{\Gamma}}; m_B - m_{\Gamma} = m_{\Gamma} \left( \frac{\mu_B}{\mu_{\Gamma}} - 1 \right) = m_{\Gamma} \left( \frac{29}{4} - 1 \right) = 6,25 m_{\Gamma}; M + m = 6,25 m_{\Gamma}.$$

Следовательно,  $m = 6,25 m_{\Gamma} - M = 6,25 \cdot 100 - 400 = 225$  кг.

Ответ : 225 кг.

31. Количество теплоты, согласно закону Джоуля—Ленца:

$$Q = (U^2/R) \cdot t. \tag{1}$$

Это количество теплоты затратится на нагревание проводника:

$$Q = ct \Delta T, \tag{2}$$

$$\text{где масса проводника } m = \rho l S \tag{3}$$

( $S$  — площадь поперечного сечения проводника).

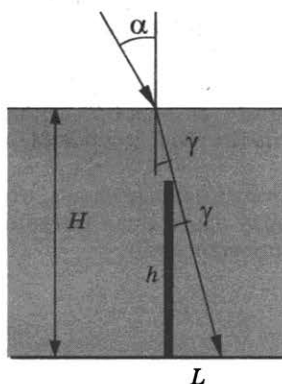
$$\text{Сопrotивление проводника: } R = (\rho_{\text{эл}} l)/S. \tag{4}$$

$$\text{Из (1)–(4) получаем: } U = \sqrt{\frac{c\rho_{\text{эл}} l^2 \Delta T}{t}}.$$

$U \approx 10$  В.

Ответ: 10 В.

32.



Согласно рисунку длина тени  $L$  определяется высотой сваи  $h$  и углом  $\gamma$  между сваей и скользящим по ее вершине лучом света:  $L = h \cdot \operatorname{tg} \gamma$ . Этот угол является и углом преломления солнечных лучей на поверхности воды.

Согласно закону преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n$ ,

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{n} = \frac{1}{2n}, \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{\sin \gamma}{\sqrt{1 - \sin^2 \gamma}} = \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}}.$$

$$\text{Следовательно, } L = h \frac{1}{\sqrt{4n^2 - 1}} = \frac{2}{\sqrt{4 \cdot \frac{16}{9} - 1}} = \frac{6}{\sqrt{55}} \approx 0,8 \text{ (м).}$$

Ответ:  $L \approx 0,8$  м.

### Вариант 28

27. 1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой влево.  
 2. На протон действуют магнитное поле силой  $F_M = qvB$  и электрическое поле силой  $F_e = qE$ . Поскольку заряд протона положительный,  $\vec{F}_e$  сонаправлена с  $\vec{E}$ , а по правилу левой руки  $\vec{F}_M$  направлена противоположно силе  $\vec{F}_e$ .  
 Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.  
 3. Сила действия электрического поля не зависит от скорости протона, а сила действия магнитного поля с увеличением его скорости возрастает. Поскольку приращение  $\vec{F}_M$ , а также вызываемое им ускорение направлены влево, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от первоначального направления движения протона влево.

28. Уравнение теплового баланса:

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = m_{\text{л}} \cdot \lambda + m_{\text{в}} (t - t_1) \cdot C_{\text{в}} = 0;$$

где  $m_{\text{л}}$  — масса льда,  $\lambda$  — удельная теплота плавления льда,  $m_{\text{в}}$  — искомая масса воды,  $t_1$  и  $t$  — начальная и конечная температуры воды,  $c_{\text{в}}$  — удельная теплоемкость воды.

$$m_{\text{в}} = \frac{m_{\text{л}} \lambda}{c_{\text{в}} (t_1 - t)} = \frac{210 \cdot 3,3 \cdot 10^5}{4,2 \cdot 10^3 \cdot (30 - 0)} = 550 \text{ г.}$$

Ответ: 550 г.

29. Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землей. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравновешивает действующую на него силу тяжести:  $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$  (здесь  $V_1$  и  $V_2$  — соответственно объемы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела).

$$\text{Отсюда: } \rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объема шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}$ .

По условию задачи  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{4}$ , так что  $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{4}$ , откуда

$$\rho = \frac{1}{4}(\rho_1 + 3\rho_2) = \frac{7}{4}\rho_1 = 700 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ:  $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$ .

30. Пусть  $p_0$  — давление азота в камере;  
 $p_1$  — давление в сосуде в ситуации на рис. 2;  
 $p_2$  — давление в сосуде при температуре  $T_0$  в конце опыта;  
 $S$  — площадь горизонтального сечения сосуда.

Параметры азота в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре  $T_1$  связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_1 h S}{T_1} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Условие равновесия пробки при температуре  $T_1$ :

$$p_0 S - F_{\text{пр1}} - p_1 S = 0, \text{ откуда } F_{\text{пр1}} = (p_0 - p_1) S.$$

Параметры азота в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_2 H S}{T_0} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}.$$

Условие равновесия пробки в конечном состоянии:  $p_2 S - p_0 S - F_{\text{пр1}} = 0$ ,

$$\text{откуда } p_2 = p_0 + \frac{F_{\text{пр1}}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Приравнявая друг к другу два выражения для  $p_2$ , получаем равенство  $\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}$ .

$$\text{Отсюда: } T_1 = T_0 \cdot \frac{h}{L} \cdot \left(2 - \frac{L}{H}\right) \approx 219 \text{ К.}$$

Ответ:  $T_1 \approx 219 \text{ К}$ .

31. Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течет. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течет ток силы, где  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$ , где  $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  — сопротивление внешней цепи (параллельно соединенных резисторов  $R_1$  и  $R_2$ ).

Так как конденсатор подключен параллельно с резисторами  $R_1$  и  $R_2$ , то напряжение на конденсаторе

$$U = IR_0 = \frac{\mathcal{E} R_0}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}.$$

Определим энергию электрического поля конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left( \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \right)^2, \text{ откуда найдем емкость конденсатора } C:$$

$$C = 2W \left( \frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{\mathcal{E} R_1 R_2} \right)^2 = 120 \cdot 10^{-6} \cdot \left( \frac{0,4 \cdot 10 + 24}{24 \cdot 10} \right)^2 \approx 1,6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф.}$$

Ответ:  $C \approx 1,6 \text{ мкФ}$ .

32. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха  $p_0$  и гелия  $p_1$ , т.е.  $p = p_0 + p_1$ .

Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} R T_0, \text{ где } V \text{ — объем контейнера; } T_0 \text{ — абсолютная температура в нем, } m_1 \text{ и } \mu_1 \text{ — соответственно}$$

масса и молярная масса гелия.

К определенному моменту времени  $t$  число атомов гелия  $N_1$  равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:  $N_1 = N_0 - N$  и  $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ , где

$N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$  — начальное число атомов полония;  $m$  и  $\mu$  — соответственно начальная масса полония и его мо-

лярная масса (0,210 кг/моль);  $N$  — оставшееся к моменту времени  $t$  число атомов полония;  $T$  — период полураспада полония.

Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония:

$$\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}, \text{ следовательно, } \frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_0}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right).$$

В результате математических преобразований получаем:

$$V = \frac{mRT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)}{(p - p_0)\mu} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}}\right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}}\right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} \approx 75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \approx 75 \text{ см}^3.$$

Ответ:  $\approx 75 \text{ см}^3$ .

## Вариант 29

27. 1. Траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от пунктирной прямой вправо.  
 2. На протон действуют магнитное поле силой  $F_M = qvB$  и электрическое поле силой  $F_e = qE$ . Поскольку заряд протона положительный,  $\vec{F}_e$  сонаправлена с  $\vec{E}$ , а по правилу левой руки  $\vec{F}_M$  направлена противоположно силе  $\vec{F}_e$ .  
 Поскольку первоначально протон двигался прямолинейно, то согласно второму закону Ньютона по модулю эти силы были равны.  
 3. Сила действия электрического поля увеличивается при увеличении модуля напряженности поля, а сила действия магнитного поля не меняется. Поскольку приращение  $\vec{F}_M$ , а также вызываемое им ускорение направлены вправо, траектория протона будет криволинейной, отклоняющейся от первоначального направления движения протона вправо.

28. Уравнение теплового баланса:

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = m_L \cdot \lambda + m_B (t - t_1) \cdot C_B = 0;$$

где  $m_L$  — масса льда,  $\lambda$  — удельная теплота плавления льда,  $m_B$  — искомая масса воды,  $t_1$  и  $t$  — начальная и конечная температуры воды,  $c_B$  — удельная теплоемкость воды.

$$m_B = \frac{m_L \lambda}{C_B (t_1 - t)} = \frac{210 \cdot 3,3 \cdot 10^5}{4,2 \cdot 10^3 \cdot (15 - 0)} = 1100 \text{ г.}$$

Ответ: 1100 г.

29. Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землей. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравновешивает действующую на него силу тяжести:

$\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$  (здесь  $V_1$  и  $V_2$  — соответственно объемы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объема шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

По условию задачи  $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{3}$ , так что  $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{3}$ , откуда

$$\rho = \frac{1}{3}(\rho_1 + 2\rho_2) = \frac{7}{3}\rho_1 = 2100 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ:  $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$ .

30. Пусть  $p_0$  — давление азота в камере;  
 $p_1$  — давление в сосуде в ситуации на рис. 2;  
 $p_2$  — давление в сосуде при температуре  $T_0$  в конце опыта;  
 $S$  — площадь горизонтального сечения сосуда.

Параметры газа в сосуде в первоначальном состоянии и при температуре  $T_1$  связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона–Менделеева:

$$\frac{p_1 h S}{T_1} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_1 = p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Условие равновесия пробки при температуре  $T_1$ :

$$p_0 S - F_{\text{пр1}} - p_1 S = 0, \text{ откуда } F_{\text{пр1}} = (p_0 - p_1) S.$$

Параметры газа в сосуде в первоначальном и конечном состояниях тоже связаны равенством, следующим из уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$\frac{p_2 H S}{T_0} = \frac{p_0 L S}{T_0}, \text{ откуда } p_2 = p_0 \cdot \frac{L}{H}.$$

Условие равновесия пробки в конечном состоянии:  $p_2 S - p_0 S - F_{\text{пр1}} = 0$ ,

$$\text{откуда } p_2 = p_0 + \frac{F_{\text{пр1}}}{S} = p_0 + p_0 - p_1 = 2p_0 - p_1 = 2p_0 - p_0 \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}.$$

Приравнявая друг к другу два выражения для  $p_2$ , получаем равенство  $\frac{L}{H} = 2 - \frac{L}{h} \cdot \frac{T_1}{T_0}$ .

$$\text{Отсюда } h = \frac{L \cdot \frac{T_1}{T_0}}{2 - \frac{L}{H}} \approx 43,8 \text{ см.}$$

Ответ:  $h \approx 43,8$  см.

31. Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течет. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течет ток силы  $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$ , где  $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$  — сопротивление внешней цепи (параллельно соединенных резисторов  $R_1$  и  $R_2$ ).

Так как конденсатор подключен параллельно с резисторами  $R_1$  и  $R_2$ , то напряжение на конденсаторе

$$U = IR_0 = \frac{\mathcal{E} R_0}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}.$$

Определим энергию электрического поля конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left( \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \right)^2, \text{ откуда найдем ЭДС источника:}$$

$$\mathcal{E} = \sqrt{\frac{2W}{C}} \cdot \frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{R_1 R_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{0,4 \cdot 12 + 20}{20}} = 2,48 \text{ В.}$$

Ответ:  $\mathcal{E} = 2,48$  В.

32. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха  $p_0$  и гелия  $p_1$ , т.е.  $p = p_0 + p_1$ . Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона-Менделеева:

$$p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} R T_0, \text{ где } V \text{ — объем контейнера; } T_0 \text{ — абсолютная температура в нем; } m_1 \text{ и } \mu_1 \text{ — соответственно}$$

масса и молярная масса гелия.

К определенному моменту времени  $t$  число атомов гелия  $N_1$  равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада:  $N_1 = N_0 - N$  и  $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ , где

$$N_0 = \frac{m}{\mu} N_A \text{ — начальное число атомов полония; } m \text{ и } \mu \text{ — соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль); } N \text{ — оставшееся к моменту времени } t \text{ число атомов полония; } T \text{ — период полураспада полония.}$$

Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония:

$$\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}, \text{ следовательно, } \frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_1}{N_A} \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) = \frac{m}{\mu} \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right).$$

В результате математических преобразований (в решении они должны быть представлены) получаем:

$$m = \frac{(p - p_0) V \mu}{R T_0 \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right)} = \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left( 1 - 2^{-\frac{7,5}{140}} \right)} = \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left( 1 - 2^{-\frac{1}{4}} \right)} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 1,2 \text{ г.}$$

Ответ:  $m \approx 1,2$  г.

### Вариант 30

27. Сила давления света во втором опыте больше, чем в первом. В обоих опытах происходит поглощение световой волны. Этот процесс можно рассматривать как поглощение за время  $t$  большого числа  $N \gg 1$  квантов света — фотонов. Каждый фотон при поглощении передает пластинке импульс  $p_\phi = \frac{h\nu}{c}$ , поэтому пластинка получает импульс, равный сумме импульсов поглощенных фотонов:  $p_\Sigma = Np_\phi = N \frac{h\nu}{c}$ .

В результате поглощения света пластинкой, покрытой сажей, она приобретает за время  $t$  импульс  $p_\Sigma$  в направлении распространения света от лазера. В соответствии с законом изменения импульса тела в инерциальной системе отсчета скорость изменения импульса тела равна силе, действующей на него со стороны других тел или полей:

$$F_1 = \frac{p_\Sigma}{t} = \frac{N}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

В результате отражения света от зеркальной пластины отраженный квант имеет импульс, противоположный по знаку импульсу кванта падающей волны:  $p'_\phi = -p_\phi$ , поэтому отраженная волна имеет импульс  $p'_\Sigma = -N'p_\phi = -N' \frac{h\nu}{c}$ . В итоге за время  $t$  импульс волны под действием зеркальной пластинки изменился. Это изменение

$$\Delta p_\Sigma = (-p'_\Sigma) - p_\Sigma = -(N + N') p_\phi.$$

Импульс системы «световая волна + зеркальная пластинка» сохраняется:

$$\Delta(p_\Sigma + p_{\text{пл}}) = 0, \text{ поэтому } \Delta p_{\text{пл}} = -\Delta p_\Sigma.$$

Но изменение импульса тела в инерциальной системе отсчета происходит только под действием других тел или полей и характеризуется силой

$$F_2 = \frac{p_{\text{пл}}}{t} = \frac{N + N'}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

Для хорошего зеркала  $N \approx N'$ , поэтому  $F_2 \approx 2F_1$ .

Сравнивая выражения для силы  $F_1$ , действующей на пластинку, покрытую сажей, и силы  $F_2$ , действующей на зеркало, приходим к выводу, что  $F_1 < F_2$ .

28. Для тормозного пути  $s$  выполняется следующее отношение:

$$s = \frac{v_0^2}{2a}, \text{ где } v_0 \text{ — скорость в начале торможения, } a \text{ — модуль ускорения.}$$

Поскольку  $l = 1$  км,  $\Delta v = 10$  м/с, тогда  $\frac{(v_0 - \Delta v)^2}{2a} = l$ .

$$\frac{v_0 - \Delta v}{v_0} = \sqrt{\frac{l}{s}}$$

$$v_0 - \Delta v = v_0 \sqrt{\frac{l}{s}}$$

$$v_0 \left( 1 - \sqrt{\frac{l}{s}} \right) = \Delta v$$

$$v_0 = \frac{\Delta v}{1 - \sqrt{\frac{l}{s}}} = \frac{10}{1 - \frac{1}{2}} = 20 \text{ м/с.}$$

Ответ: 20 м/с.

