

ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

**ФИПИ**  
ШКОЛЕ

**2021**

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

**ЕГЭ**

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

**ФИЗИКА**

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

**М. Ю. ДЕМИДОВОЙ**



ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

**ФИПИ**  
ШКОЛЕ

**2021**

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

**ЕГЭ**

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

**ФИЗИКА**

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ  
М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ

Москва  
2021

УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я721  
Е31

**Пособие прошло научно-методическую оценку ФГБНУ «ФИПИ»**

**Авторы-составители:**

**М. Ю. Демидова, В. А. Грибов, А. И. Гиголо**

Под редакцией М. Ю. Демидовой,  
руководителя комиссии по разработке КИМ, используемых при проведении  
государственной итоговой аттестации по образовательным программам  
основного общего и среднего общего образования по физике

**ЕГЭ. Физика : типовые экзаменационные варианты :**  
Е31 10 вариантов / под ред. М. Ю. Демидовой. — М. :  
Издательство «Национальное образование», 2021. —  
160 с. — (ЕГЭ. ФИПИ — школе).

**ISBN 978-5-4454-1450-6**

Серия подготовлена разработчиками контрольных измерительных  
материалов (КИМ) единого государственного экзамена.

В сборнике представлены:

- 10 типовых экзаменационных вариантов, составленных  
в соответствии с проектом демоверсии КИМ ЕГЭ по физике  
2021 года;
- инструкция по выполнению экзаменационной работы;
- ответы ко всем заданиям;
- критерии оценивания.

Выполнение заданий типовых экзаменационных вариантов  
предоставляет обучающимся возможность самостоятельно подготовиться  
к государственной итоговой аттестации в форме ЕГЭ, а также  
объективно оценить уровень своей подготовки к экзамену.

Учителя могут использовать типовые экзаменационные варианты  
для организации контроля результатов освоения школьниками  
образовательных программ среднего общего образования и интенсивной  
подготовки обучающихся к ЕГЭ.

**УДК 373.167.1:53  
ББК 22.3я721**

**ISBN 978-5-4454-1450-6**

© ООО «Издательство «Национальное  
образование», 2021

# Содержание

Введение . . . . .	4
Карта индивидуальных достижений обучающегося . . . . .	6
Типовые бланки ответов ЕГЭ . . . . .	7
Инструкция по выполнению работы . . . . .	9
Справочные данные . . . . .	10
Вариант 1. . . . .	12
Вариант 2. . . . .	23
Вариант 3. . . . .	34
Вариант 4. . . . .	44
Вариант 5. . . . .	54
Вариант 6. . . . .	65
Вариант 7. . . . .	76
Вариант 8. . . . .	86
Вариант 9. . . . .	96
Вариант 10. . . . .	106
Ответы и критерии оценивания . . . . .	116

# Введение

Предлагаемый сборник содержит 10 типовых экзаменационных вариантов для систематического повторения учащимися учебного материала по физике и подготовки к единому государственному экзамену (ЕГЭ).

Справочные данные, которые необходимы для решения всех вариантов, даются в начале сборника.

После выполнения вариантов правильность своих ответов учащийся может проверить, воспользовавшись таблицей ответов в конце книги. Для заданий, требующих развёрнутого ответа, приводятся подробные решения.

В книге приведены типовые бланки ответов ЕГЭ, а также дана карта индивидуальных достижений обучающегося, которую можно использовать для отслеживания динамики результативности выполнения заданий типовых экзаменационных вариантов.

Выполняя задания представленных вариантов, *учащийся получает возможность эффективно повторить учебный материал всех тем курса и самостоятельно подготовиться к экзамену.*

*Учителям книга будет полезна для организации различных форм подготовки к ЕГЭ, а также для контроля знаний на уроках физики.*

## Назначение и структура типовых вариантов

Типовые экзаменационные варианты по структуре и форме полностью соответствуют вариантам контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена по физике. Экзаменационная работа включает в себя задания, проверяющие освоение элементов содержания из всех разделов школьного курса физики, при этом для каждого раздела предлагаются задания трёх уровней сложности.

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из 2 частей и включает в себя 32 задания разной формы и разного уровня сложности. Часть 1 содержит 24 задания с кратким ответом. Из них 13 заданий с записью ответа в виде числа, слова или двух чисел, 11 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр. Задания 1–21 группируются исходя из тематической принадлежности: механика — 7 заданий, молекулярная физика — 5 заданий, электродинамика — 6 заданий, квантовая физика — 3 задания. Эти задания проверяют освоение понятийного аппарата школьного курса физики.

Группа заданий по каждому разделу начинается с заданий, в которых после проведения несложных математических расчётов нужно записать ответ в виде числа. Затем идут задания на множественный выбор, а в конце раздела — одно или два задания на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками, или формулами. Ответ к этим заданиям записывается в виде двух цифр.

В конце части 1 предлагаются два задания, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. В задании 22 нужно записать показания прибора с учётом абсолютной погрешности измерений, а в задании 23 выбрать две экспериментальные установки, которые можно использовать для проверки заданной гипотезы.

Задание 24 проверяет элементы астрономических знаний, которые включены в программу курса физики. В этом задании необходимо выбрать все верные утверждения из пяти предложенных. Оценивается оно максимально в 2 балла.

Вторая часть работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы, наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе. В каждом варианте 2 расчётные задачи с кратким ответом и 6 задач с развёрнутым ответом повышенного и высокого уровней сложности, из которых одна качественная и пять — расчётные. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 — по молекулярной физике и термодинамике, 3 — по электродинамике и одна задача по квантовой физике.

### **Система оценивания заданий**

Правильный ответ на задания с кратким ответом (1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25 и 26) оценивается в 1 балл. Задания на изменение физических величин, на соответствие и множественный выбор (5–7, 11, 12, 16–18 и 21) оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, ставится 0 баллов. Задание 24 оценивается в 2 балла, если указаны все верные ответы; в 1 балл, если допущена одна ошибка или дополнительно к верным ответам указан один неверный; в 0 баллов, если указан только один верный ответ или дополнительно к верным указано два неверных ответа.

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией на основе критериев, представленных в таблицах к решениям заданий варианта 1. За выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 2 баллов за задание 28 и от 0 до 3 баллов — за задания 27 и 29–32.

Максимальный первичный балл за всю работу составляет 53 балла.

## Карта индивидуальных достижений обучающегося

Впишите баллы, полученные Вами при выполнении типовых экзаменационных вариантов, в таблицу.

Вариант Задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
Сумма баллов										



# Бланк ответов № 1

Код региона    Код предмета    Название предмета

Резерв - 4

Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

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

А Б В Г Д Е Ё 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  
A B C 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

**ВНИМАНИЕ!** Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте  
Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

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

Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

-  
-  
-

-  
-  
-

Заполняется ответственным организатором в аудитории:

Количество заполненных полей  
«Замена ошибочных ответов»

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка





Единый государственный экзамен – 2021

# 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

## Инструкция по выполнению работы

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 приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ:                   -2,5                   м/с<sup>2</sup>.                   - 2 , 5                   Бланк

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 приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: 

А	Б
4	7

                   4 |                   Бланк

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

КИМ Ответ:                   вправо                  .                   В П Р А В О                   Бланк

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

КИМ 

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

                   3 8 9 4                   Бланк

КИМ Ответ:                   (1,4 ± 0,2)                   Н.                   1 , 4 0 , 2                   Бланк

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 чёрными 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!*

## Справочные данные

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

### 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	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
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	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
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	$T = 6000 \text{ К}$

<b>Плотность</b>		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>

<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

<b>Удельная теплота</b>	
парообразования воды	2,3 · 10 <sup>6</sup> Дж/кг
плавления свинца	2,5 · 10 <sup>4</sup> Дж/кг
плавления льда	3,3 · 10 <sup>5</sup> Дж/кг

**Нормальные условия:** давление 10<sup>5</sup> Па, температура 0 °С

<b>Молярная масса</b>			
азота	28 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль	молибдена	96 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль
гелия	4 · 10 <sup>-3</sup> кг/моль		

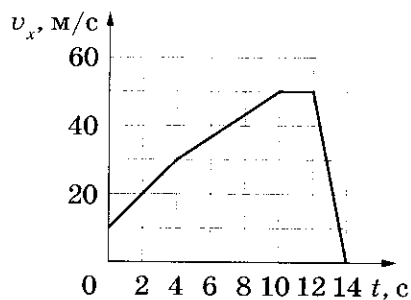
# ВАРИАНТ 1

## 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости прямолинейно движущегося тела от времени  $t$ .

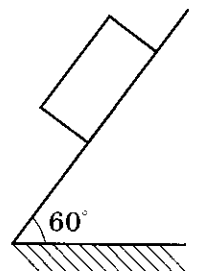


Чему равна проекция ускорения тела  $a_x$  в момент времени 13 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2

Деревянный брусок массой 0,5 кг скользит по гладкой наклонной плоскости, образующей угол  $60^\circ$  с горизонтом (см. рисунок). С какой силой брусок давит на наклонную плоскость?



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

3

В инерциальной системе отсчёта под действием постоянной силы тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении. За 4 с импульс тела изменился на 20 кг · м/с. Чему равен модуль силы?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4 Сосновый брусок объёмом  $2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$  плавает в керосине. Определите архимедову силу, действующую на брусок.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 5 Из начала декартовой системы координат  $Oxy$  в момент времени  $t = 0$  тело (материальная точка) брошено под углом к горизонту. Ось  $x$  направлена вдоль горизонтальной поверхности; ось  $y$  — вертикально вверх. В таблице приведены результаты измерения проекции скорости тела  $v_y$  и значения координаты  $x$  в зависимости от времени наблюдения.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Проекция скорости $v_y$ , м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0
Координата $x$ , м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Выберите *два* верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

- 1) В начальный момент времени скорость тела равна 4 м/с.
- 2) Тело брошено под углом  $30^\circ$  к горизонту.
- 3) Длительность полёта тела составила 1 с.
- 4) В момент времени  $t = 0,5$  с тело находилось на высоте 0,45 м от поверхности Земли.
- 5) В момент падения скорость тела была примерно равна 7 м/с.

Ответ:

- 6 Железный сплошной шарик совершает малые свободные колебания на лёгкой нерастяжимой нити. Затем этот шарик заменили на сплошной алюминиевый шарик такого же диаметра. Амплитуда колебаний в обоих случаях одинакова.

Как при этом изменятся период свободных колебаний и максимальная потенциальная энергия шарика?

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 свободных колебаний шарика	Максимальная потенциальная энергия шарика
<input type="text"/>	<input type="text"/>

7

Тело, брошенное с горизонтальной поверхности Земли со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту, поднимается на максимальную высоту  $h$  над земной поверхностью и затем падает на землю на расстоянии  $S$  от места броска. Сопротивлением воздуха пренебречь.

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

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

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) максимальная высота  $h$  над горизонтом  
 Б) модуль горизонтальной проекции скорости тела непосредственно перед падением на землю

## ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

8

Давление 1 моль водорода в сосуде при абсолютной температуре  $T_0$  равно 100 кПа. Сколько моль кислорода в этом сосуде создадут давление 300 кПа при вдвое большей абсолютной температуре?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

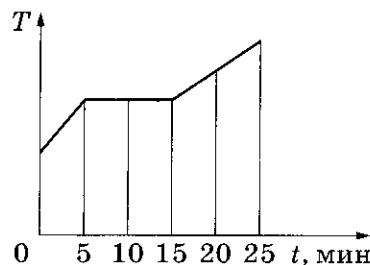
9

В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 20 кДж, при этом в процессе расширения он совершил работу 12 Дж. Какое количество теплоты газ отдал окружающей среде?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10

В котелок насыпали кусочки свинца и поставили на электрическую плитку. В минуту плитка передаёт свинцу в среднем количество теплоты, равное 500 Дж. Диаграмма изменения температуры свинца с течением времени показана на рисунке. Какая масса свинца участвовала в эксперименте?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

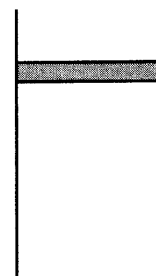
**11** В двух сосудах с одинаковыми объёмами находится по 1 моль гелия и неона. В первом сосуде находится гелий при температуре 127 °С; во втором — неон при температуре 200 К.

Выберите **два** верных утверждения о параметрах состояния указанных газов.

- 1) Температура гелия ниже, чем температура неона.
- 2) Среднеквадратичная скорость молекул гелия меньше, чем молекул неона.
- 3) Давление неона больше, чем давление гелия.
- 4) Средняя кинетическая энергия молекул неона в 2 раза меньше, чем молекул гелия.
- 5) Концентрация газов в сосудах одинакова.

Ответ:

**12** В цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится газ (см. рисунок). Поршень может перемещаться в сосуде без трения. Из сосуда медленно выпускается половина массы газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого давление газа и сила, действующая на дно сосуда со стороны газа? Масса газа пренебрежимо мала по сравнению с массой поршня.



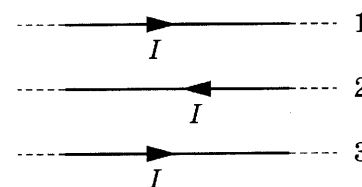
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление газа	Сила, действующая на дно сосуда со стороны газа

**13** Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на проводник № 3 со стороны двух других (см. рисунок)? Все проводники прямые, длинные, тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу. Расстояния между соседними проводниками одинаковы.  $I$  — сила тока. *Ответ запишите словом (словами).*

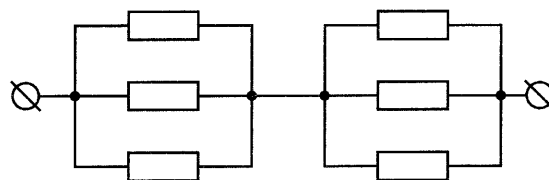


Ответ: \_\_\_\_\_.



14

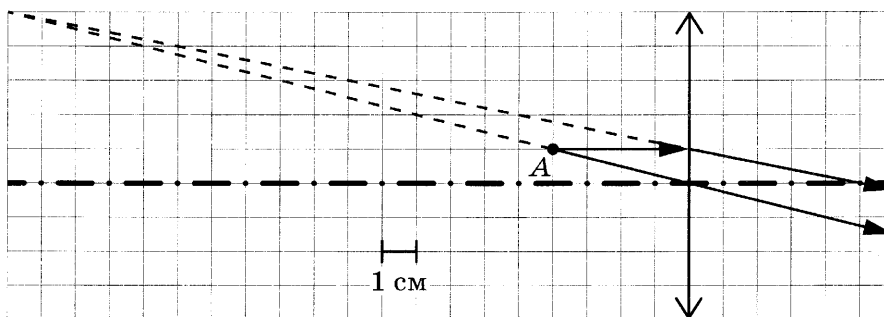
На рисунке приведена схема участка цепи. Сопротивление каждого резистора равно 15 Ом. Каково сопротивление всего участка цепи?



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

15

На рисунке показан ход лучей от точечного источника света  $A$  через тонкую линзу.

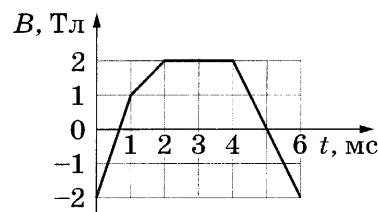


Чему равна оптическая сила линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 1 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ дптр.

16

Проволочная рамка площадью  $60 \text{ см}^2$  помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Величина индукции магнитного поля  $B$  изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения о процессах, происходящих в рамке.

- 1) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, максимален в интервале времени от 1 до 2 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс оставался равным 12 мВб.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 4) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 24 В.
- 5) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ:

17

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ .

Как изменятся радиус орбиты и частота обращения этой частицы, движущейся с такой же скоростью, если индукция магнитного поля уменьшится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

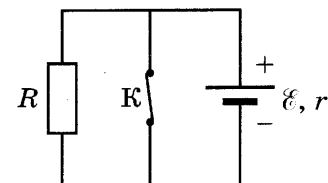
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Радиус орбиты	Частота обращения

18

На рисунке показана цепь постоянного тока. Сопротивление резистора равно  $R$ . Внутреннее сопротивление источника тока равно  $r$ .  $\mathcal{E}$  — ЭДС источника тока.



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) тепловая мощность, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника при разомкнутом ключе К
- Б) тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе  $R$  при замкнутом ключе К

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{\mathcal{E}^2 r}{(R + r)^2}$
- 2)  $\frac{\mathcal{E}^2}{R}$
- 3)  $\frac{\mathcal{E}^2 R}{(R + r)^2}$
- 4) 0

Ответ:

А	Б

19

Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре лоуренсия  ${}_{103}^{256}\text{Lr}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

20

Какая доля исходного большого числа радиоактивных ядер (в процентах) останется нераспавшейся за интервал времени, равный трём периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

21

Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_{\text{ф}}$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно  $U_{\text{зап}}$ .

Как изменятся модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов  $E_{\text{ф}}$  уменьшится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

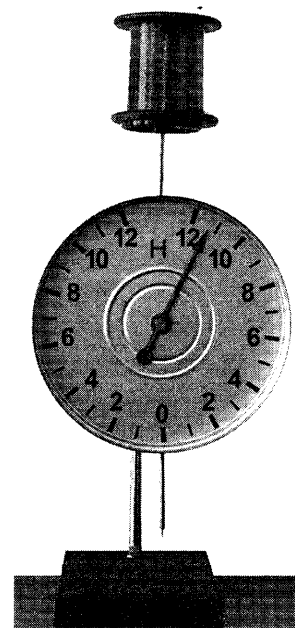
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта

22

Погрешность прямого измерения силы демонстрационным динамометром, на столике которого стоит груз, равна цене деления (см. рисунок). Определите вес груза.



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

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

- 23** Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от его температуры. Имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных значениях температуры и давления (см. таблицу).

Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	100	70	20
2	150	50	15
3	100	30	10
4	150	30	15
5	50	70	20

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ:

- 24** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а. е.)	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	87,97 суток	4,25
Венера	0,72	12 104	224,7 суток	10,36
Земля	1,00	12 756	365,3 суток	11,18
Марс	1,52	6794	687 суток	5,02
Юпитер	5,20	142 984	11 лет 315 суток	59,54
Сатурн	9,58	120 536	29 лет 168 суток	35,49
Уран	19,19	51 118	84 года 5 суток	21,29
Нептун	30,02	49 528	164 года 290 суток	23,71

Выберите *все* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Орбита Венеры находится на расстоянии примерно 0,11 млрд км от Солнца.
- 2) Ускорение свободного падения на Марсе составляет 5,02 м/с<sup>2</sup>.
- 3) Первая космическая скорость для спутника Юпитера составляет примерно 42,1 км/с.
- 4) Угловая скорость движения Нептуна по орбите вокруг Солнца почти в 2 раза больше, чем угловая скорость Урана.
- 5) Объём Меркурия примерно в 2,7 раз меньше объёма Марса.