29. Скорость шайбы  $v$  в точке В найдем из баланса энергии шайбы в точках А и В с учетом потерь на трение:

$$\frac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E.$$

Отсюда:  $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$ .

Определим время полета  $t$  шайбы из точки В в точку D из соотношения

$$y = v \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2} = 0, \text{ где } y \text{ — вертикальная координата шайбы в системе отсчета с началом координат}$$

в точке В. Отсюда:  $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$ .

Дальность полета BD определим, подставляя это значение  $t$  в выражение для горизонтальной координаты  $x$  пайбы в той же системе отсчета:  $BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha$ .

Подставляя в выражение для BD значение  $v^2$ , получаем

$$BD = 2 \left( H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha. \text{ Отсюда: } \Delta E = mg \left( H - \frac{BD}{2 \sin 2\alpha} \right).$$

Ответ:  $\Delta E = 2$  Дж. Допускается ответ  $\Delta E = -2$  Дж, если из текста решения следует, что речь идет об изменении механической энергии.

30. При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{12}$ , а на участке 3–4 отдает холодильнику в изохорном процессе количество теплоты  $Q_{34}$ . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл  $A$  равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику:  $A = Q_{12} - Q_{34}$ .

По определению КПД теплового двигателя  $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$ , что позволяет найти теплоту, полученную от

нагревателя:  $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta}$ , если известно  $Q_{34}$ . Количество теплоты  $Q_{34}$ , отданное при изохорном охлаждении

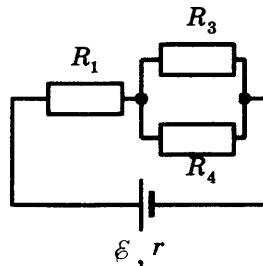
на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа на этом участке:  $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$ . Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа  $U = \frac{3}{2} RT$ .

$$\text{В итоге получим: } Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} R \frac{(t_{\max} - t_{\min})}{1 - \eta}.$$

$$\text{Подставляя значения физических величин, получим: } Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $Q_{12} \approx 3886$  Дж.

31.



После перегорания резистора  $R_2$  данную электрическую схему можно заменить эквивалентной схемой (см. рисунок). Тогда сопротивление внешней цепи  $R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R$ .

По закону Ома для полной цепи сила тока, текущего через источник в схеме,  $I = \frac{\varepsilon}{1,5R + r}$ .

Сила тока, текущего через резистор  $R_1$ , равна силе тока, текущего через источник. По закону Джоуля–Ленца мощность, выделяющаяся на нем,

$$P = I^2 R = \frac{\varepsilon^2 R}{(1,5R + r)^2} = \frac{12100 \cdot 20}{1024} \approx 236 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P \approx 236$  Вт.

32. При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции  $\Phi(t) = B(t)S$  через рамку площадью  $S = l^2$  изменяется, что создает в ней ЭДС индукции  $\varepsilon$ . В соответствии с законом индукции Фарадея

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = - \frac{\Delta B_n}{\Delta t} S.$$

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}.$$

За время  $\Delta t$  по рамке пройдет заряд  $q = I \Delta t$  и ЭДС индукции совершит работу  $A = \varepsilon q = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} I \Delta t = -I \Delta \Phi$ , которая перейдет в тепло.



Подставляя сюда выражения для силы тока и изменения потока:  $\Delta\Phi = S\Delta B$ , получим работу ЭДС индукции:

$$A = \frac{S^2 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t} = \frac{l^4 (\Delta B_n)^2}{R \Delta t}.$$

За время  $\Delta t_1 = t_1 = 2$  с на первом участке  $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = 0,6$  Тл, а на втором участке  $\Delta t_2 = t_2 - t_1 = 8$  с и  $\Delta B_2 = B_2 - B_1 = -1,0$  Тл, поэтому суммарное количество выделившейся теплоты

$$Q = A = A_1 + A_2 = \frac{l^4}{R} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$$

Отсюда находим сопротивление рамки:  $R = \frac{l^4}{Q} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_2)^2}{\Delta t_2} \right].$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$R = \frac{(0,1)^4}{10^{-4}} \left[ \frac{0,36}{2} + \frac{1}{8} \right] = 0,18 + 0,125 \approx 0,3 \text{ Ом}.$$

Ответ:  $R \approx 0,3$  Ом.

### Вариант 31

27. Увеличивается.

Свет, падающий на предмет, можно представить как поток фотонов с энергией  $E_\phi = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ . Известно, что длина волны зеленого света меньше длины волны красного света; следовательно, частота зеленого света больше, чем красного. Так как энергия фотона  $E = h\nu$ , то энергия фотонов зеленого света больше, чем красного.

Мощность светового излучения, падающего на площадку,  $P = E_\phi \cdot \frac{\Delta N}{\Delta t}$ , где  $\Delta t$  — интервал времени измерения (например,  $\Delta t = 1$  с);  $\Delta N$  — число фотонов, упавших на площадку за это время. В данном случае  $P_1 = P_2$ ,  $E_{\phi 1} > E_{\phi 2}$ ,

откуда  $\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = \frac{E_{\text{фот.зел}}}{E_{\text{фот.кр}}} > 1$ .

Следовательно, число фотонов увеличится.

28. Для тормозного пути  $s$  выполняется следующее соотношение:

$$s = \frac{v_0^2}{2a}, \text{ где } v_0 = 25 \text{ м/с, } a — \text{ модуль ускорения.}$$

Поскольку  $l = 1$  км,  $\Delta v = 15$  м/с, тогда  $\frac{(v_0 - \Delta v)^2}{2a} = l$ .

$$\frac{v_0^2}{(v_0 - \Delta v)^2} = \frac{s}{l},$$

$$s = \frac{lv_0^2}{(v_0 - \Delta v)^2} = \frac{10^3 \cdot 25^2}{(25 - 15)^2} = 6250 \text{ м}.$$

Ответ: 6250 м.

29. Скорость шайбы  $v$  в точке В найдем из баланса энергии шайбы в точках А и В с учетом потерь на трение:

$$\frac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E.$$

Отсюда:  $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$ .

Время  $t$  полета шайбы из точки В в точку D определим из зависимости:

$$y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0,$$

где  $y$  — вертикальная координата шайбы в системе отсчета с началом координат в точке В. Отсюда

$$t = \frac{2v \sin \alpha}{g}.$$

Дальность полета BD определяется из выражения для горизонтальной координаты  $x$  шайбы в той же системе отсчета:

$$BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha.$$

Подставляя в выражение для BD значение  $v^2$ , получаем:

$$BD = 2 \left( H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha.$$

$$\text{Отсюда находим массу шайбы: } m = \frac{2\Delta E \sin 2\alpha}{g(2H \sin 2\alpha - BD)} = 0,05 \text{ кг.}$$

Ответ:  $m = 0,05$  кг.

30. При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты  $Q_{12}$ , а на участке 3–4 отдает холодильнику в изохорном процессе количество теплоты  $Q_{34}$ . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл  $A$  равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику  $A = Q_{12} - Q_{34}$ , а КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}.$$

Количество теплоты  $Q_{12}$ , полученное при изобарном расширении на участке 1–2, равно сумме увеличения внутренней энергии газа при увеличении его температуры и работы газа на этом участке:  $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$ .

Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа  $U = \frac{3}{2} RT$ , а ее изменение  $\Delta U_{12} = \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R\Delta T_{12}$ .

Работа газа при изобарном расширении  $A_{12} = p_1(V_2 - V_1)$ . Выражая ее через изменение температуры с помощью уравнения Клапейрона–Менделеева  $pV = RT$ , получим:

$$A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = R\Delta T_{12}.$$

$$\text{Отсюда } Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{5}{2} R\Delta T_{12}.$$

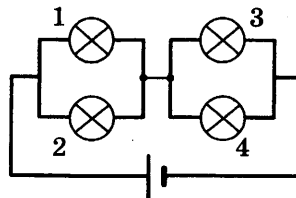
Количество теплоты  $Q_{34}$ , отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа на этом участке:  $Q_{34} = |\Delta U_{34}| = \frac{3}{2} R|\Delta T_{34}|$ .

$$\text{В итоге получим: } \eta = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}} = 1 - \frac{3|\Delta T_{34}|}{5\Delta T_{12}}.$$

$$\text{Отсюда находим: } \frac{\Delta T_{12}}{|\Delta T_{34}|} = 1,2.$$

$$\text{Ответ: } \frac{\Delta T_{12}}{|\Delta T_{34}|} = 1,2.$$

31. Сопротивление внешней цепи  $R_0 = \frac{R_1}{2} + \frac{R_2}{2} = \frac{R_1 + R_2}{2}$ .



$\varepsilon, r$

По закону Ома для полной цепи ток, текущий через источник в цепи,

$$I = \frac{\varepsilon}{R_0 + r} = \frac{2\varepsilon}{R_1 + R_2 + 2r}.$$

Сила тока, текущего через лампу 4, равна половине силы тока, текущего через источник. По закону Джоуля–Ленца мощность, выделяющаяся на лампе 4,

$$P = \left( \frac{I}{2} \right)^2 R_2 = \frac{\varepsilon^2 R_2}{(R_1 + R_2 + 2r)^2} = \frac{10000 \cdot 10}{1600} = 62,5 \text{ Вт.}$$

Ответ:  $P = 62,5$  Вт.

32. При изменении магнитного поля поток вектора магнитной индукции  $\Phi(t) = B(t)S$  через рамку площадью  $S$  изменяется, что создает в ней ЭДС индукции  $\mathcal{E}$ . В соответствии с законом индукции Фарадея
- $$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} S.$$

Эта ЭДС вызывает в рамке ток, сила которого определяется законом Ома для замкнутой цепи:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} = -\frac{\Delta B_n}{\Delta t} \frac{S}{R}.$$

За время  $\Delta t$  по рамке пройдет заряд  $q = I\Delta t$  и ЭДС индукции совершит работу  $A = \mathcal{E}q = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} I\Delta t = -I\Delta\Phi$ , которая перейдет в тепло.