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

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

Постоянную массу идеального газа изобарно сжимают из состояния с температурой  $T_1 = 360$  К так, что объём газа изменяется в 1,6 раза. Чему равен модуль изменения температуры газа  $|T_2 - T_1|$  в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26

Две частицы с одинаковой кинетической энергией, имеющие отношение зарядов  $\frac{q_1}{q_2} = 2$ , влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и движутся по окружностям с отношением радиусов  $\frac{R_1}{R_2} = 2$ . Определите отношение масс  $\frac{m_1}{m_2}$  этих частиц.

Ответ: \_\_\_\_\_.

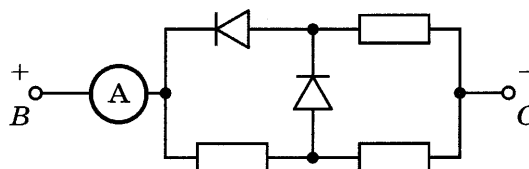


*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

*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 чётко и разборчиво.*

27

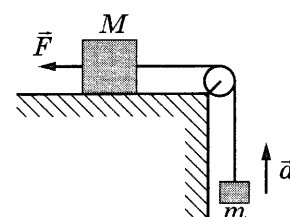
Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках  $B$  и  $C$ . Показания амперметра равны 2 А. Определите показания амперметра при смене полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора. Опираясь на законы электродинамики, поясните свой ответ. Сопротивлением амперметра и внутренним сопротивлением аккумулятора 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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

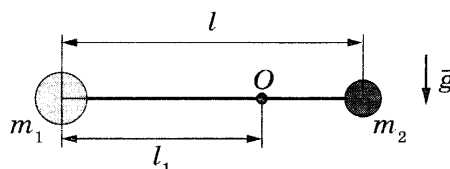
28

Груз массой  $M = 2$  кг, лежащий на столе, связан с грузом массой  $m = 0,25$  кг лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$ , равная по модулю  $10$  Н (см. рисунок). При этом второй груз движется с ускорением  $2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вверх. Определите коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола.



29

Два небольших груза массами  $m_1 = 2m$  и  $m_2 = m = 30$  г закреплены на невесомом жёстком стержне длиной  $l$ . Стержень может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$ , расположенную между грузами (см. рисунок). Стержень удерживают в горизонтальном положении и отпускают без толчка. Найдите модуль силы  $\vec{F}$ , с которой груз  $m_1$  действует на стержень в тот момент, когда он проходит положение равновесия. Расстояние от точки  $O$  до груза  $m_1$  равно  $l_1 = \frac{2}{3}l$ .

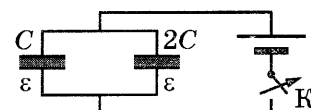


30

В сосуде под поршнем находился влажный воздух. Объём воздуха изотермически уменьшили в  $3$  раза, при этом после сжатия  $m = 10$  г водяных паров сконденсировалась. Определите начальную относительную влажность воздуха, если до сжатия в сосуде было  $m_0 = 18$  г водяных паров.

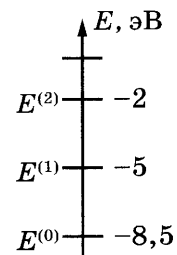
31

Два плоских конденсатора ёмкостью  $C$  и  $2C$  соединены параллельно, заряжены до разности потенциалов  $U$ . Пространство между их обкладками заполнено жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$ . Затем источник напряжения отключили (см. рисунок). Какой станет разность потенциалов между обкладками левого конденсатора, если теперь из правого конденсатора диэлектрик вытечет?



32

Схема нижних энергетических уровней атомов некоторого элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон, обладая начальным импульсом  $p_0 = 6,5 \cdot 10^{-25}$  кг · м/с, столкнувшись с одним из таких атомов, приобрёл некоторую дополнительную энергию. Определите импульс электрона после столкновения  $p$ . Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном и кинетической энергией атома пренебречь.



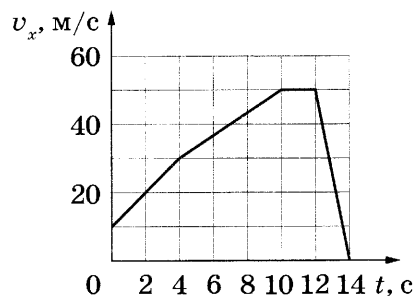
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 2

### 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

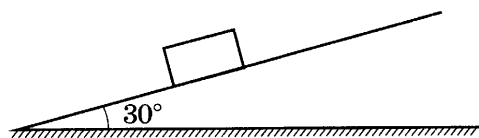
- 1 На рисунке показан график зависимости проекции  $v_x$  скорости прямолинейно движущегося тела от времени  $t$ .



Чему равна проекция перемещения тела  $S_x$  в интервале времени от 4 до 10 с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Деревянный брусок массой 0,4 кг покоится на деревянной наклонной плоскости, образующей угол  $30^\circ$  с горизонтом (см. рисунок). Определите силу трения, действующую на брусок.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Под действием постоянной силы 4 Н тело массой 0,5 кг движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении. За какое время импульс тела изменится на  $10 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.



4

Сосновый брусок имеет объём  $5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ . Определите архимедову силу, возникающую при его полном погружении в воду.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

5

Из начала декартовой системы координат  $Oxy$  в момент времени  $t = 0$  тело (материальная точка) брошено под углом к горизонту. Ось  $x$  направлена вдоль горизонтальной поверхности; ось  $y$  — вертикально вверх. В таблице приведены результаты измерения проекции скорости тела  $v_y$  и значения координаты  $x$  в зависимости от времени наблюдения.

Время, с	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Проекция скорости $v_y$ , м/с	4,0	3,0	2,0	1,0	0	-1,0	-2,0	-3,0	-4,0	-5,0
Координата $x$ , м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Выберите **два** верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

- 1) В начальный момент времени скорость тела равна 4 м/с.
- 2) Тело брошено под углом  $45^\circ$  к горизонту.
- 3) Длительность полёта тела составила 0,5 с.
- 4) В момент времени  $t = 0,6$  с тело находилось на высоте 1,2 м от поверхности Земли.
- 5) В момент падения скорость тела была равна 5 м/с.

Ответ:

6

Алюминиевый сплошной шарик совершает малые свободные колебания на лёгкой нерастяжимой нити. Затем этот шарик заменили на сплошной железный шарик такого же диаметра. Амплитуда колебаний в обоих случаях одинакова.

Как при этом изменятся частота свободных колебаний и максимальная кинетическая энергия шарика?

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 свободных колебаний шарика	Максимальная кинетическая энергия шарика

7 Тело, брошенное с горизонтальной поверхности Земли со скоростью  $v$  под углом  $\alpha$  к горизонту, поднимается на максимальную высоту  $h$  над земной поверхностью и затем падает на землю на расстоянии  $S$  от места броска. Сопротивлением воздуха пренебречь.

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

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

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А) дальность полёта  $S$  тела  
 Б) модуль вертикальной проекции скорости тела непосредственно перед падением на землю

**ФОРМУЛЫ**

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

Ответ:

А	Б

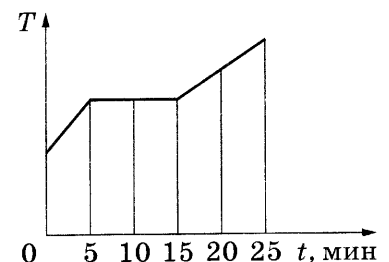
8 Давление 1 моль водорода в сосуде при абсолютной температуре  $T_0$  равно 200 кПа. Каково давление 4 моль азота в этом сосуде при вдвое меньшей абсолютной температуре?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9 В процессе эксперимента внутренняя энергия газа уменьшилась на 15 кДж, и он отдал окружающей среде количество теплоты, равное 10 кДж. Какую работу совершил газ в процессе расширения?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10 В котелок насыпали кусочки свинца массой 0,1 кг и поставили на электрическую плитку. В минуту плитка передаёт свинцу в среднем количество теплоты, равное 650 Дж. Диаграмма изменения температуры свинца с течением времени показана на рисунке. На сколько возросла температура кусочков свинца в ходе эксперимента до начала плавления?



Ответ: \_\_\_\_\_ К.

11

В двух сосудах с одинаковыми объёмами находится по 1 моль гелия и неона. В первом сосуде находится гелий при температуре 127 °С; во втором — неон при температуре 200 К.

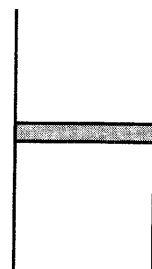
Выберите *два* верных утверждения о параметрах состояния указанных газов.

- 1) Температура неона выше, чем температура гелия.
- 2) Среднеквадратичная скорость молекул гелия больше, чем молекул неона.
- 3) Давление гелия больше, чем давление неона.
- 4) Средняя кинетическая энергия молекул неона в 2 раза больше, чем молекул гелия.
- 5) Концентрация гелия меньше, чем концентрация неона.

Ответ:

12

В цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится газ (см. рисунок). Поршень может перемещаться в сосуде без трения. В сосуд медленно при неизменной температуре накачивают газ, увеличивая его массу в 1,5 раза. Как изменятся в результате этого давление газа и сила, действующая на дно сосуда со стороны газа? Масса газа пренебрежимо мала по сравнению с массой поршня.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

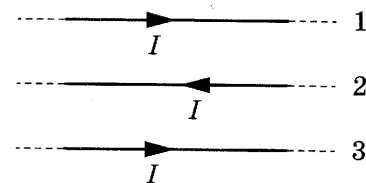
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление газа	Сила, действующая на дно сосуда со стороны газа

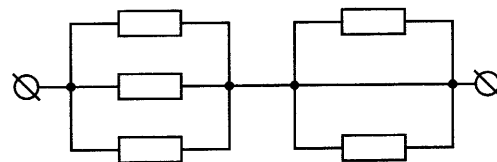
13

Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на проводник № 1 со стороны двух других (см. рисунок)? Все проводники прямые, длинные, тонкие, лежат в одной плоскости, параллельны друг другу. Расстояния между соседними проводниками одинаковы.  $I$  — сила тока. *Ответ запишите словом (словами).*



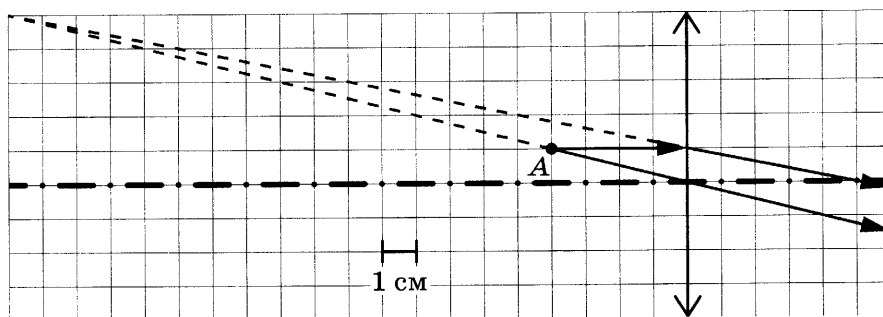
Ответ: \_\_\_\_\_.

14 На рисунке приведена схема участка цепи. Сопротивление каждого резистора равно 15 Ом. Каково сопротивление всего участка цепи?



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

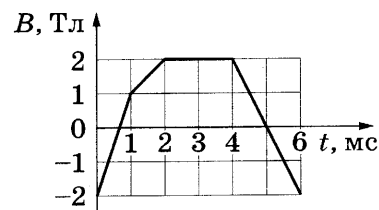
15 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



Чему равно фокусное расстояние линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 1 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

16 Проволочная рамка площадью 60 см<sup>2</sup> помещена в однородное магнитное поле так, что плоскость рамки перпендикулярна вектору индукции  $\vec{B}$ . Величина индукции магнитного поля  $B$  изменяется во времени  $t$  согласно графику на рисунке.



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения о процессах, происходящих в рамке.

- 1) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, максимален в интервале времени от 1 до 2 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс оставался равным 6 мВб.
- 3) Индукционный ток, возникающий в рамке, в интервале времени от 2 до 4 мс равен нулю.
- 4) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 12 В.
- 5) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ:

17

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиусом  $R$  со скоростью  $v$ .

Как изменятся радиус орбиты и кинетическая энергия этой частицы, движущейся с такой же скоростью, если индукция магнитного поля увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

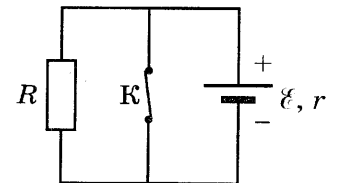
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Радиус орбиты	Кинетическая энергия частицы

18

На рисунке показана цепь постоянного тока. Сопротивление резистора равно  $R$ . Внутреннее сопротивление источника тока равно  $r$ .  $\mathcal{E}$  — ЭДС источника тока.

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) тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе  $R$  при разомкнутом ключе  $K$
- Б) тепловая мощность, выделяющаяся на внутреннем сопротивлении источника при замкнутом ключе  $K$

#### ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

19

Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре берклия  ${}_{97}^{247}\text{Bk}$ ?

Число протонов	Число нейтронов

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20 Какая доля исходного большого числа радиоактивных ядер (в процентах) распадается за интервал времени, равный трём периодам полураспада?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

21 Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_{\phi}$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается (запирающее напряжение), равно  $U_{\text{зап}}$ .

Как изменятся модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$  и «красная граница» фотоэффекта  $\nu_{\text{кр}}$ , если энергия падающих фотонов  $E_{\phi}$  увеличится?

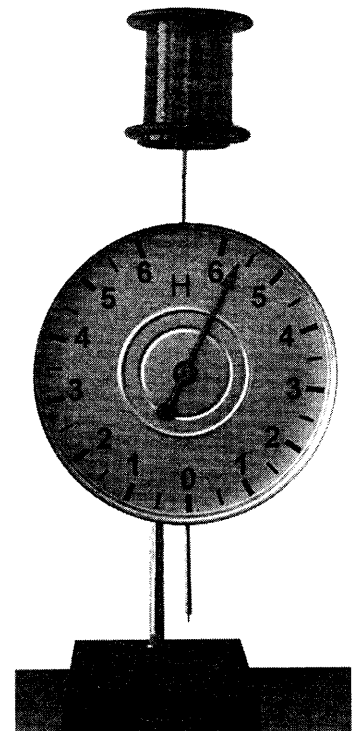
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	«Красная граница» фотоэффекта $\nu_{\text{кр}}$

22 Погрешность прямого измерения силы демонстрационным динамометром, на столике которого стоит груз, равна половине цены деления (см. рисунок). Определите вес груза.



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

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от внешнего давления. Имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных значениях температуры и давления (см. таблицу).

Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	200	70	20
2	150	50	15
3	100	30	10
4	150	30	15
5	50	70	20

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а. е.)	Диаметр в районе экватора, км	Период обращения вокруг Солнца	Вторая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	87,97 суток	4,25
Венера	0,72	12 104	224,7 суток	10,36
Земля	1,00	12 756	365,3 суток	11,18
Марс	1,52	6794	687 суток	5,02
Юпитер	5,20	142 984	11 лет 315 суток	59,54
Сатурн	9,58	120 536	29 лет 168 суток	35,49
Уран	19,19	51 118	84 года 5 суток	21,29
Нептун	30,02	49 528	164 года 290 суток	23,71

Выберите *все* утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Орбита Меркурия находится на расстоянии примерно 9,58 млрд км от Солнца.
- 2) Ускорение свободного падения на Марсе составляет 3,7 м/с<sup>2</sup>.
- 3) Первая космическая скорость для спутника Сатурна составляет примерно 50,2 км/с.
- 4) Угловая скорость движения Нептуна по орбите вокруг Солнца почти в 2 раза меньше, чем угловая скорость Урана.
- 5) Объём Венеры примерно в 15 раз больше объёма Меркурия.

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

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Постоянную массу идеального газа изохорно переводят из состояния с температурой  $T_1 = 350$  К так, что давление газа повышается в 1,6 раза. Чему равно изменение температуры газа  $T_2 - T_1$  в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

- 26 Две частицы с одинаковой кинетической энергией, имеющие отношение масс  $\frac{m_1}{m_2} = 4$ , влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и движутся по окружностям с отношением радиусов  $\frac{R_1}{R_2} = 4$ . Определите отношение зарядов  $\frac{q_1}{q_2}$  этих частиц.

Ответ: \_\_\_\_\_.

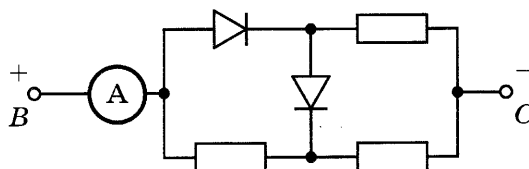


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

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 чётко и разборчиво.

- 27 Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках В и С. Показания амперметра равны 1,5 А. Определите показания амперметра при смене полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора. Опираясь на законы электродинамики, поясните свой ответ. Сопротивлением амперметра и внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь.

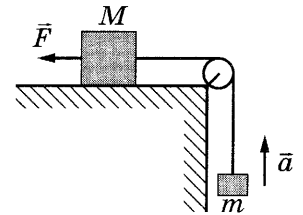




*Полное правильное решение каждой из задач 28–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

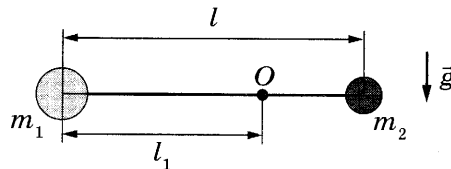
Груз массой  $M$ , лежащий на столе, связан с грузом массой  $m = 0,25$  кг лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$ , равная по модулю  $9$  Н (см. рисунок). При этом второй груз движется с ускорением  $2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен  $0,2$ . Какова масса первого груза?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

29

Два небольших груза массами  $m_1 = 2m$  и  $m_2 = m = 30$  г закреплены на невесомом жёстком стержне длиной  $l$ . Стержень может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси, проходящей через точку  $O$ , расположенную между грузами (см. рисунок). Стержень удерживают в горизонтальном положении и отпускают без толчка. Найдите модуль силы  $\vec{F}$ , с которой груз  $m_2$  действует на стержень в тот момент, когда он проходит положение равновесия. Расстояние от точки  $O$  до груза  $m_1$  равно  $l_1 = \frac{2}{3}l$ .

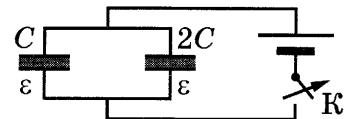


30

В сосуде под поршнем находился воздух с относительной влажностью  $\varphi = 60\%$ . Объём воздуха изотермически уменьшили в  $4$  раза. Какая масса  $m$  водяных паров сконденсировалась после сжатия, если до сжатия в сосуде было  $m_0 = 10$  г водяных паров?

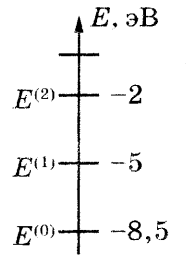
31

Два плоских конденсатора ёмкостью  $C$  и  $2C$  соединены параллельно, заряжены до разности потенциалов  $U$ . Пространство между их обкладками заполнено жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$ . Затем источник напряжения отключили (см. рисунок). Какой станет разность потенциалов между обкладками конденсатора правого, если теперь из левого конденсатора диэлектрик вытечет?



32

Схема нижних энергетических уровней атомов некоторого элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, приобрёл некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения  $p_0 = 1,4 \cdot 10^{-24}$  кг · м/с. Определите импульс электрона до столкновения  $p_0$ . Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном и кинетической энергией атома пренебречь.



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

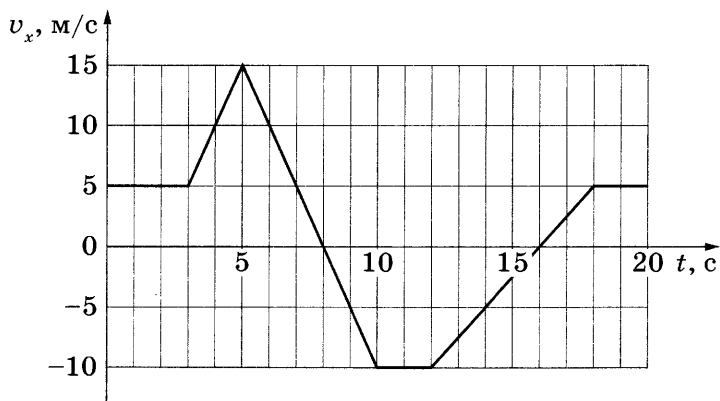
## ВАРИАНТ 3

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Тело движется по оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 5 до 10 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2

В инерциальной системе отсчёта сила 15 Н сообщает телу массой 2 кг некоторое ускорение. Какая сила сообщит телу массой 6 кг в этой системе отсчёта в 2 раза большее ускорение?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

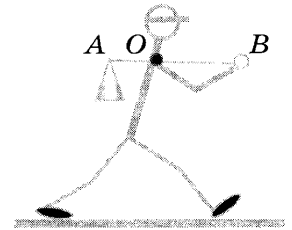
3

Мячик массой 200 г бросили вертикально вверх со скоростью 8 м/с. Определите потенциальную энергию мячика (относительно его первоначального положения) в верхней точке траектории, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4

Мальчик несёт узелок с вещами на лёгкой палке (см. рисунок). Чтобы удержать в равновесии узелок весом 40 Н, он прикладывает к концу  $B$  палки вертикальную силу 15 Н.  $OB = 80$  см. Чему равна длина всей палки  $AB$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5

В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t, c$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, мм$	0	10	18	24	28	30	28	24	18	10	0	-10	-18	-24	-28	-30	-28

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с максимальна.
- 2) Частота колебаний шарика равна 0,25 Гц.
- 3) Потенциальная энергия шарика в момент времени 3,0 с минимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 30 мм.
- 5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 3,0 с минимальна.

Ответ:

6

Пластмассовый кубик плавает в стакане с водой. Как изменятся сила тяжести, действующая на кубик, и глубина погружения кубика в жидкость, если он будет плавать в подсолнечном масле?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

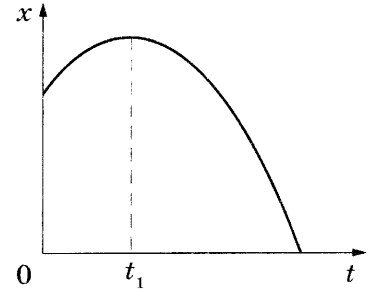
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на кубик	Глубина погружения кубика в жидкость

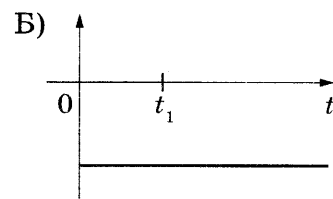
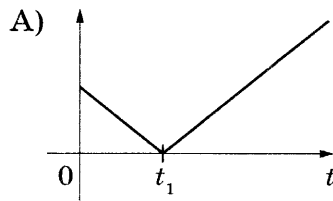
7

На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты  $x$  тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .

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



## ГРАФИКИ



Ответ:

А	Б

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль скорости тела
- 2) проекция импульса тела на ось  $x$
- 3) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело

8

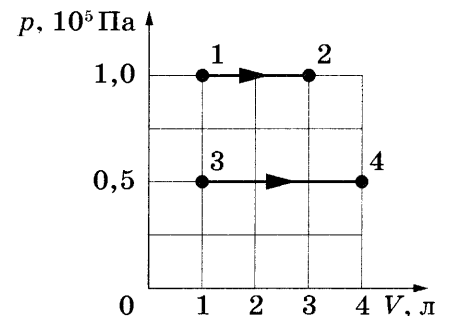
Разреженный азот в количестве 5 моль изотермически расширяется. Во сколько раз уменьшится давление газа на стенки сосуда при увеличении его объема в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

На рисунке показано расширение газообразного гелия двумя способами: 1–2 и 3–4. Найдите отношение  $\frac{A_{34}}{A_{12}}$  работ газа в процессах 1–2 и 3–4.

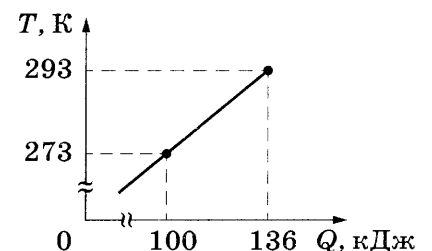
Ответ: \_\_\_\_\_.



10

На рисунке показана зависимость температуры металлической детали массой 3,6 кг от переданного ей количества теплоты. Чему равна удельная теплоёмкость металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).



**11** Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В начальный момент времени в левой части сосуда содержится 4 моль гелия, в правой — 20 г неона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул неона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной.

Выберите *два* верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза больше, чем неона.
- 2) Отношение давления газов в левой части сосуда к давлению газа в правой части сосуда равно 1,5.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия и неона в сосуде одинакова.
- 5) В результате установления равновесия давление в правой части сосуда увеличилось в 3 раза.

Ответ:

**12** Температуру холодильника тепловой машины Карно повысили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

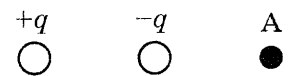
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

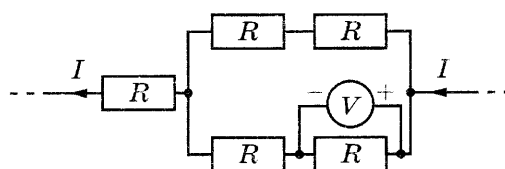
КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

**13** На рисунке представлено расположение двух неподвижных разноимённых точечных зарядов:  $+q > 0$  и  $-q$ . Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке А? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

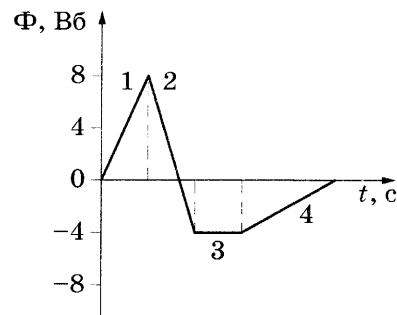
**14** Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 5 Ом соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток  $I = 3$  А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15

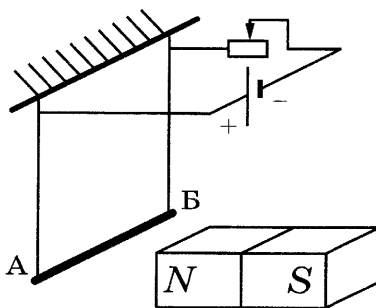
На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, от времени. Какой из участков графика (1, 2, 3 или 4) соответствует ЭДС индукции в контуре, равной нулю?



Ответ: на участке \_\_\_\_\_.

16

Проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *вправо*.



Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно наблюдаемых явлений.

- 1) Сопротивление реостата уменьшается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
- 3) Сила тока, протекающего через проводник АБ, увеличивается.
- 4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, уменьшается.
- 5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.

Ответ:

17

При настройке действующей модели радиопередатчика учитель изменил ёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, увеличив расстояние между пластинами конденсатора. Как при этом изменятся частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

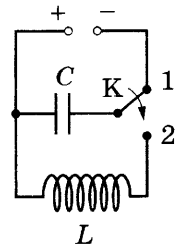
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

18

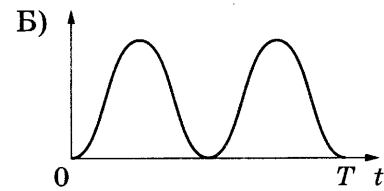
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени  $t$  физических величин, характеризующих возникшие после этого колебания в контуре ( $T$  — период электромагнитных колебаний в контуре).



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

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

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

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

Ответ:

А	Б

19

В результате столкновения ядра урана  ${}^{235}_{92}\text{U}$  с нейтроном произошло деление этого ядра в соответствии с уравнением  ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^{139}_{56}\text{Ba} + 3^1_0\text{n}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20

Образец радиоактивного висмута находится в закрытом сосуде. Ядра висмута испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 5 суток. Какая доля (в процентах) от исходно большого числа ядер этого изотопа висмута распадётся за 20 суток?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.



21

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $E$  — энергия 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) частота фотона

## ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

22

Пакет, в котором находится 200 болтов, положили на весы. Весы показали 120 г. Чему равна масса одного болта по результатам этих измерений, если погрешность весов равна  $\pm 10$  г? Массу самого пакета не учитывать.

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

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Школьник изучает свободные колебания маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие два маятника необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от массы шарика?

№ маятника	Длина нити маятника, м	Объём шарика, см <sup>3</sup>	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0	8	сталь
2	0,5	5	алюминий
3	1,0	5	сталь
4	1,5	8	алюминий
5	1,0	5	алюминий

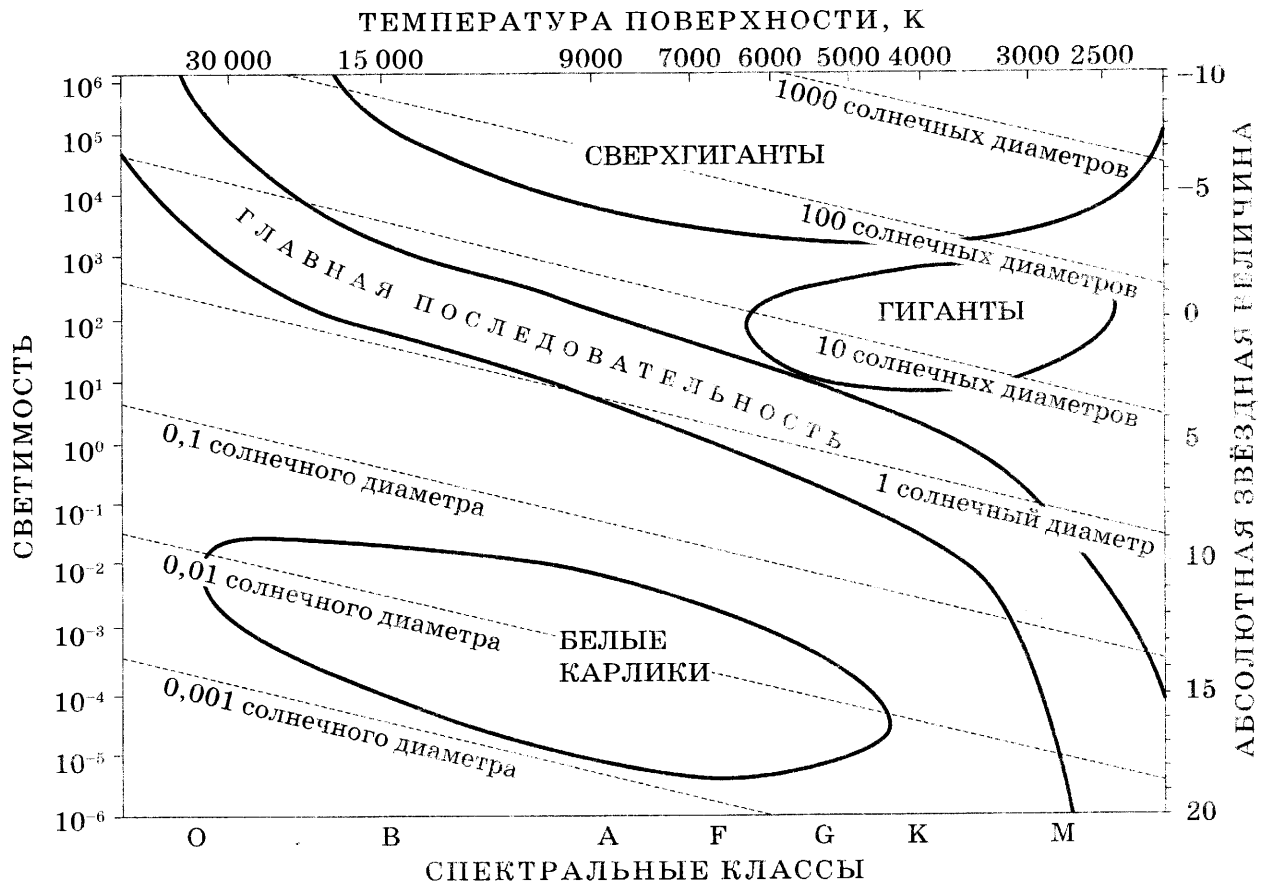
Запишите в ответе номера выбранных маятников.

Ответ:

--	--

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах, используя данные диаграммы.

- 1) Все красные гиганты относятся к спектральному классу *M*.
- 2) Средняя плотность сверхгигантов существенно меньше средней плотности белых карликов.
- 3) Чем выше температура поверхности звезды, тем больше её светимость, независимо от других параметров.
- 4) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *A* главной последовательности менее длительный, чем звезды спектрального класса *M* главной последовательности.
- 5) Звезда Эль-Нат имеет температуру поверхности 14 000 К, а её радиус в 4,2 раза превышает радиус Солнца, следовательно, эта звезда относится к звёздам главной последовательности спектрального класса *B*.

Ответ: \_\_\_\_\_



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

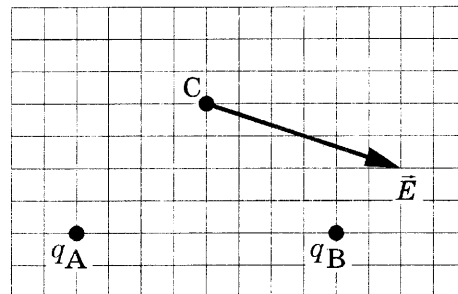
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

На рисунке изображён вектор напряжённости  $\vec{E}$  электрического поля в точке С, которое создано двумя точечными зарядами:  $q_A$  и  $q_B$ . Каков заряд  $q_B$ , если заряд  $q_A$  равен  $+5$  нКл? Ответ укажите со знаком.



Ответ: \_\_\_\_\_ нКл.

26

Оптическая сила собирающей линзы равна 2,5 дптр. На каком расстоянии от линзы находится предмет, если линза даёт его мнимое изображение на расстоянии 60 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 чётко и разборчиво.**

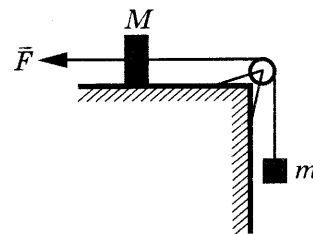
27

После влажной уборки парциальное давление водяного пара в комнате возросло, при этом температура воздуха не изменилась. Как изменились относительная влажность воздуха и плотность водяных паров в комнате? 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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

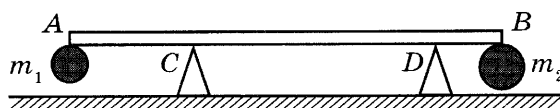
28

Груз массой  $M = 0,8$  кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой  $m = 0,5$  кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен  $0,2$ . Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ ?



29

Два небольших шара массами  $m_1 = 0,3$  кг и  $m_2 = 0,6$  кг закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , расположенного горизонтально на опорах  $C$  и  $D$  (см. рисунок). Длина стержня  $L = 1,5$  м, а расстояние  $AC$  равно  $0,2$  м. Чему равно расстояние между опорами  $l$ , если сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».

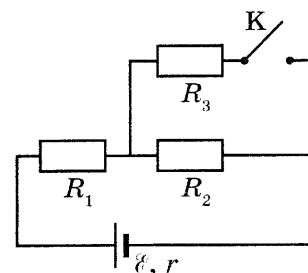


30

Аргон в количестве  $\nu = 2$  моль изобарно сжимают, совершая работу  $A_1 = 3,2$  кДж. При этом температура аргона уменьшается в 4 раза:  $T_2 = \frac{T_1}{4}$ . Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения  $T_3 = \frac{T_1}{8}$ . Найдите работу газа  $A_2$  при адиабатном расширении. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

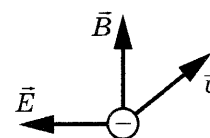
31

Во сколько раз уменьшится мощность, выделяемая на резисторе  $R_2$ , при замыкании ключа  $K$  (см. рисунок), если  $R_1 = R_2 = R_3 = r = 1 \text{ Ом}$ ?



32

Монохроматический свет частотой  $6,2 \cdot 10^{14}$  Гц падает на поверхность фотокатода с работой выхода  $2,39$  эВ. Электроны, вылетевшие с поверхности фотокатода горизонтально в северном направлении, попадают в электрическое и магнитное поля. Электрическое поле направлено горизонтально на запад, а магнитное — вертикально вверх (см. рисунок). Напряжённость электрического поля равна  $365 \text{ В/м}$ . При каких значениях индукции магнитного поля самые быстрые электроны в момент попадания в область полей отклонялись бы к востоку?