Подставляя сюда выражения для силы тока и изменения потока  $\Delta\Phi = S\Delta B_n$ , получим работу ЭДС индукции:

$$A = \frac{S^2}{R} \frac{(\Delta B_n)^2}{\Delta t}.$$

За время  $\Delta t_1 = t_1 = 4$  с на участке графика  $ab$  изменение  $\Delta B_1 = B_1 - B_0 = 1,2$  Тл. На участке  $bc$  индукционный ток не возникает. На третьем участке  $cd$  —  $\Delta t_3 = t_3 - t_1 = \Delta t_1 = 4$  с и  $\Delta B_3 = B_2 - B_1 = -1,4$  Тл, поэтому суммарное количество теплоты

$$Q = A = A_1 + A_2 = \frac{S^2}{R} \left[ \frac{(\Delta B_1)^2}{\Delta t_1} + \frac{(\Delta B_3)^2}{\Delta t_3} \right].$$

$$\text{Отсюда } S = \sqrt{\frac{QR\Delta t_1}{(\Delta B_1)^2 + (\Delta B_3)^2}}.$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$S = \sqrt{\frac{4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,2 \cdot 4}{1,2^2 + 1,4^2}} = \sqrt{\frac{32,8}{3,4}} \cdot 10^{-2} \approx 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Ответ:  $S \approx 3,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ .

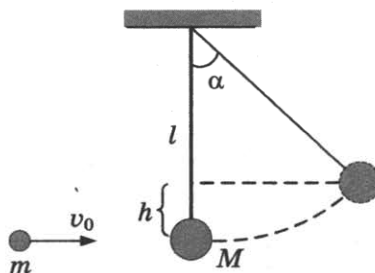
### Вариант 32

27. До замыкания ключа ток в цепи не течет, поэтому показания амперметра равны нулю, а показания вольтметра равны ЭДС источника.

Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показания вольтметра уменьшатся на величину напряжения на внутреннем сопротивлении источника. По закону Ома для полной цепи  $U = \mathcal{E} - Ir$ .

Показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся.

28.



Закон сохранения импульса:

$mv_0 = (m + M)u$ , где  $u$  — скорость груза с прилипшей пулей сразу после абсолютно неупругого удара.

Закон сохранения механической энергии:

$$(m + M) \frac{u^2}{2} = (m + M)gh = (m + M)(1 - \cos \alpha)gl$$

$$M = \frac{m(v_0 - \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)})}{\sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)}} = \frac{9 \left( 20 - \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,4 \left( 1 - \frac{1}{2} \right)} \right)}{\sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,4 \left( 1 - \frac{1}{2} \right)}} = 81 \text{ г.}$$

Ответ: 81 г.

29. Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const.}$$

В начальный момент и момент подъема на максимальную высоту  $H$  кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому ее потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:  $E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = E_{\text{пот}}^{\text{конеч}}$ .

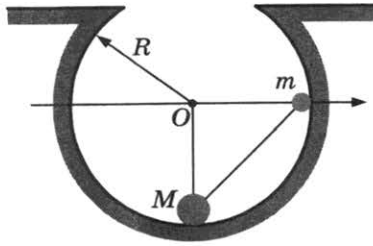


Рис. 1

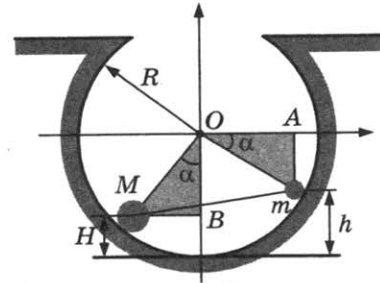


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное — на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы  $E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = mgR$ , а ее конечная потенциальная энергия  $E_{\text{пот}}^{\text{конеч}} = mgh + MgH$ . Закон сохранения энергии

приводит к уравнению, из которого следует, что  $(R - h) = \frac{M}{m} H$ .

При движении гантели по поверхности выемки высота подъема большого и малого грузов связаны. Заметим, что в прямоугольных треугольниках  $OmA$  и  $OMB$   $MB = mA = R - h$ ,  $OA = OB = R - H$ ,  $OM = Om = R$ , и воспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R - h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R - H)^2.$$

Отсюда следует:  $(R - h)^2 = H(2R - H)$ .

Подставим сюда выражение  $(R - h) = \frac{M}{m} H$ , полученное из закона сохранения энергии, и получим:

$$R = \frac{H}{2} \left( 1 + \frac{M^2}{m^2} \right).$$

Подставляя сюда значения физических величин, получим:  $R = 6(1 + 4) = 30$  см.

Ответ:  $R = 30$  см.

30. Из анализа графика цикла работа газа при переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0 V_0.$$

Количество теплоты, переданное газом за цикл холодильнику, согласно первому началу термодинамики:

$$|Q_x| = |Q_{23}| = (U_2 - U_3) + A_{32} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 3p_0 V_0 = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0 V_0) + 3p_0 V_0 = \frac{21}{2} p_0 V_0 = \frac{21}{8} A_{21}.$$

Ответ:  $|Q_x| \approx 13$  кДж.

- 31.