*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

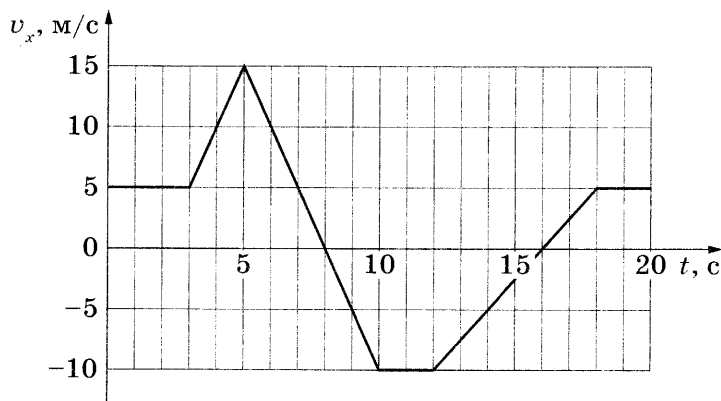
## ВАРИАНТ 4

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Тело движется по оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 12 до 20 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2

В инерциальной системе отсчёта сила 6 Н сообщает телу массой 4 кг некоторое ускорение. Какая сила сообщит телу массой 2 кг в этой системе отсчёта в 3 раза меньшее ускорение?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

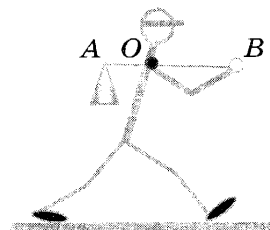
3

Мячик массой 200 г начинает падать с высоты 8 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на поверхность Земли, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4

Мальчик несёт узелок с вещами на лёгкой палке (см. рисунок). Чтобы удержать в равновесии узелок весом 40 Н, он прикладывает к концу  $B$  палки вертикальную силу 20 Н. Чему равно  $OB$ , если длина всей палки  $AB = 1,2$  м?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

5

В таблице представлены данные о положении шарика, прикрепленного к пружине и колеблющегося вдоль горизонтальной оси  $Ox$ , в различные моменты времени.

$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, \text{ мм}$	0	10	18	24	28	30	28	24	18	10	0	-10	-18	-24	-28	-30	-28

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с минимальна.
- 2) Период колебаний шарика равен 4,0 с.
- 3) Кинетическая энергия шарика в момент времени 1,0 с максимальна.
- 4) Амплитуда колебаний шарика равна 60 мм.
- 5) Полная механическая энергия маятника, состоящего из шарика и пружины, в момент времени 2,0 с минимальна.

Ответ:

6

Пластмассовый кубик плавает в стакане с подсолнечным маслом. Как изменятся сила Архимеда, действующая на кубик, и глубина погружения кубика в жидкость, если он будет плавать в воде?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

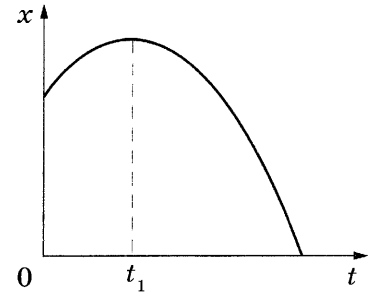
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила Архимеда, действующая на кубик	Глубина погружения кубика в жидкость

7

На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты  $x$  тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .

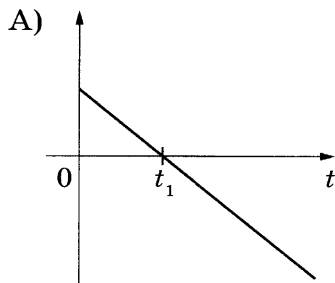


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать.

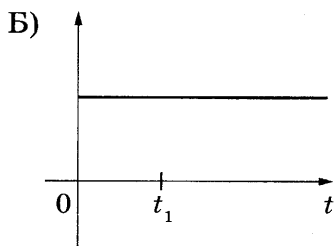
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**



- 1) модуль скорости тела
- 2) проекция импульса тела на ось  $x$
- 3) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело



Ответ:

А	Б

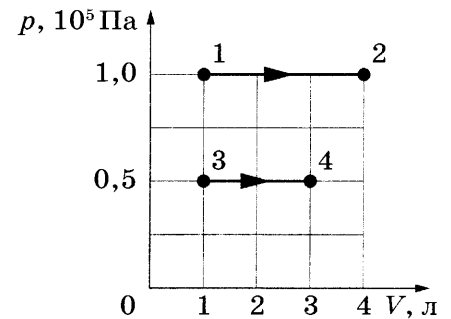
8

Разреженный водород в количестве 4 моль изотермически сжимают. Во сколько раз увеличится давление газа на стенки сосуда при уменьшении его объема в 5 раз?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

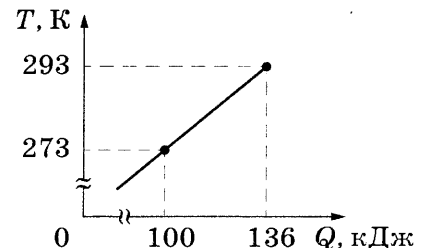
На рисунке показано расширение газообразного аргона двумя способами: 1–2 и 3–4. Найдите отношение  $\frac{A_{12}}{A_{34}}$  работ газа в процессах 1–2 и 3–4.



Ответ: \_\_\_\_\_.

10

На рисунке показана зависимость температуры алюминиевой детали от переданного ей количества теплоты. Чему равна масса детали?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**11** Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В начальный момент времени в левой части сосуда содержится 4 моль гелия, в правой — 20 г неона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул неона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной.

Выберите **два** верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза меньше, чем неона.
- 2) Отношение давления газов в правой части сосуда к давлению газа в левой части сосуда равно 1,5.
- 3) В правой части сосуда общее число молекул газов меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в 4 раза больше, чем неона.
- 5) В результате установления равновесия давление в правой части сосуда увеличилось в 2 раза.

Ответ:

**12** Температуру холодильника тепловой машины Карно понизили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику?

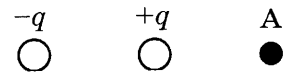
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличилась      2) уменьшилась      3) не изменилась

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

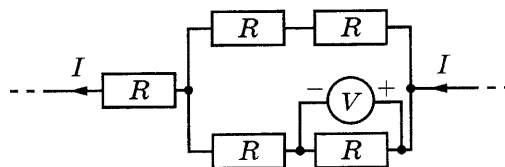
КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное холодильнику

**13** На рисунке представлено расположение двух неподвижных разноимённых точечных зарядов:  $-q < 0$  и  $+q$ . Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке А? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

**14** Пять одинаковых резисторов с сопротивлением 5 Ом соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток  $I$  (см. рисунок). При этом идеальный вольтметр показывает напряжение 15 В. Чему равен ток  $I$ ?

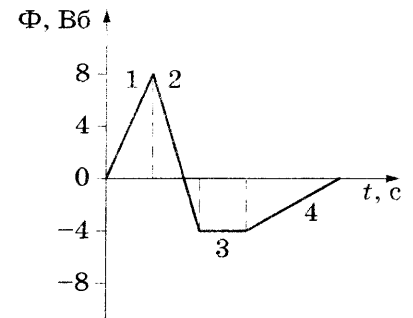


Ответ: \_\_\_\_\_ А.



15

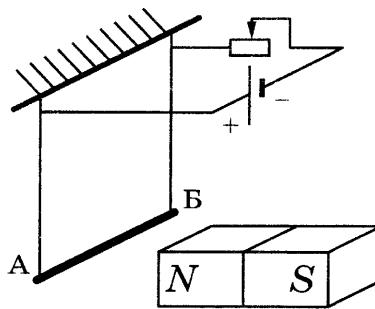
На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, от времени. Какой из участков графика (1, 2, 3 или 4) соответствует минимальной по модулю ЭДС индукции в контуре, не равной нулю?



Ответ: на участке \_\_\_\_\_.

16

Проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *вправо*.



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно наблюдаемых явлений.

- 1) Сопротивление реостата уменьшается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены вправо.
- 3) Сила тока, протекающего через проводник АБ, уменьшается.
- 4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.

Ответ:

17

При настройке действующей модели радиопередатчика учитель изменил ёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, уменьшив расстояние между пластинами конденсатора. Как при этом изменятся период колебаний силы тока в колебательном контуре и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

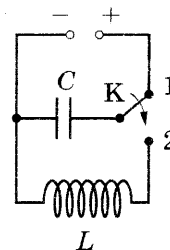
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний силы тока	Длина волны излучения

18

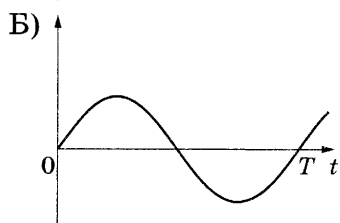
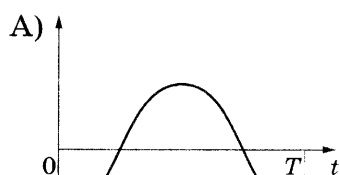
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени  $t$  физических величин, характеризующих возникшие после этого колебания в контуре ( $T$  — период электромагнитных колебаний в контуре).



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

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

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

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

Ответ:

А	Б

19 В результате столкновения ядра урана  ${}_{92}^{235}\text{U}$  с нейтроном произошло деление этого ядра в соответствии с уравнением  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}_{36}^{94}\text{Kr} + {}_Z^A\text{X} + 3{}_0^1n$ . Каковы заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20 Образец радиоактивного висмута находится в закрытом сосуде. Ядра висмута испытывают  $\alpha$ -распад с периодом полураспада 5 суток. Какая доля (в процентах) от исходно большого числа ядер этого изотопа висмута останется в сосуде через 20 суток?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

21

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ( $\nu$  — частота фотона,  $c$  — скорость света в вакууме,  $h$  — постоянная Планка).

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

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) длина волны фотона  
Б) импульс фотон

## ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

22

Пакет, в котором находится 200 саморезов, положили на весы. Весы показали 80 г. Чему равна масса одного самореза по результатам этих измерений, если погрешность весов равна  $\pm 10$  г? Массу самого пакета не учитывать.

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

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Школьник изучает свободные колебания маятника. В его распоряжении имеется пять маятников, характеристики которых указаны в таблице. Какие **два** маятника необходимо взять школьнику для того, чтобы на опыте выяснить, зависит ли период свободных колебаний маятника от длины нити?

№ маятника	Длина нити маятника, м	Объём шарика, см <sup>3</sup>	Материал, из которого сделан шарик
1	2,0	8	алюминий
2	0,5	5	сталь
3	1,0	8	сталь
4	1,5	8	алюминий
5	1,0	5	алюминий

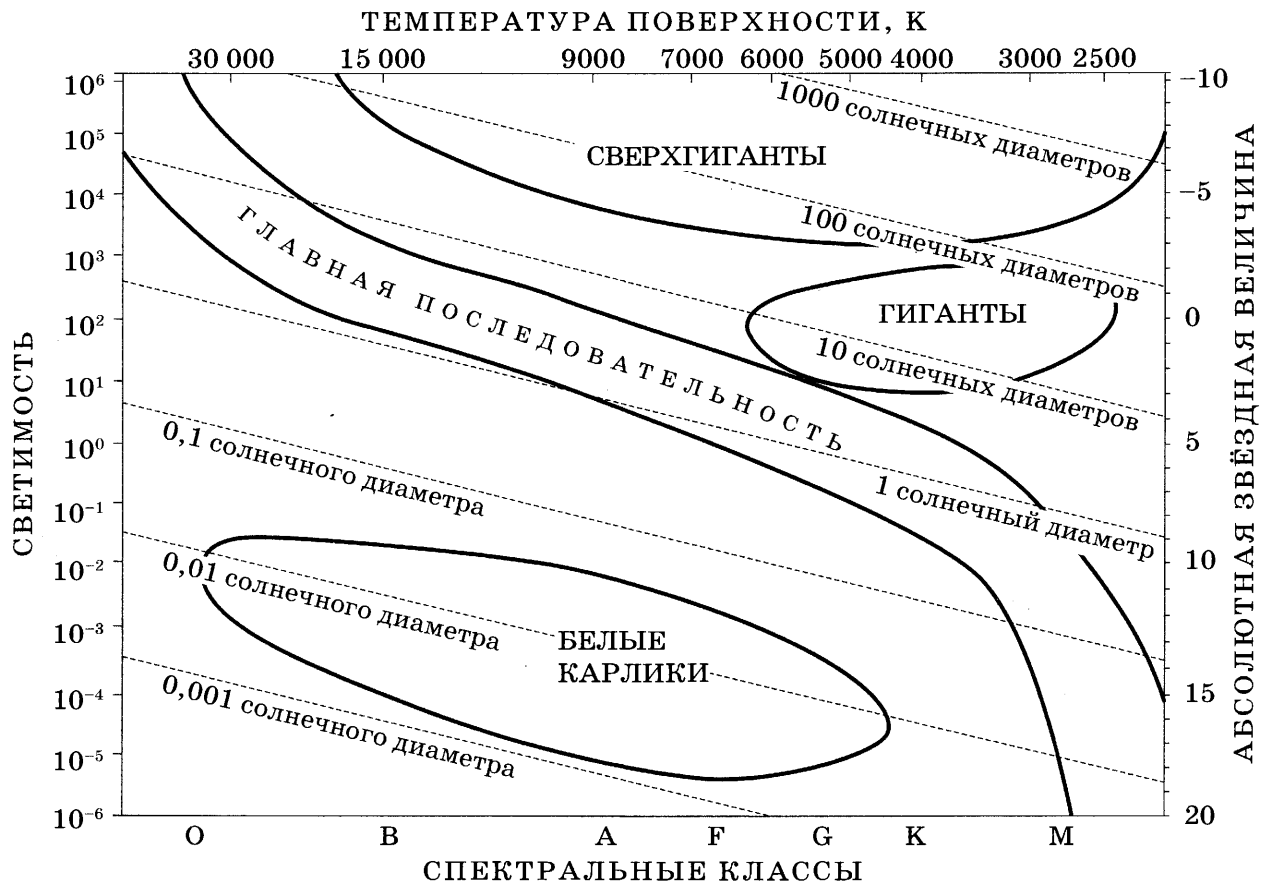
Запишите в ответе номера выбранных маятников.

Ответ:

--	--

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите **все** верные утверждения о звездах, используя данные диаграммы.

- 1) Звезда Вега имеет температуру поверхности 9600 К, а её радиус в 2,8 раза превышает радиус Солнца, следовательно, эта звезда относится к звездам спектрального класса А.
- 2) Средняя плотность сверхгигантов существенно меньше средней плотности звёзд главной последовательности.
- 3) Чем больше светимость звезды, тем меньше её абсолютная звёздная величина.
- 4) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса О главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса К главной последовательности.
- 5) Все белые карлики относятся к спектральному классу О.

Ответ: \_\_\_\_\_.



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

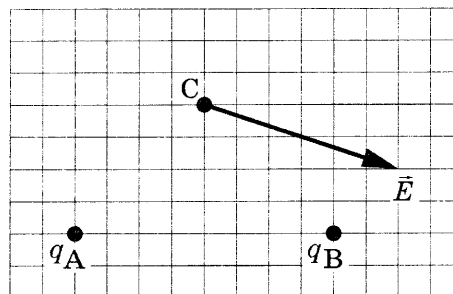
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

На рисунке изображён вектор напряжённости  $\vec{E}$  электрического поля в точке С, которое создано двумя точечными зарядами:  $q_A$  и  $q_B$ . Каков заряд  $q_A$ , если заряд  $q_B$  равен  $-5$  нКл? Ответ укажите со знаком.



Ответ: \_\_\_\_\_ нКл.

26

Оптическая сила собирающей линзы равна 2,5 дптр. Предмет находится на расстоянии 30 см от линзы. На каком расстоянии от линзы находится его изображение?

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 чётко и разборчиво.**

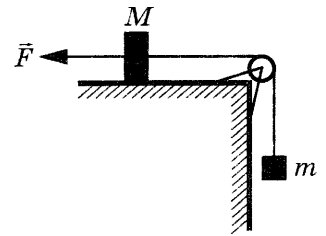
27

После применения влагопоглотителя парциальное давление водяного пара в комнате уменьшилось, при этом температура воздуха не изменилась. Как изменились относительная влажность воздуха и плотность водяных паров в комнате? 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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.**

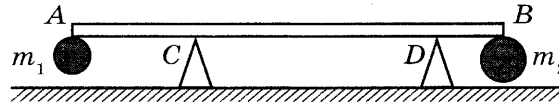
28

Груз массой  $M = 0,8$  кг, лежащий на столе, связан лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок, с грузом массой  $m = 0,5$  кг. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$  (см. рисунок). Второй груз движется из состояния покоя с ускорением  $2 \text{ м/с}^2$ , направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен  $0,2$ . Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ ?



29

Два небольших шара массами  $m_1 = 0,3$  кг и  $m_2 = 0,6$  кг закреплены на концах невесомого стержня  $AB$ , расположенного горизонтально на опорах  $C$  и  $D$  (см. рисунок). Расстояние между опорами  $l = 0,6$  м, а расстояние  $AC$  равно  $0,2$  м. Чему равна длина стержня  $L$ ; если сила давления стержня на опору  $D$  в 2 раза больше, чем на опору  $C$ ? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на систему тел «стержень и шары».

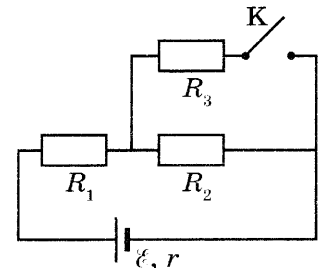


30

Аргон в количестве  $\nu = 2$  моль изобарно сжимают, совершая работу  $A_1$ . При этом температура аргона уменьшается в 3 раза:  $T_2 = \frac{T_1}{3}$ . Затем газ адиабатически расширяется, при этом его температура изменяется до значения  $T_3 = \frac{T_1}{6}$ . Найдите работу газа  $A_1$ , если работа газа при адиабатном расширении  $A_2 = 1500$  Дж. Количество вещества в процессах остаётся неизменным.

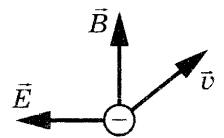
31

Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на резисторе  $R_1$ , при замыкании ключа  $K$  (см. рисунок), если  $R_1 = R_2 = R_3 = r = 1$  Ом?



32

Монохроматический свет частотой  $6,2 \cdot 10^{14}$  Гц падает на поверхность фотокатода с работой выхода  $2,39$  эВ. Электроны, вылетевшие с поверхности фотокатода горизонтально в северном направлении, попадают в электрическое и магнитное поля. Электрическое поле направлено горизонтально на запад, а магнитное — вертикально вверх (см. рисунок). Индукция магнитного поля равна  $10^{-3}$  Тл. При каких значениях напряжённости электрического поля самые быстрые электроны в момент попадания в область полей отклонялись бы к западу?