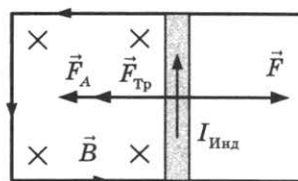


Рис. 1

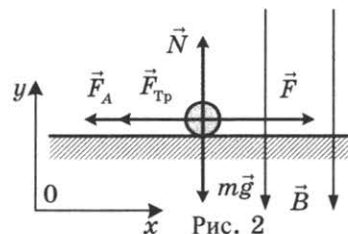


Рис. 2

При движении перемычки в однородном магнитном поле на ее концах возникает ЭДС электромагнитной индукции:  $\varepsilon = Bvl$ , где  $B$  — индукция магнитного поля;  $v$  и  $l$  — соответственно скорость и длина перемычки.

Согласно закону Ома для полной цепи в замкнутом контуре возникает индукционный ток:  $I_{\text{инд}} = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{Bvl}{R}$ ,

где  $R$  — сопротивление перемычки. Поскольку скорость перемычки постоянна, то ЭДС и индукционный ток также будут постоянными. Согласно правилу Ленца индукционный ток, возникающий в контуре, будет направлен так, чтобы своим магнитным полем препятствовать увеличению магнитного потока при движении

перемычки, т.е. против часовой стрелки (см. рисунок 1). Благодаря появлению индукционного тока на перемычку со стороны магнитного поля начнет действовать сила Ампера, направленная согласно правилу левой руки в противоположную движению сторону:  $F_A = BI_{\text{инд}} l = \frac{B^2 l^2 V}{R}$ .

На перемычку действуют пять сил: сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила реакции опоры  $\vec{N}$ , сила трения  $\vec{F}_{\text{тр.}}$ , сила Ампера  $\vec{F}_A$  и сила  $\vec{F}$ , приложенная к перемычке (см. рисунок 2). Перемычка движется с постоянной скоростью, поэтому ее ускорение равно нулю. Проекция второго закона Ньютона имеют вид:  $Ox: 0 = F - F_{\text{тр.}} - F_A$ ;  $Oy: 0 = N - mg$ .

Сила трения скольжения  $F_{\text{тр.}} = \mu N = \mu mg$ .

В итоге получаем:  $V = \frac{(F - \mu mg) R}{(Bl)^2} = \frac{(1,13 - 0,25 \cdot 0,092 \cdot 10) \cdot 0,1}{(0,15 \cdot 1)^2} = 4 \text{ м/с}$ .

Ответ:  $V = 4 \text{ м/с}$ .

32. В серии Бальмера энергия фотона равна  $E_n - E_2$ , где  $n = 3, 4, \dots$ . Аналогично в серии Пашена энергия фотона равна  $E_n - E_3$ , где  $n = 4, 5, \dots$ .

Частота фотона связана с его энергией равенством  $h\nu = E$ , где  $h$  — постоянная Планка.

Поэтому  $\beta = \frac{E_3 - E_2}{E_\infty - E_3} = \frac{\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}}{\frac{1}{3^2} - 0} = 1,25$ .

Ответ:  $\beta = 1,25$ .



# Бланк ответов № 1

Код региона    Код предмета    Название предмета

С порядком проведения  
единого государственного экзамена ознакомлен: а)  
Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

Резерв - 4



Заполнять гелевой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ чернилами ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ и ЦИФРАМИ по следующим образцам:

А Б В Г А Е Е Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я  
А В С D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z , -  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 А А А О О Е Е Е Е Е I I U U P P C

**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

## Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

1	<input type="text"/>	21	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	22	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	23	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	24	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	25	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	26	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	27	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	28	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	29	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	30	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	31	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>	32	<input type="text"/>
13	<input type="text"/>	33	<input type="text"/>
14	<input type="text"/>	34	<input type="text"/>
15	<input type="text"/>	35	<input type="text"/>
16	<input type="text"/>	36	<input type="text"/>
17	<input type="text"/>	37	<input type="text"/>
18	<input type="text"/>	38	<input type="text"/>
19	<input type="text"/>	39	<input type="text"/>
20	<input type="text"/>	40	<input type="text"/>

## Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	-	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Заполняется ответственным организатором в аудитории:

Количество заполненных полей  
«Замена ошибочных ответов»

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка



Единый государственный экзамен - 2020

# Бланк ответов № 2 лист 1

Код региона  
□□

Код предмета  
□□

Название предмета  
□□□

Резерв - 5 □□□□□□

Бланк ответов № 2  
(лист 2)