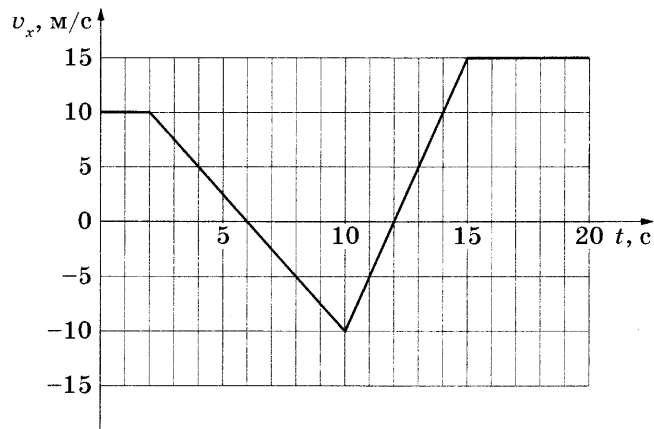
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

# ВАРИАНТ 5

## 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

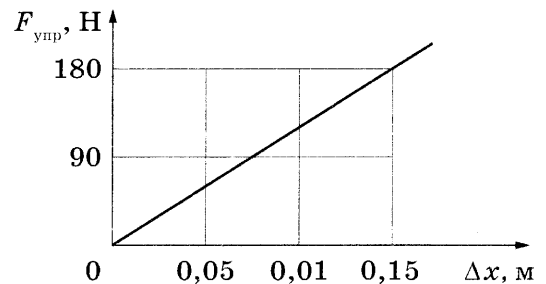
- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в момент времени 17 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от величины её деформации. Определите жёсткость этой пружины.

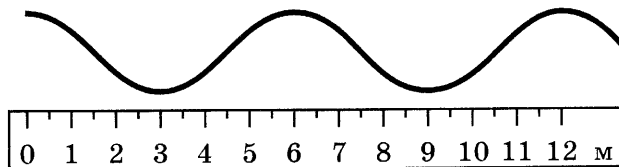


Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

- 3 Первая пружина имеет жёсткость 40 Н/м, вторая — 80 Н/м. Первая растянута на 20 мм, вторая — на 10 мм. Чему равно отношение потенциальной энергии второй пружины к потенциальной энергии первой  $\frac{E_2}{E_1}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

4 На рисунке представлена фотография шнура, по которому распространяется поперечная волна.



Скорость распространения волны по шнуру равна 24 м/с. Определите частоту колебаний источника волн.

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит точку **минимального** удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно движения спутника.

- 1) Ускорение спутника при прохождении этого положения равно 0.
- 2) Полная механическая энергия спутника при движении по орбите остаётся неизменной.
- 3) Кинетическая энергия спутника при прохождении этого положения равна нулю.
- 4) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении максимальна.
- 5) Скорость спутника при прохождении этого положения минимальна.

Ответ:

6 Алюминиевый кубик, висящий на нити, целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление воды на нижнюю грань кубика и модуль силы Архимеда, если приподнять кубик, оставив его целиком в воде? Воду считать несжимаемой.

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

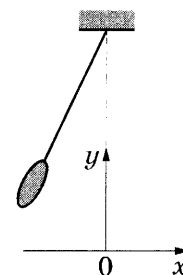
Давление воды на нижнюю грань кубика	Модуль силы Архимеда



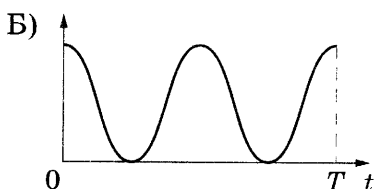
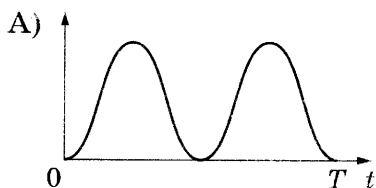
7

Маятник отклонили от положения равновесия (см. рисунок) и отпустили в момент времени  $t = 0$  с нулевой начальной скоростью. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение груза маятника после этого.

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать ( $T$  — период колебаний маятника). Сопротивлением воздуха пренебречь.



## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) потенциальная энергия  $E_{\text{п}}$
- 2) кинетическая энергия  $E_{\text{к}}$
- 3) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$
- 4) координата  $x$

Ответ:

А	Б

8

Во сколько раз увеличится давление идеального газа, если его абсолютная температура будет увеличена в 1,5 раза и концентрация частиц будет увеличена в 3 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9

2 моль аргона, нагреваемого при постоянном объёме, сообщили количество теплоты, равное 450 Дж. На сколько увеличилась при этом внутренняя энергия газа?

Ответ: на \_\_\_\_\_ Дж.

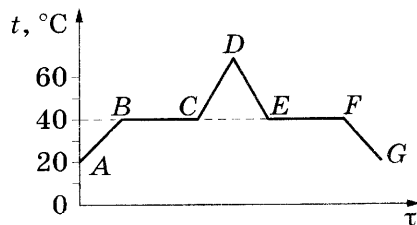
10

В воздухе на кухне при относительной влажности 45 % парциальное давление водяного пара равно 900 Па. Определите давление насыщенного водяного пара при данной температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ Па.

11

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке схематично представлен график зависимости температуры  $t$  эфира от времени  $\tau$  его нагревания и последующего охлаждения.



Из приведённого ниже списка выберите **два** утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

- 1) Участок  $EF$  графика соответствует уменьшению внутренней энергии эфира с течением времени.
- 2) В точке  $C$  эфир закипел.
- 3) Температура кристаллизации эфира равна  $40\text{ }^\circ\text{C}$ .
- 4) В точке  $F$  в сосуде равные массы эфира находились в жидком и газообразном состояниях.
- 5) Время, за которое весь эфир выкипел, приблизительно равно времени, за которое он сконденсировался.

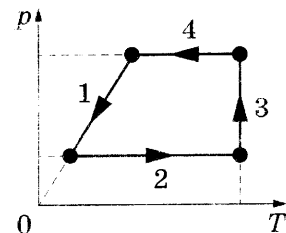
Ответ: 

--	--

12

На рисунке показан график изменения состояния постоянного количества одноатомного идеального газа.

Установите соответствие между участками графика и значениями физических величин, характеризующих процессы на этих участках ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии газа;  $A$  — работа газа).



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

**УЧАСТКИ ГРАФИКА**

- А) 1
- Б) 4

**ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

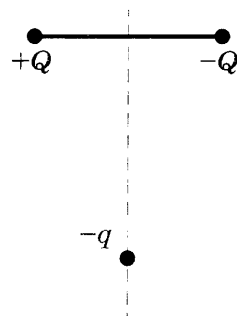
- 1)  $\Delta U = 0$ ;  $A > 0$
- 2)  $\Delta U < 0$ ;  $A = 0$
- 3)  $\Delta U < 0$ ;  $A < 0$
- 4)  $\Delta U > 0$ ;  $A > 0$

Ответ: 

А	Б

13

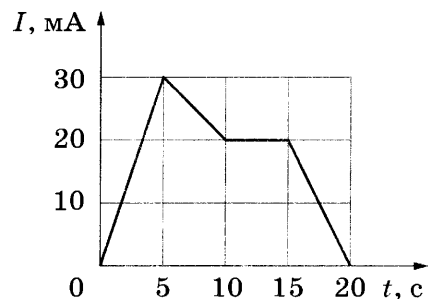
Отрицательный точечный заряд  $-q$  находится в поле двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $-q$  в этот момент времени в системе отсчёта, связанной с Землёй, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

14

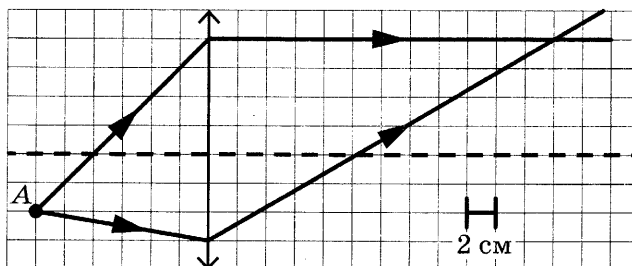
На рисунке показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший по проводнику за интервал времени от 10 до 20 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мКл.

15

На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света  $A$  через тонкую линзу.

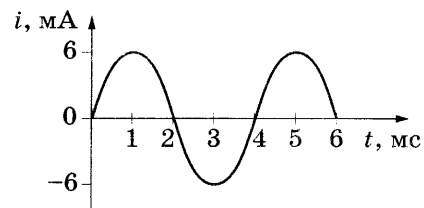


Какова оптическая сила линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 2 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ дптр.

16

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



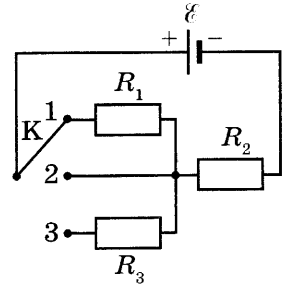
Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения о процессах, происходящих в контуре.

- 1) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 2 раза.
- 2) В момент времени 5 мс заряд конденсатора равен нулю.
- 3) В момент времени 3 мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.
- 4) Период электромагнитных колебаний в контуре равен 4 мс.
- 5) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 10,8 мкДж.

Ответ:

17

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и три резистора:  $R_1 = 2R$ ,  $R_2 = R$  и  $R_3 = R$ . Как изменятся напряжение на резисторе  $R_2$  и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если ключ  $K$  перевести из положения 1 в положение 2? Внутренним сопротивлением источника 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.

Напряжение на резисторе $R_2$	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

18

$\alpha$ -частица массой  $m$  и зарядом  $q$  движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

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**

**ФОРМУЛЫ**

- А) период обращения  $\alpha$ -частицы в магнитном поле
- Б) радиус окружности, по которой движется  $\alpha$ -частица

- 1)  $\frac{2\pi v}{v}$
- 2)  $\frac{2\pi m}{qB}$
- 3)  $qvB$
- 4)  $\frac{mv}{qB}$

Ответ:

А	Б

19

Ядро изотопа тория  ${}_{90}^{230}\text{Th}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуется ядро элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и массовое число  $A$  ядра  $X$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20

Период полураспада  $T$  изотопа селена  ${}_{34}^{81}\text{Se}$  равен 18 мин. Какая масса этого изотопа распалась в образце, содержащем первоначально 120 мг  ${}_{34}^{81}\text{Se}$ , через 36 мин?

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

21

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только зелёный свет, а во второй — пропускающий только красный свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.

Как изменяются длина волны света, падающего на фотоэлемент, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

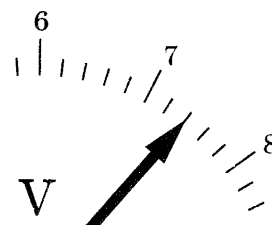
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

22

Определите показания вольтметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.

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



*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от площади его поперечного сечения школьнику выдали пять разных проводников (см. таблицу). Какие **два** проводника из предложенных ниже необходимо взять школьнику, чтобы провести данное исследование?

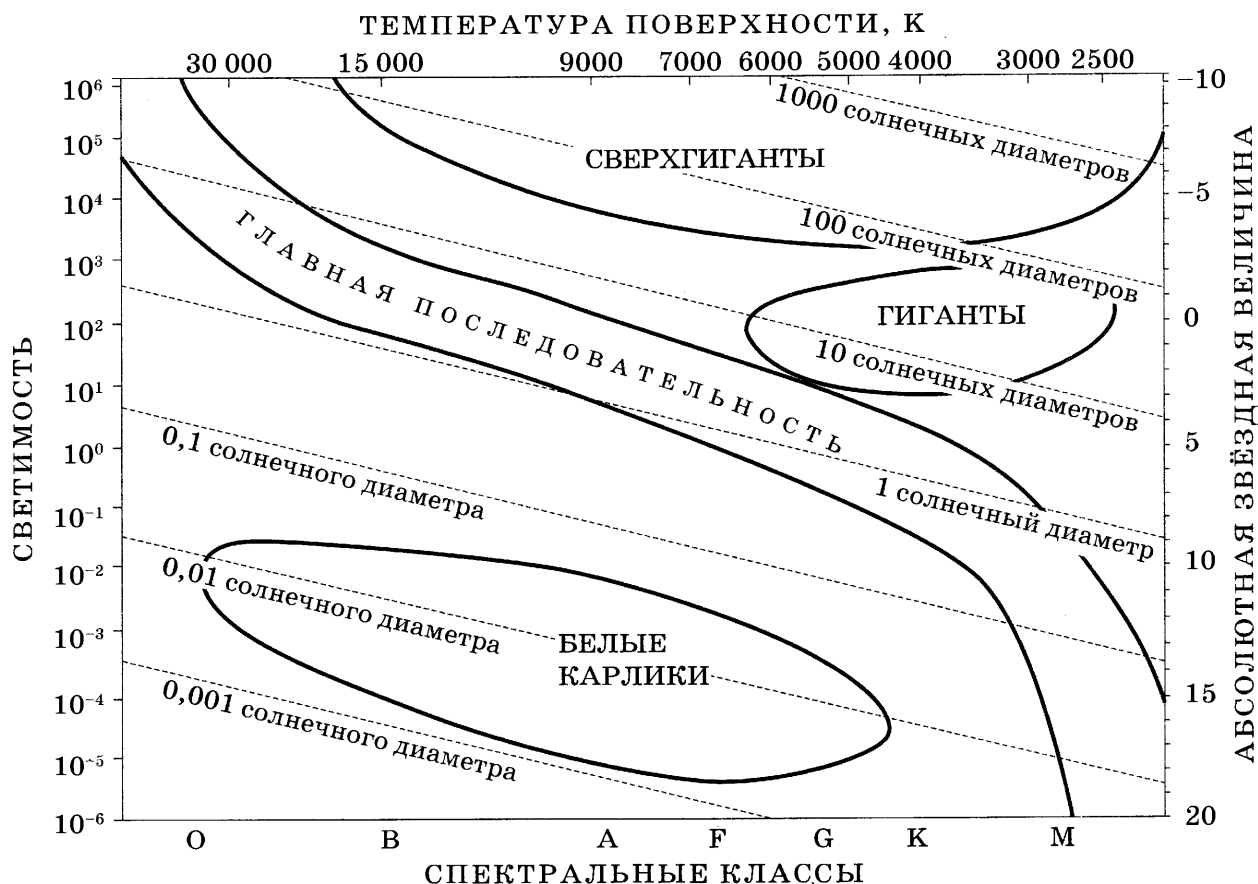
№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал, из которого сделан проводник
1	20 м	0,5 мм	алюминий
2	15 м	0,5 мм	медь
3	20 м	0,8 мм	алюминий
4	20 м	0,8 мм	медь
5	15 м	0,5 мм	нихром

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

Ответ:

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звездах, используя данные диаграммы.

- 1) Чем выше светимость звезды, тем меньше её абсолютная звездная величина.
- 2) Чем ниже температура поверхности звезды, тем меньше её абсолютная звездная величина.
- 3) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *F* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *O* главной последовательности.
- 4) Все красные гиганты относятся к спектральному классу *G*.
- 5) Средняя плотность звёзд главной последовательности существенно меньше средней плотности сверхгигантов.

Ответ: \_\_\_\_\_.



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

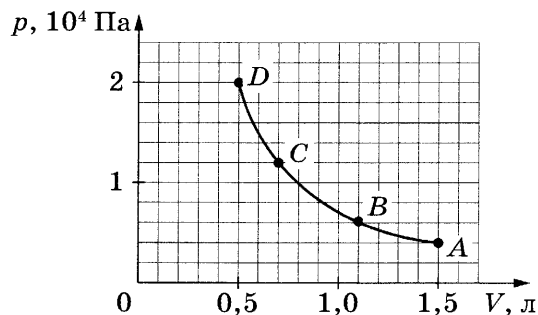
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

На рисунке представлен график зависимости давления некоторой постоянной массы кислорода от его объёма в адиабатном процессе.



В исходном состоянии (точка A) температура газа равна 300 К. Какую температуру будет иметь кислород при возрастании давления на  $0,8 \cdot 10^4$  Па?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26

На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч монохроматического света частотой  $6,5 \cdot 10^{14}$  Гц. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

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 чётко и разборчиво.*

27

На столе установили два незаряженных электрметра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (рис. 1). Затем ко второму электрметру поднесли, не касаясь шара, отрицательно заряженную палочку (рис. 2). Не убирая палочки, сняли стержень, а затем убрали палочку.

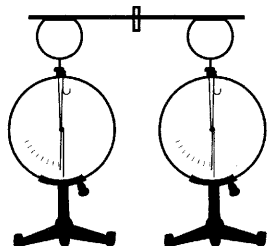


Рис. 1

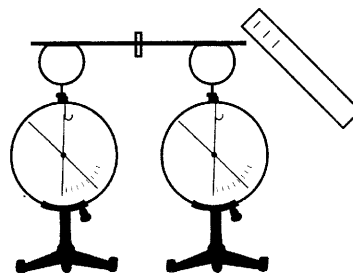


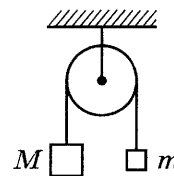
Рис. 2

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрметры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрметров после того, как палочку убрали.

*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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через  $t = 1$  с после начала движения скорость правого груза направлена вверх и равна 4 м/с. Определите силу натяжения нити, если масса левого груза  $M = 1$  кг. Трением пренебречь.

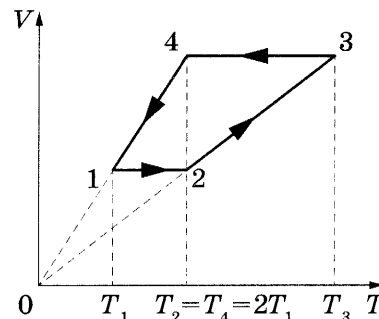


29

Брусек массой  $m$  скользит по горизонтальной поверхности стола и нагоняет брусок массой  $4m$ , скользящий по столу в том же направлении. В результате неупругого соударения бруски слипаются. Их скорости перед ударом:  $v_0 = 5$  м/с и  $\frac{v_0}{2}$ . Коэффициент трения скольжения между брусками и столом  $\mu = 0,5$ . На какое расстояние от места соударения переместятся слипшиеся бруски к моменту, когда их скорость станет равна  $\frac{2}{5}v_0$ ? Влиянием силы трения со стороны стола на столкновение брусков пренебречь.

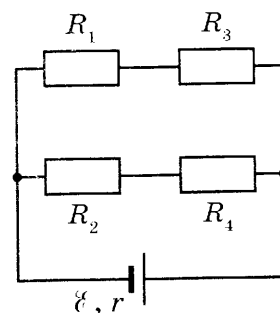
30

В тепловом двигателе 1 моль идеального одноатомного газа совершает цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах  $V-T$ , где  $V$  — объём газа,  $T$  — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 2 раза. Определите КПД цикла.





- 31 В схеме, изображённой на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 10 \text{ Ом}$ , ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 9 \text{ В}$ , её внутреннее сопротивление  $r = 2 \text{ Ом}$ . Определите мощность, выделяемую на резисторе  $R_2$ .



- 32 Электромагнитное излучение с длиной волны  $6,6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  используется для нагревания воды. На сколько градусов нагреется  $50 \text{ г}$  воды за  $3,5 \text{ мин}$ , если источник излучает  $10^{20}$  фотонов за  $1 \text{ с}$ ? Считать, что излучение полностью поглощается водой, а теплопотерь в окружающую среду нет.



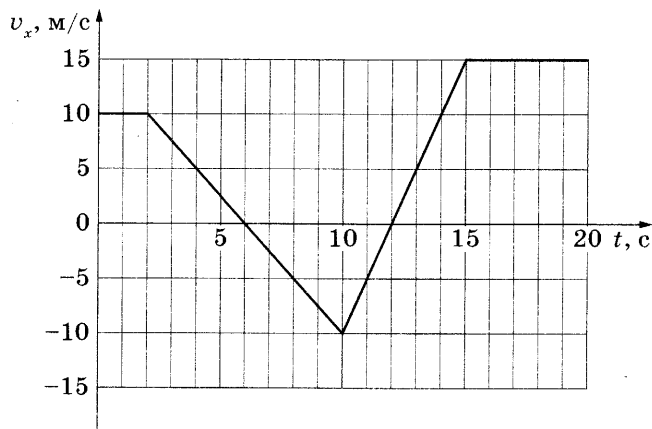
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 6

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

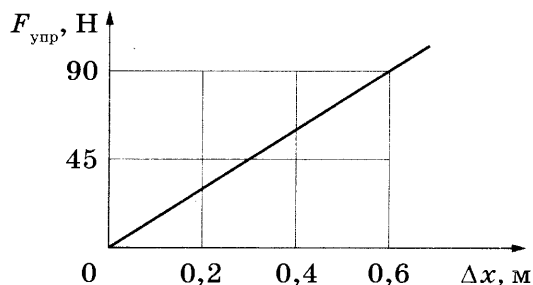
- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела в момент времени 5 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 На рисунке представлен график зависимости силы упругости пружины от величины её деформации. Определите жёсткость этой пружины.

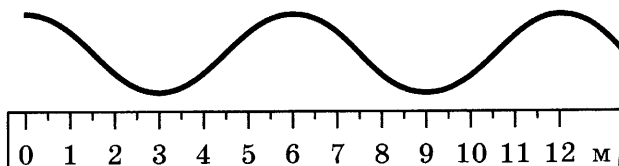


Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

- 3 Первая пружина имеет жёсткость 40 Н/м, вторая — 80 Н/м. Первая растянута на 20 мм, вторая — на 40 мм. Чему равно отношение потенциальной энергии первой пружины к потенциальной энергии второй  $\frac{E_1}{E_2}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 4 На рисунке представлена фотография шнура, по которому распространяется поперечная волна.



С какой скоростью распространяется волна по шнуру, если период колебаний источника волны  $0,4$  с?

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

- 5 Искусственный спутник обращается вокруг Земли по вытянутой эллиптической орбите. В некоторый момент времени спутник проходит точку *минимального* удаления от Земли. Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения относительно движения спутника.

- 1) Ускорение спутника при прохождении этого положения равно 0.
- 2) Полная механическая энергия спутника в этом положении достигает максимума.
- 3) Потенциальная энергия спутника при прохождении этого положения минимальна.
- 4) Сила притяжения спутника к Земле в этом положении минимальна.
- 5) Скорость спутника при прохождении этого положения максимальна.

Ответ:

- 6 Стальной кубик, висящий на нити, целиком погружён в керосин и не касается дна сосуда. Верхняя и нижняя грани кубика горизонтальны. Как изменятся давление керосина на верхнюю грань кубика и модуль силы натяжения нити, если опустить кубик, не касаясь дна сосуда? Керосин считать несжимаемым.

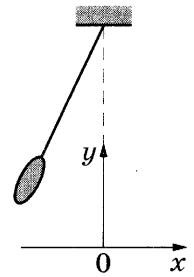
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Давление керосина на верхнюю грань кубика	Модуль силы натяжения нити

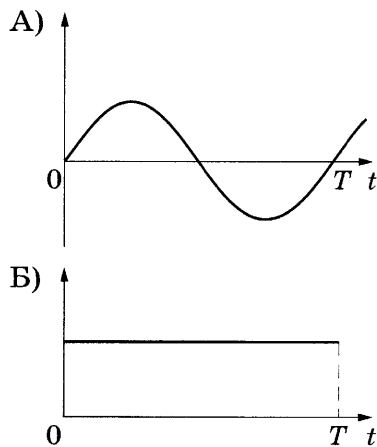
**7** Маятник отклонили от положения равновесия (см. рисунок) и отпустили в момент времени  $t = 0$  с нулевой начальной скоростью. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение груза маятника после этого.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, изменение которых со временем эти графики могут отображать ( $T$  — период колебаний маятника). Сопротивлением воздуха пренебречь.

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

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) потенциальная энергия  $E_{\text{п}}$
- 2) кинетическая энергия  $E_{\text{к}}$
- 3) полная механическая энергия  $E_{\text{мех}}$
- 4) проекция скорости  $v_x$

Ответ:

А	Б

**8** Во сколько раз уменьшится давление идеального газа, если его абсолютная температура будет увеличена в 2 раза, а концентрация частиц будет уменьшена в 4 раза?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**9** Внутренняя энергия 2 моль гелия, нагреваемого при постоянном объёме, изменилась на 500 Дж. Какое количество теплоты было передано газу?

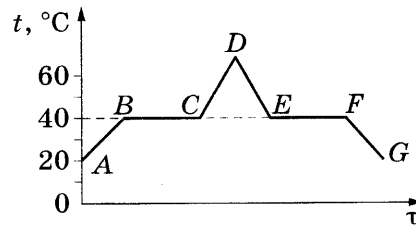
Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**10** В воздухе комнаты при относительной влажности 40 % плотность водяного пара равна 5,8 г/м<sup>3</sup>. Определите плотность насыщенного водяного пара при данной температуре.

Ответ: \_\_\_\_\_ г/м<sup>3</sup>.

11

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке схематично представлен график зависимости температуры  $t$  эфира от времени  $\tau$  его нагревания и последующего охлаждения.



Из приведённого ниже списка выберите **два** утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

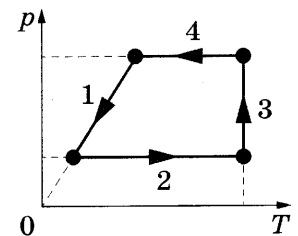
- 1) Участок  $EF$  графика соответствует увеличению внутренней энергии эфира с течением времени.
- 2) В точке  $B$  эфир закипел.
- 3) Температура кипения эфира равна  $40^\circ\text{C}$ .
- 4) В точке  $F$  в сосуде равные массы эфира находились в жидком и газообразном состояниях.
- 5) Время, за которое весь эфир выкипел, в 2 раза больше времени, за которое он сконденсировался.

Ответ:

12

На рисунке показан график изменения состояния постоянного количества одноатомного идеального газа.

Установите соответствие между участками графика и значениями физических величин, характеризующих процессы на этих участках ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии газа;  $A$  — работа газа).



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

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) 2  
Б) 3

ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ  
ВЕЛИЧИН

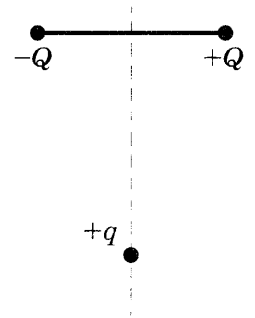
- 1)  $\Delta U = 0$ ;  $A > 0$   
2)  $\Delta U < 0$ ;  $A = 0$   
3)  $\Delta U = 0$ ;  $A < 0$   
4)  $\Delta U > 0$ ;  $A > 0$

Ответ:

А	Б

13

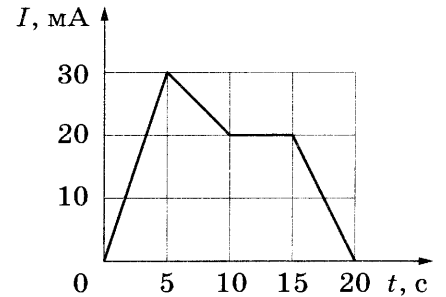
Положительный точечный заряд  $+q$  находится в поле двух неподвижных зарядов: положительного  $+Q$  и отрицательного  $-Q$  (см. рисунок). Куда направлено относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) ускорение заряда  $+q$  в этот момент времени в системе отсчёта, связанной с Землёй, если на него действуют только заряды  $+Q$  и  $-Q$ ? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

14

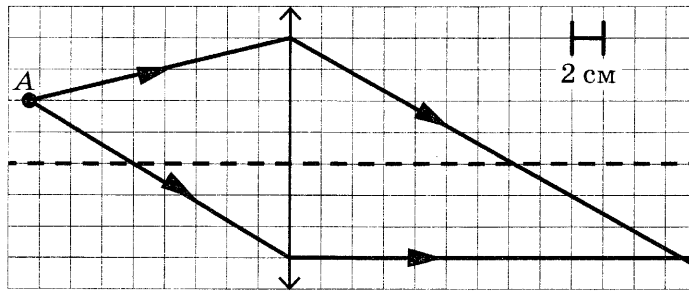
На рисунке показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший по проводнику за интервал времени от 0 до 10 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ мКл.

15

На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света  $A$  через тонкую линзу.

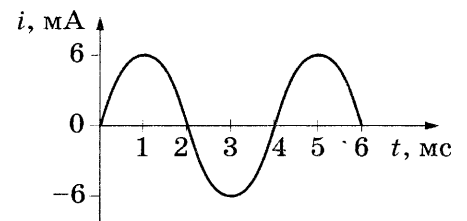


Какова оптическая сила линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 2 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ дптр.

16

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре, образованном конденсатором и катушкой, индуктивность которой равна 0,3 Гн.



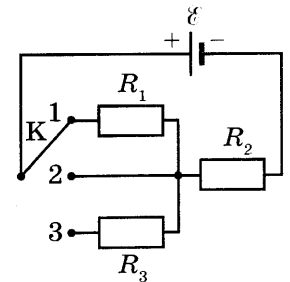
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения о процессах, происходящих в контуре.

- 1) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 3 раза.
- 2) В момент времени 4 мс заряд конденсатора равен нулю.
- 3) В момент времени 3 мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.
- 4) Период электромагнитных колебаний в контуре равен 2 мс.
- 5) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 5,4 мкДж.

Ответ:

17

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и три резистора:  $R_1 = R$ ,  $R_2 = 2R$  и  $R_3 = 2R$ . Как изменятся сила тока через источник и суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи, если ключ  $K$  перевести из положения 1 в положение 3? Внутренним сопротивлением источника 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.

Сила тока через источник	Суммарная тепловая мощность, выделяемая во внешней цепи

18

$\alpha$ -частица массой  $m$  и зарядом  $q$  движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

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 силы, действующей на  $\alpha$ -частицу со стороны магнитного поля
- Б) частота обращения  $\alpha$ -частицы в магнитном поле

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{qB}{2\pi m}$
- 2)  $\frac{2\pi m}{qB}$
- 3)  $qvB$
- 4)  $\frac{mv}{qB}$

Ответ:

А	Б

19

Ядро изотопа полония  ${}_{84}^{218}\text{Po}$  испытывает  $\alpha$ -распад, при этом образуется ядро элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  (в единицах элементарного заряда) и массовое число  $A$  ядра  $\text{X}$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

20

Период полураспада  $T$  изотопа селена  $^{81}_{34}\text{Se}$  равен 18 мин. Какая масса этого изотопа осталась в образце, содержащем первоначально 120 мг  $^{81}_{34}\text{Se}$ , через 72 мин?

Ответ: \_\_\_\_\_ мг.

21

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только жёлтый свет, а во второй — пропускающий только фиолетовый свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.

Как изменяются частота света, падающего на фотоэлемент, и «красная граница» фотоэффекта при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

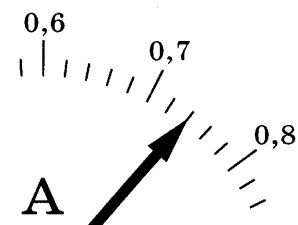
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Частота света, падающего на фотоэлемент	«Красная граница» фотоэффекта

22

Определите показания амперметра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна цене деления амперметра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Для проведения лабораторной работы по обнаружению зависимости сопротивления проводника от материала, из которого он изготовлен, школьнику выдали пять разных проводников (см. таблицу). Какие **два** проводника из предложенных ниже необходимо взять школьнику, чтобы провести данное исследование?

№ проводника	Длина проводника	Диаметр проводника	Материал, из которого сделан проводник
1	20 м	0,5 мм	алюминий
2	15 м	0,5 мм	медь
3	10 м	0,8 мм	железо
4	20 м	0,8 мм	медь
5	15 м	0,5 мм	нихром

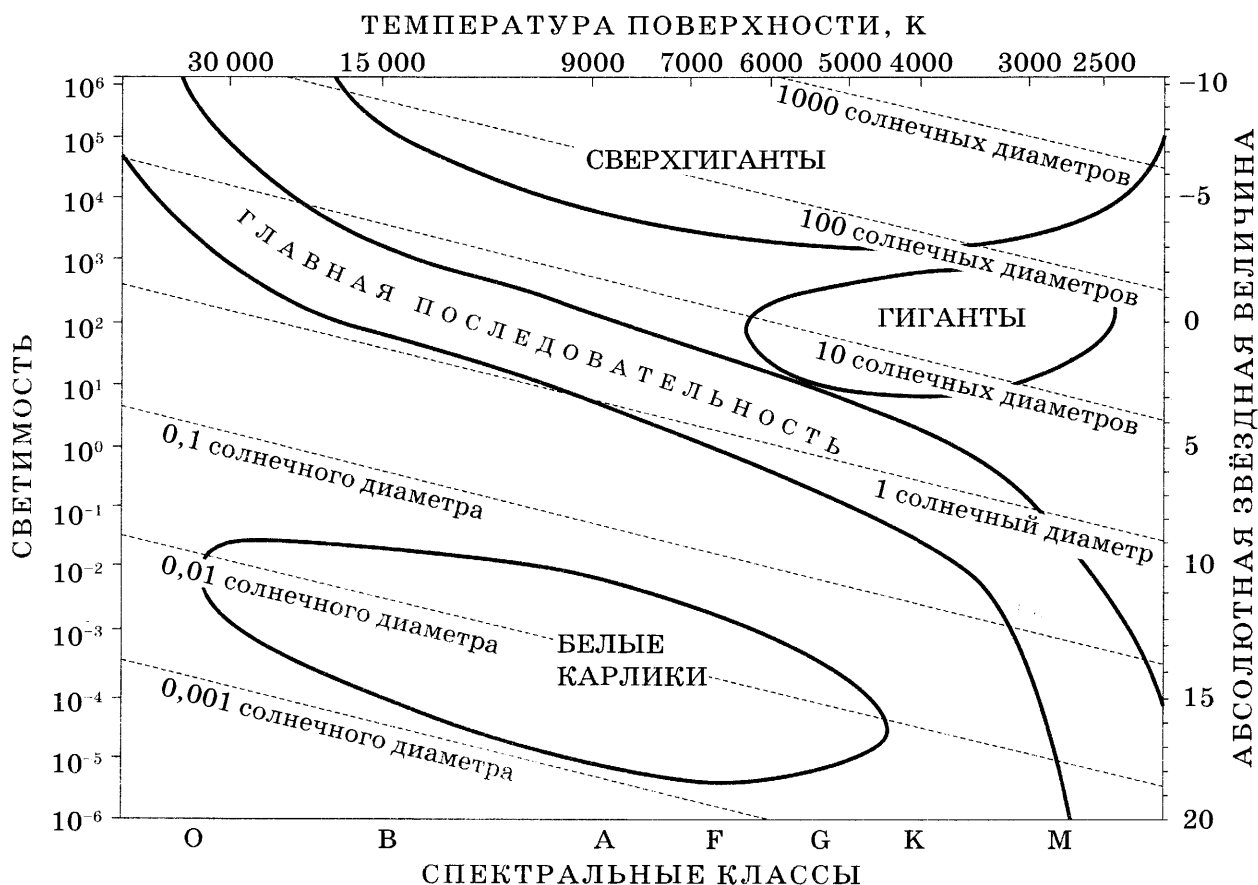
Запишите в ответе номера выбранных проводников.

Ответ:



24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рассела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах, используя данные диаграммы.

- 1) Чем выше светимость звезды, тем больше её абсолютная звёздная величина.
- 2) Чем выше температура поверхности звезды, тем больше её абсолютная звёздная величина.
- 3) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *B* главной последовательности менее длительный, чем звезды спектрального класса *G* главной последовательности.
- 4) Все белые карлики относятся к спектральному классу *A*.
- 5) Средняя плотность звёзд главной последовательности больше средней плотности сверхгигантов.

Ответ: \_\_\_\_\_.



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

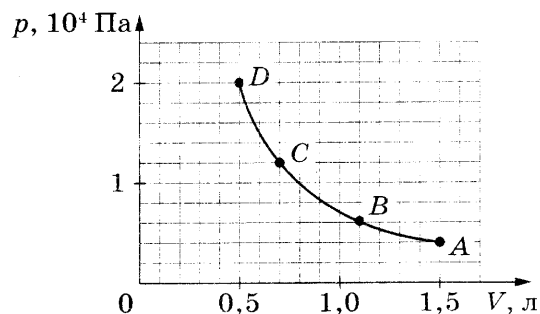
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

На рисунке представлен график зависимости давления некоторой постоянной массы кислорода от его объёма в адиабатном процессе. В исходном состоянии (точка А) температура газа равна 300 К. На сколько абсолютная температура в состоянии D превышает абсолютную температуру в состоянии С?



Ответ: \_\_\_\_\_ К.

26

На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого равна 550 нм. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

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 чётко и разборчиво.