□□□□□□□□□□□□□□□□

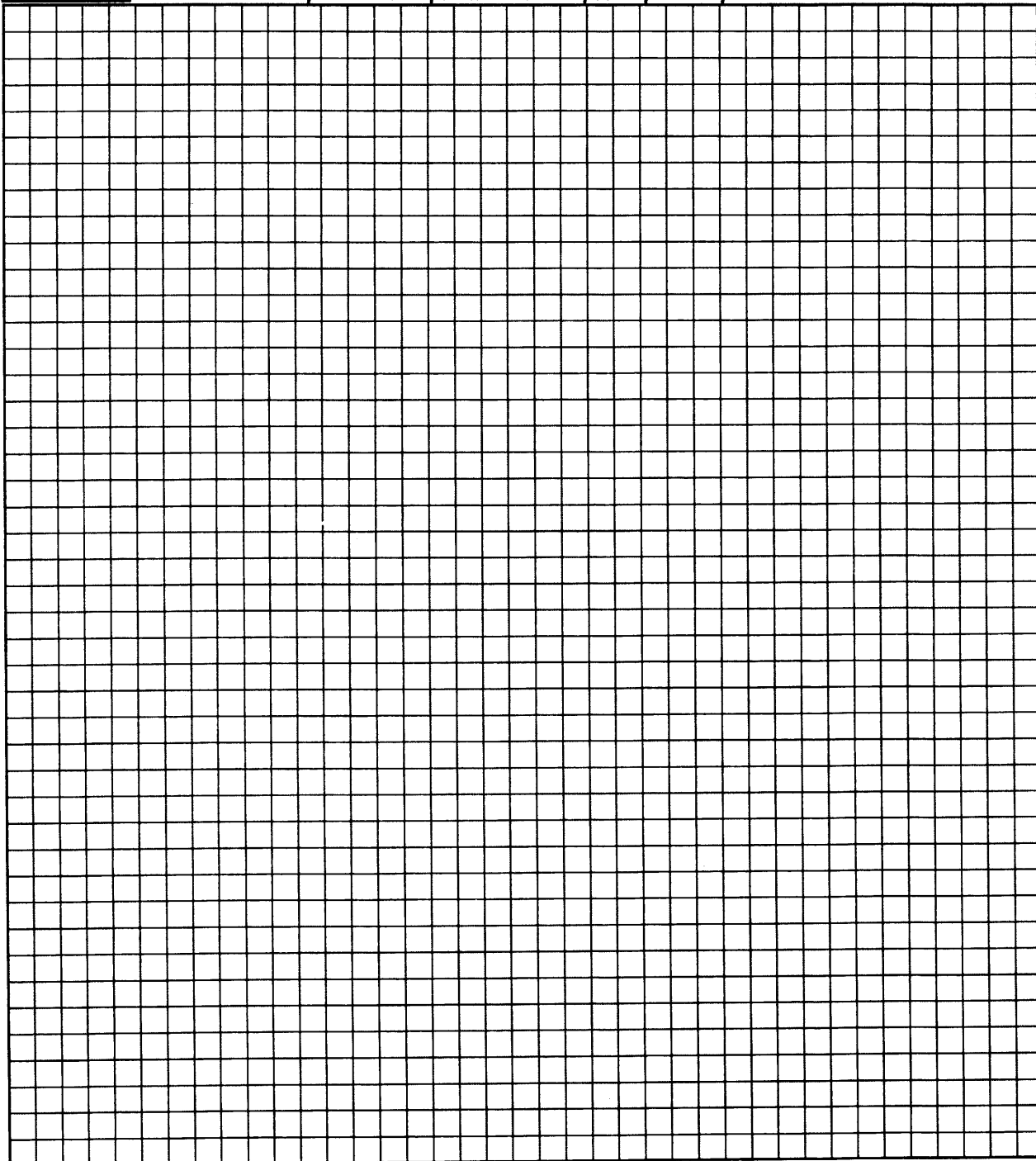
Лист □□□



Перепишите значения полей "Код региона", "Код предмета", "Название предмета" на БЛАНКА РЕГИСТРАЦИИ.  
Отвечая на задания с РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ, пишите аккуратно и разборчиво, соблюдая разметку страницы.  
Не забудьте указать номер задания, на которое Вы отвечаете, например, 31.  
Условия задания переписывать не нужно.



**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте



Оборотная сторона бланка НЕ ЗАПОЛНЯЕТСЯ. Используйте бланк ответов № 2 (лист 2).

*Справочное издание*

**Лукашева Екатерина Викентьевна  
Чистякова Наталия Игоревна**

# **ФИЗИКА**

## **ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН**

### **ТИПОВЫЕ ВАРИАНТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ ЗАДАНИЙ**



Издательство **«ЭКЗАМЕН»**

Гигиенический сертификат  
№ РОСС RU C-RU.AK01.H.04670/19 с 23.07.2019 г.

Главный редактор *Л. Д. Лапто*  
Редактор *Г. А. Лонцова*  
Технический редактор *Л. В. Павлова*  
Корректоры *Е. Ю. Салтыкова, И. Д. Баринская*  
Дизайн обложки *Л. В. Демьянова*  
Компьютерная верстка *М. В. Демина, А. П. Юскова*

Россия, 107045, Москва, Луков пер., д. 8.  
[www.examen.biz](http://www.examen.biz)

E-mail: по общим вопросам: [info@examen.biz](mailto:info@examen.biz);  
по вопросам реализации: [sale@examen.biz](mailto:sale@examen.biz)  
тел./факс 8(495)641-00-30 (многоканальный)

Общероссийский классификатор продукции  
ОК 034-2014; 58.11.1 — книги печатные

Отпечатано в полном соответствии с предоставленными материалами  
в типографии ООО «Чеховский печатник».  
142300, Московская область, г. Чехов, ул. Полиграфистов, д. 1.  
Тел.: +7 915 222 15 42, +7 926 063 81 80.

**По вопросам реализации обращаться по тел.: 8(495)641-00-30 (многоканальный).**