27

На столе установили два незаряженных электрометра и соединили их металлическим стержнем с изолирующей ручкой (рис. 1). Затем к первому электрометру поднесли, не касаясь шара, положительно заряженную палочку (рис. 2). Не убирая палочки, сняли стержень, а затем убрали палочку.

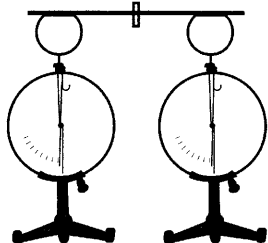


Рис. 1

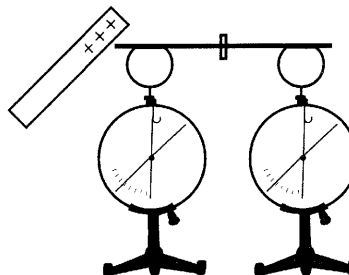


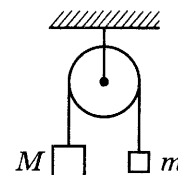
Рис. 2

Ссылаясь на известные Вам законы и явления, объясните, почему электрометры оказались заряженными, и определите знаки заряда каждого из электрометров после того, как палочку убрали.

*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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через  $t = 0,5$  с после начала движения левый груз опустился вниз на 25 см. Определите силу натяжения нити, если масса правого груза  $m = 0,2$  кг. Трением пренебречь.

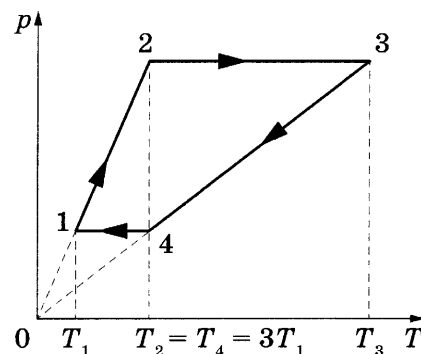


29

Брусок массой  $m$  скользит по горизонтальной поверхности стола и нагоняет брусок массой  $4m$ , скользящий по столу в том же направлении. В результате неупругого соударения бруски слипаются. Их скорости перед ударом:  $v_0 = 4$  м/с и  $\frac{v_0}{2}$ . Определите коэффициент трения скольжения между брусками и столом, если слипшиеся бруски к моменту, когда их скорость станет равна  $\frac{2}{5}v_0$ , переместятся на расстояние  $S = 1$  м от места соударения. Влиянием силы трения со стороны стола на столкновение брусков пренебречь.

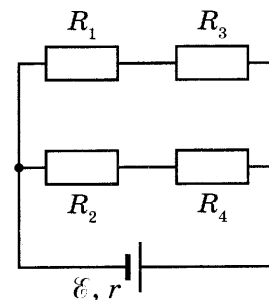
30

В тепловом двигателе 1 моль идеального одноатомного газа совершает цикл 1–2–3–4–1, показанный на графике в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура. Температуры в точках 2 и 4 равны и превышают температуру в точке 1 в 3 раза. Определите КПД цикла.



31

В схеме, изображённой на рисунке, сопротивления резисторов  $R_1 = 1$  Ом,  $R_2 = 2$  Ом,  $R_3 = 5$  Ом,  $R_4 = 10$  Ом, ЭДС батареи  $\mathcal{E} = 9$  В, её внутреннее сопротивление  $r = 2$  Ом. Определите мощность, выделяемую на резисторе  $R_3$ .



32

Электромагнитное излучение с длиной волны  $3,3 \cdot 10^{-7}$  м используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 70 с на  $10$  °С, если источник излучает  $10^{20}$  фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой, а теплопотерь в окружающую среду нет.



*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

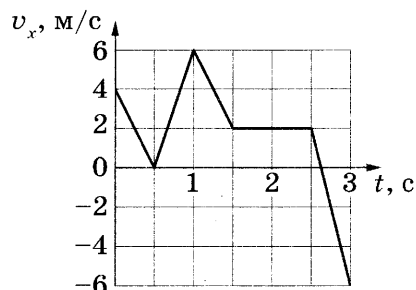
## ВАРИАНТ 7

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

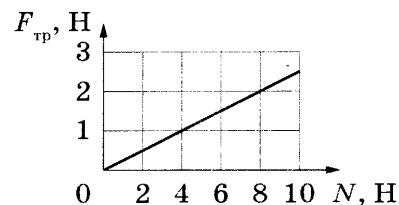
На рисунке показан график зависимости от времени для проекции  $v_x$  скорости тела. Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 1 до 1,5 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

2

На рисунке приведён график зависимости модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Чему равен коэффициент трения?



Ответ: \_\_\_\_\_.

3

Скорость груза массой 0,3 кг равна 6 м/с. Чему равна кинетическая энергия груза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

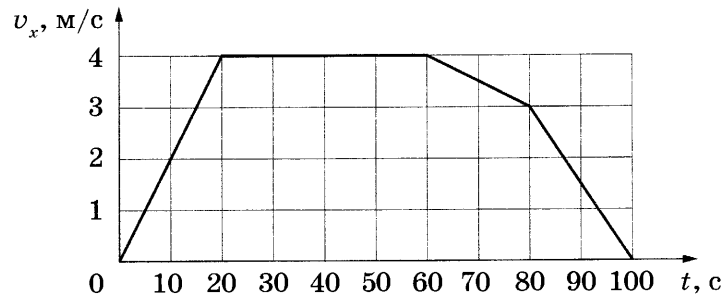
4

Смещение груза пружинного маятника от положения равновесия меняется с течением времени по закону  $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$ , где период  $T = 2$  с. Через какое минимальное время начиная с момента  $t = 0$  потенциальная энергия маятника вернётся к своему исходному значению?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5

Тело массой 20 кг движется в инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции скорости  $v_x$  этого тела от времени  $t$ .



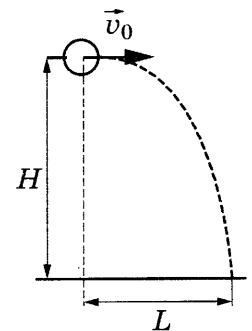
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) В промежутке времени от 0 до 20 с импульс тела увеличился на 40 кг·м/с.
- 2) В промежутке времени от 60 до 100 с тело переместилось на 100 м.
- 3) В момент времени 30 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равен 4 Н.
- 4) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с в 3 раза меньше модуля ускорения тела в промежутке времени от 80 до 100 с.
- 5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 80 до 100 с уменьшилась в 9 раз.

Ответ:

6

Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , до падения на землю пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта шарика до падения на землю и с ускорением шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Время полёта шарика до падения на землю	Ускорение шарика

7

Материальная точка движется по окружности радиусом  $R$  с постоянной линейной скоростью  $v$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение точки, 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) частота обращения  
Б) центростремительное ускорение

ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{v}{2\pi R}$   
2)  $\frac{v^2}{R}$   
3)  $\frac{2\pi R}{v}$   
4)  $\frac{v}{R}$

Ответ:

А	Б

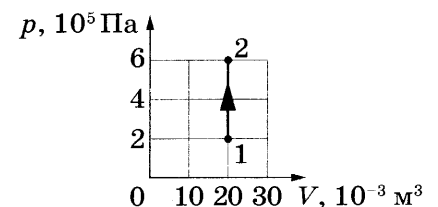
8

При температуре  $T_0$  и давлении 100 кПа 1 моль идеального газа занимает объём  $V_0$ . Каково давление 2 моль этого газа в объёме  $V_0$  при температуре  $2T_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

9

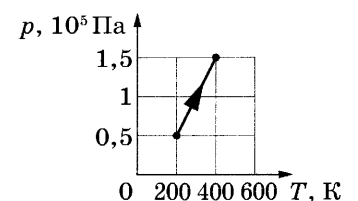
На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы разреженного аргона. В этом процессе внутренняя энергия газа увеличилась на 12 кДж. Какое количество теплоты получил газ?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10

На рисунке показан график зависимости давления разреженного гелия от температуры при постоянной массе газа. Во сколько раз увеличилась внутренняя энергия газа в этом процессе?



Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

11 В четверг и в пятницу температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в четверг было больше, чем в пятницу.

Из приведённого ниже списка выберите *два* правильных утверждения по поводу этой ситуации.

- 1) Относительная влажность воздуха в четверг была меньше, чем в пятницу.
- 2) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, в четверг была больше, чем в пятницу.
- 3) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в четверг и в пятницу была одинаковой.
- 4) Давление насыщенных водяных паров в четверг было больше, чем в пятницу.
- 5) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в четверг была больше, чем в пятницу.

Ответ: 

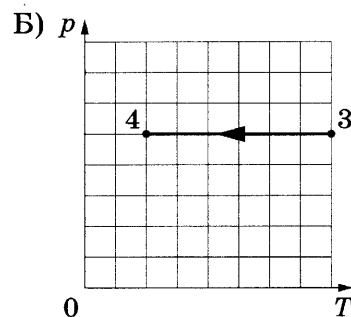
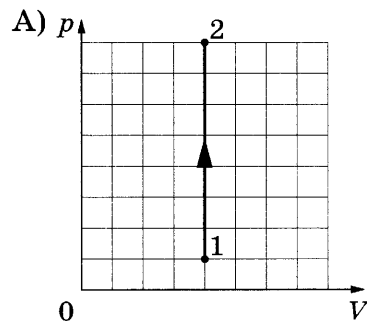
--	--

12 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов — 1–2 и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль гелия. Графики построены в координатах  $p$ – $V$  и  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объём и  $T$  — абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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

**ГРАФИКИ**



**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- 1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- 3) Внешние силы совершают над газом положительную работу, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
- 4) Внешние силы совершают над газом положительную работу, при этом газ получает положительное количество теплоты.

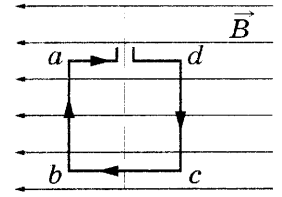
Ответ: 

А	Б



13

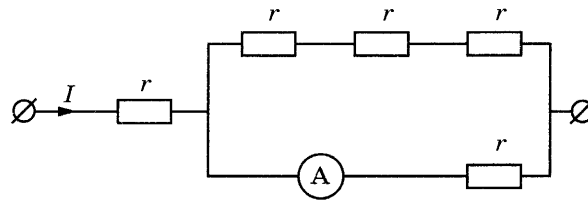
Квадратная рамка расположена в однородном магнитном поле в плоскости линий магнитной индукции так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на сторону  $cd$  рамки со стороны магнитного поля? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

14

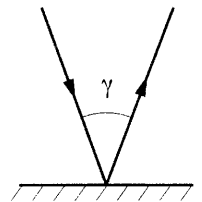
По участку цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I$ , при этом амперметр показывает силу тока 9 А. Определите силу тока  $I$ , если сопротивление  $r = 5$  Ом. Сопротивлением амперметра пренебречь.



Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15

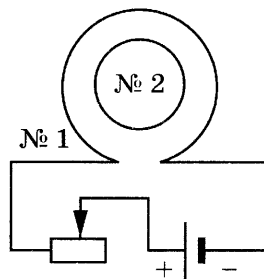
Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен  $70^\circ$ . Каков угол  $\gamma$  между падающим и отражённым лучами (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

16

Катушка индуктивности № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника напряжения и реостата. Катушка индуктивности № 2 помещена внутрь катушки № 1 и замкнута (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата *влево*.

- 1) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, увеличивается.
- 2) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2, в центре этой катушки направлен от наблюдателя.
- 3) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, всюду уменьшается.
- 4) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 5) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.

Ответ:

**17** Под действием силы Лоренца  $\alpha$ -частица движется по окружности радиусом  $R$  в однородном магнитном поле между полюсами магнита. В этом же поле движется протон. Как изменятся по сравнению с  $\alpha$ -частицей модуль силы Лоренца и период обращения протона, если он будет двигаться по окружности такого же радиуса, что и  $\alpha$ -частица?

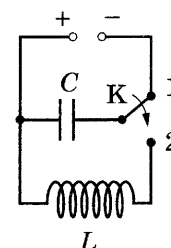
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Модуль силы Лоренца	Период обращения протона

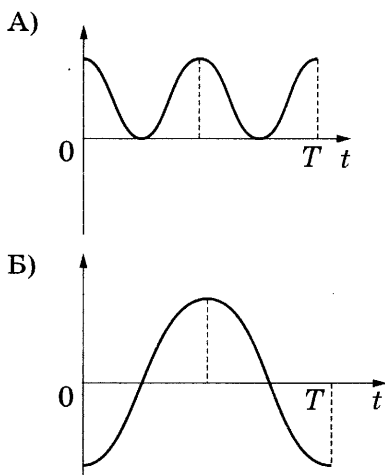
**18** Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого.  $T$  — период этих колебаний.



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) заряд правой обкладки конденсатора
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) модуль напряжения на конденсаторе

Ответ:

А	Б

19

Ядро лития при бомбардировке ядрами дейтерия участвует в ядерной реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  образовавшегося ядра (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20

Два источника излучают электромагнитное излучение с частотами  $\nu_1$  и  $\nu_2$ . Найдите отношение  $\frac{\nu_1}{\nu_2}$ , если отношение импульсов фотонов этих излучений  $\frac{p_1}{p_2} = 4$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как при захвате электрона изменяются зарядовое число атомного ядра и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

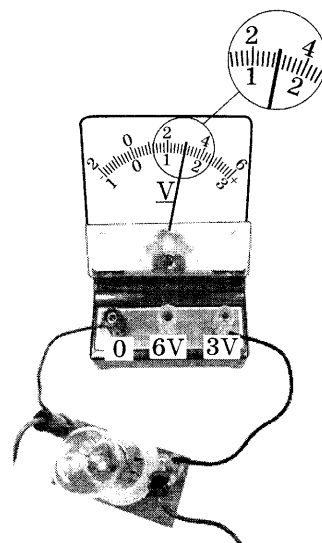
1) увеличивается                      2) уменьшается                      3) не изменяется

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

Зарядовое число ядра	Число нейтронов в ядре

22

Определите напряжение на лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



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

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Необходимо при помощи маятника экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник взял штатив с муфтой и лапкой, нить и секундомер.

Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) электронные весы
- 2) динамометр
- 3) стальной шарик
- 4) линейка
- 5) мензурка

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

24

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
$\epsilon$ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
$\alpha$ Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

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

- 1) Звезда Сириус А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 2) Звезда Капелла относится к белым карликам.
- 3) Наше Солнце имеет максимальную массу среди звёзд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 4) Звезда Ригель относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 5) Звезда Сириус В относится к белым 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

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в калориметре 330 г. Определите первоначальную температуру воды в калориметре, если масса воды в нём увеличилась на 63 г. Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

26

Поток фотонов выбивает из металла электроны. Энергия фотона равна 2 эВ. Если частоту падающего излучения увеличить в 2,5 раза, то максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, увеличится в 2 раза. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в первом случае?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.

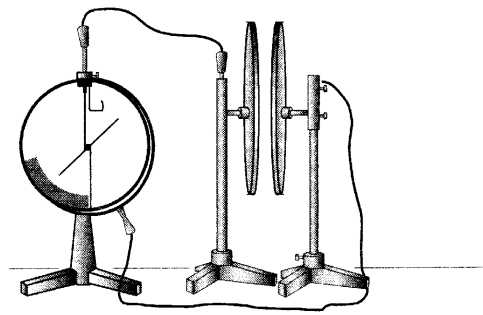


*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

*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 чётко и разборчиво.*

27

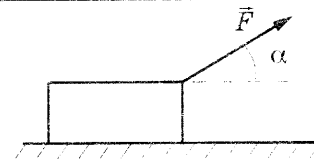
Две плоские пластины конденсатора, закреплённые на изолирующих штативах, расположили на небольшом расстоянии друг от друга и соединили одну пластину с заземлённым корпусом, а другую — со стержнем электрометра (см. рисунок). Затем пластину, соединённую со стержнем электрометра, зарядили. Объясните, опираясь на известные Вам законы, как изменяются показания электрометра при увеличении расстояния между пластинами. Отклонение стрелки электрометра пропорционально разности потенциалов между пластинами. Ёмкость электрометра пренебрежимо мала.



*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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

Брусок массой  $1,0$  кг движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением  $2$  м/с<sup>2</sup> под действием силы  $\vec{F}$ , равной по модулю  $5$  Н и направленной вверх под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Определите коэффициент трения бруска о плоскость.

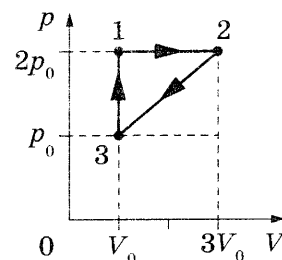


29

Небольшое тело массой  $M = 0,99$  кг лежит на вершине гладкой полусферы. В тело попадает пуля массой  $m = 0,01$  кг, летящая горизонтально со скоростью  $v_0 = 200$  м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус сферы, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы,  $h = 0,8$  м. Высота отсчитывается от основания полусферы.

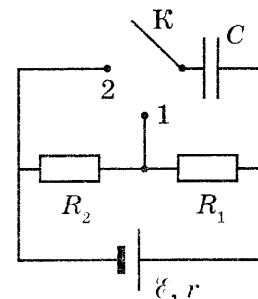
30

Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Масса газа постоянна. За цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты  $|Q_x| = 8$  кДж. Какое количество теплоты газ получает при переходе из состояния 1 в состояние 2?



31

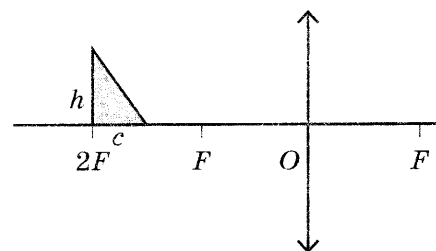
В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор  $C$  изначально не заряжен, а отношение  $\frac{R_2}{R_1} = 3$ . Ключ  $K$  переводят в положение 1. Затем, спустя большой промежуток времени, ключ переводят в положение 2 и снова ждут в течение большого промежутка времени. В какое число раз  $n$  увеличилась энергия конденсатора в результате перевода ключа из положения 1 в положение 2?



32

Прямоугольный треугольник с катетами  $c = 2$  см и  $h = 3$  см расположен перед собирающей линзой с оптической силой  $D = 10$  дптр, как показано на рисунке.

Постройте изображение треугольника, даваемое линзой. Во сколько раз площадь изображения треугольника больше площади самого треугольника?



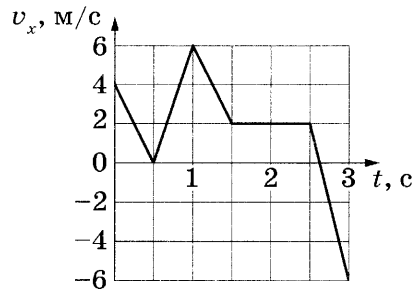
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

# ВАРИАНТ 8

## Часть 1

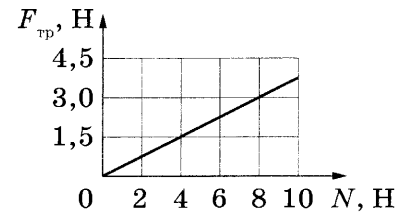
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными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

- 1 На рисунке показан график зависимости от времени для проекции  $v_x$  скорости тела. Какова проекция  $a_x$  ускорения этого тела в интервале времени от 2,5 до 3 с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 На рисунке приведён график зависимости модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Чему равен коэффициент трения?



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 3 Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью 3 м/с, равна 4,5 Дж. Чему равна масса тела?

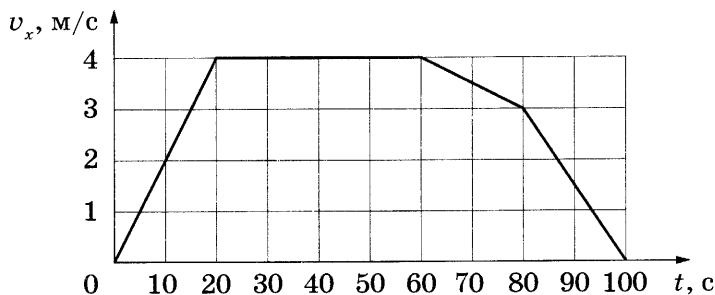
Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

- 4 Смещение груза пружинного маятника от положения равновесия меняется с течением времени по закону  $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$ , где период  $T = 0,5$  с. Через какое минимальное время начиная с момента  $t = 0$  кинетическая энергия маятника вернётся к своему исходному значению?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

5

Тело массой 20 кг движется в инерциальной системе отсчёта вдоль оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости этого тела от времени  $t$ .



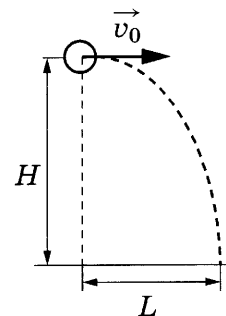
Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

- 1) В промежутке времени от 0 до 20 с импульс тела увеличился в 4 раза.
- 2) В промежутке времени от 60 до 100 с тело переместилось на 40 м.
- 3) В момент времени 30 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равен нулю.
- 4) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с в 3 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 80 до 100 с.
- 5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 80 до 100 с уменьшилась на 90 Дж.

Ответ:

6

Шарик, брошенный горизонтально с высоты  $H$  с начальной скоростью  $\vec{v}_0$ , до падения на землю пролетел в горизонтальном направлении расстояние  $L$  (см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта до падения на землю и с ускорением шарика, если на этой же установке повторить опыт с шариком большей массы? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Время полёта шарика до падения на землю	Ускорение шарика



7

Материальная точка движется по окружности радиусом  $R$  с постоянной линейной скоростью  $v$ .

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение точки, 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) период обращения  
Б) угловая скорость движения

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{v}{2\pi R}$   
2)  $\frac{v^2}{R}$   
3)  $\frac{2\pi R}{v}$   
4)  $\frac{v}{R}$

Ответ:

А	Б

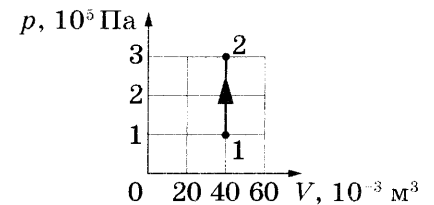
8

При давлении  $p_0$  и температуре 250 К 2 моль идеального газа занимают объём  $V_0$ . При какой температуре давление 1 моль этого газа в объёме  $V_0$  будет равно  $2p_0$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9

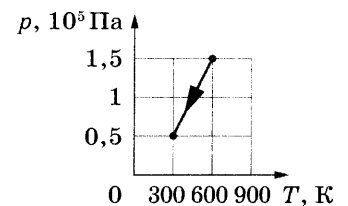
На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы разреженного неона. В этом процессе внутренняя энергия газа увеличилась на 12 кДж. Какую работу совершил газ?



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10

На рисунке показан график зависимости давления разреженного аргона от температуры при постоянной массе газа. Во сколько раз уменьшилась внутренняя энергия газа в этом процессе?



Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

11

В пятницу и в субботу температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в пятницу было меньше, чем в субботу.

Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения по поводу этой ситуации.

- 1) Относительная влажность воздуха в пятницу и субботу была одинаковой.
- 2) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, в пятницу была больше, чем в субботу.
- 3) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, в пятницу была меньше, чем в субботу.
- 4) Давление насыщенных водяных паров в пятницу и в субботу было одинаково
- 5) Концентрация молекул водяного пара в воздухе в пятницу была больше, чем в субботу.

Ответ: 

--	--

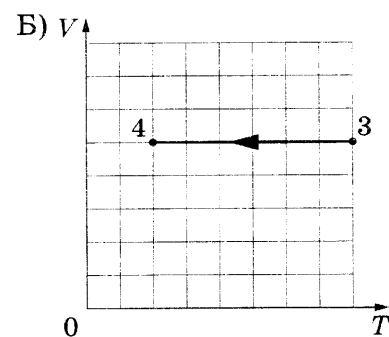
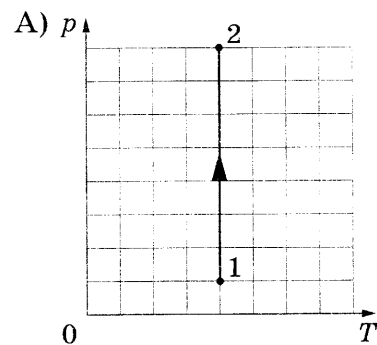
12

На рисунках А и Б приведены графики двух процессов — 1–2 и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль гелия. Графики построены в координатах  $p$ – $T$  и  $V$ – $T$ , где  $p$  — давление,  $V$  — объём и  $T$  — абсолютная температура газа.

Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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

**ГРАФИКИ**



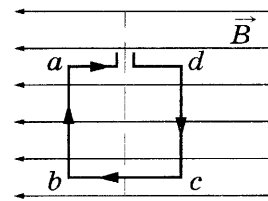
**УТВЕРЖДЕНИЯ**

- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом он не совершает работу.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- 3) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом внешние силы совершают над ним положительную работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ: 

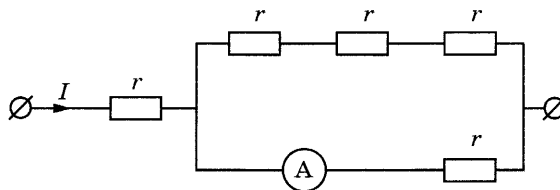
А	Б

13 Квадратная рамка расположена в однородном магнитном поле в плоскости линий магнитной индукции так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на сторону *ab* рамки со стороны магнитного поля? *Ответ запишите словом (словами).*



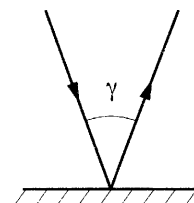
Ответ: \_\_\_\_\_.

14 По участку цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток  $I = 6$  А. Какую силу тока показывает амперметр, если сопротивление  $r = 5$  Ом? Сопротивлением амперметра пренебречь.



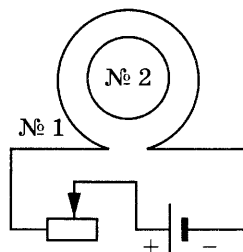
Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между отраженным лучом и зеркалом равен  $80^\circ$ . Каков угол  $\gamma$  между падающим и отражённым лучами (см. рисунок)?



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.

16 Катушка индуктивности № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника напряжения и реостата. Катушка индуктивности № 2 помещена внутрь катушки № 1 и замкнута (см. рисунок).



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата *вправо*.

- 1) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, уменьшается.
- 2) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2, в центре этой катушки направлен к наблюдателю.
- 3) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 4) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, всюду увеличивается.
- 5) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.

Ответ:

17

Под действием силы Лоренца протон движется по окружности радиусом  $R$  в однородном магнитном поле между полюсами магнита. В этом же поле движется  $\alpha$ -частица. Как изменятся по сравнению с протоном модуль силы Лоренца и частота обращения  $\alpha$ -частицы, если она будет двигаться по окружности такого же радиуса, что и протон?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения

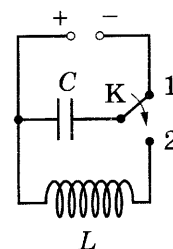
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль силы Лоренца	Частота обращения $\alpha$ -частицы

18

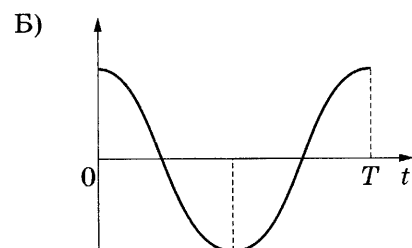
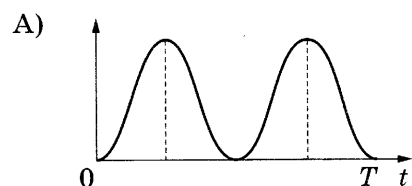
Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого.  $T$  — период этих колебаний.



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) заряд правой обкладки конденсатора
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) энергия магнитного поля катушки

Ответ:

А	Б

19

Ядро лития при бомбардировке  $\alpha$ -частицами участвует в ядерной реакции  ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд  $Z$  образовавшегося ядра (в единицах элементарного заряда) и его массовое число  $A$ ?

Заряд ядра $Z$	Массовое число ядра $A$

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

20

Два источника излучают электромагнитное излучение с длинами волн  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Найдите отношение  $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ , если отношение импульсов фотонов этих излучений  $\frac{p_1}{p_2} = 4$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как при захвате электрона изменяются массовое число атомного ядра и число протонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

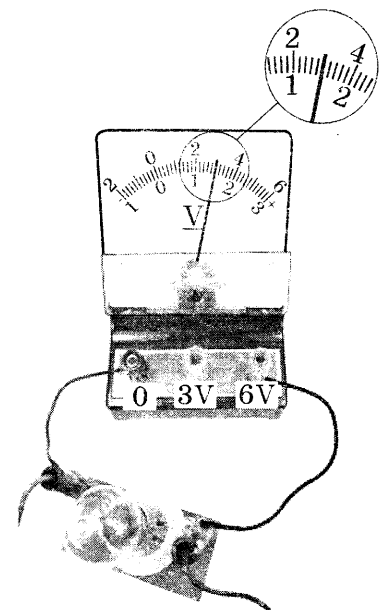
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Массовое число ядра	Число протонов в ядре

22

Определите напряжение на лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



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

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

**23** Необходимо при помощи маятника экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник взял штатив с муфтой и лапкой, нить и стальной шарик.

Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) электронные весы
- 2) мензурка
- 3) динамометр
- 4) линейка
- 5) секундомер

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

**24** Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
$\epsilon$ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
$\alpha$ Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

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

- 1) Звезда Альдебаран относится к звёздам спектрального класса *K*.
- 2) Звезда Ригель относится к сверхгигантам.
- 3) Наше Солнце имеет максимальную температуру поверхности среди звёзд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 4) Звезда  $\alpha$  Центавра А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга — Рессела.
- 5) Звезда  $\epsilon$  Возничего В относится к белым 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

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять, при этом масса воды в калориметре увеличилась на 140 г. Какая масса воды находилась в калориметре, если её первоначальная температура 20 °С? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

26

Поток фотонов выбивает из металла электроны. Энергия фотона равна 2 эВ. Если длину волны падающего излучения уменьшить в 2,5 раза, то максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, увеличится в 2 раза. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов во втором случае?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.



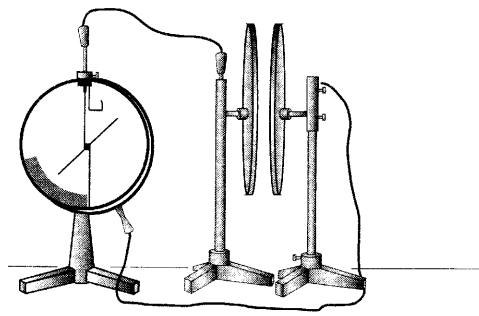
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*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 чётко и разборчиво.*

27

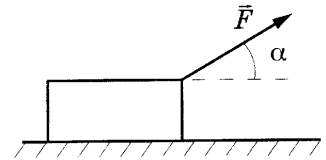
Две плоские пластины конденсатора, закреплённые на изолирующих штативах, расположили на небольшом расстоянии друг от друга и соединили одну пластину с заземлённым корпусом, а другую — со стержнем электрометра (см. рисунок). Затем пластину, соединённую со стержнем электрометра, зарядили. Объясните, опираясь на известные Вам законы, как изменяются показания электрометра при сближении пластин. Отклонение стрелки электрометра пропорционально разности потенциалов между пластинами. Ёмкость электрометра пренебрежимо мала.



*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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28

Брусок массой  $1,0$  кг движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением под действием силы  $\vec{F}$ , равной по модулю  $5$  Н и направленной вверх под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Определите ускорение бруска, если коэффициент трения бруска о плоскость равен  $0,2$ .

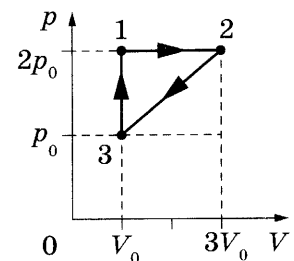


29

Небольшое тело массой  $M = 0,99$  кг лежит на вершине гладкой полусферы радиуса  $R = 1$  м. В тело попадает пуля массой  $m = 0,01$  кг, летящая горизонтально, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите скорость пули непосредственно перед попаданием в тело, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы,  $h = 0,7$  м. Высота отсчитывается от основания полусферы.

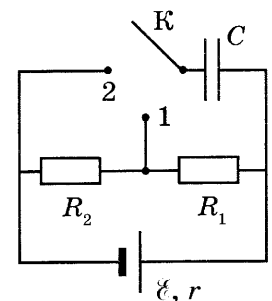
30

Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Масса газа неизменна. За цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты  $|Q_x| = 4,2$  кДж. Какую работу газ совершает при переходе из состояния 1 в состояние 2?



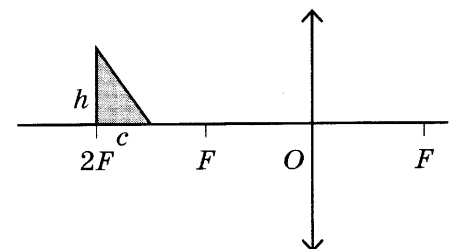
31

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор  $C$  изначально не заряжен. Ключ  $K$  переводят в положение 1. Затем, спустя большой промежуток времени, ключ переводят в положение 2 и снова ждут в течение большого промежутка времени. В результате перевода ключа из положения 1 в положение 2 энергия конденсатора увеличилась в  $n = 9$  раз. Определите отношение сопротивлений  $\frac{R_2}{R_1}$ .



32

Прямоугольный треугольник с катетами  $c = 2$  см и  $h = 4$  см расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием  $F = 10$  см, как показано на рисунке.



Постройте изображение треугольника, даваемое линзой. Чему равна площадь этого изображения?



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**



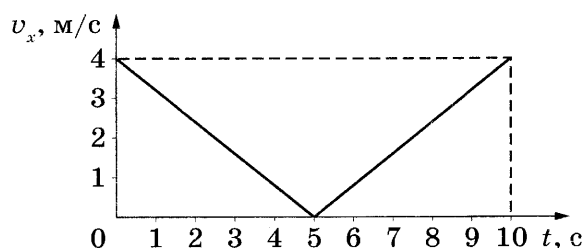
## ВАРИАНТ 9

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке изображён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом за первые 5 с движения.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2

Какова жёсткость пружины, если под действием силы 10 Н она удлинилась на 2,5 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м.

3

Два маленьких шарика с одинаковыми массами  $m$ , расстояние между которыми равно  $r$ , притягиваются друг к другу с гравитационными силами, равными по модулю 1,2 пН. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного  $2m$ , масса другого  $\frac{m}{2}$ , а расстояние между их центрами  $\frac{r}{3}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ пН.

4 Скорость звука в воздухе 330 м/с. Какова длина звуковой волны, если частота колебаний источника звука составляет 660 Гц?

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

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

- 1) Скорость тел после соударения равна 2 м/с.
- 2) Кинетическая энергия деревянного 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 0,5 Дж.
- 5) Импульс налетающего шарика изменился на 0,2 кг·м/с.

Ответ:

6 В первой серии опытов по исследованию малых свободных колебаний разных грузов на нити одинаковой длины использовался железный шарик, во второй — алюминиевый такого же объёма. Максимальный угол отклонения нити от вертикали в обоих исследованиях одинаковый.

Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменяется частота колебаний и максимальная скорость шарика?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

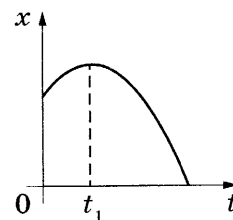
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Частота колебаний	Максимальная скорость шарика

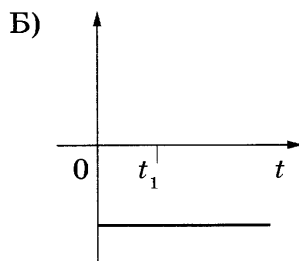
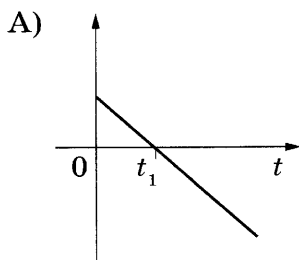
7

На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты  $x$  тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих данное 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 скорости тела
- 2) проекция импульса тела на ось  $x$
- 3) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело

Ответ:

А	Б

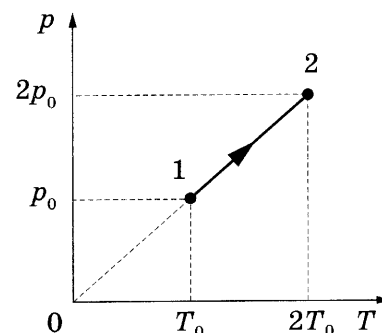
8

Температура тела А равна 110 К, температура тела Б равна 110 °С. Какова разница между температурами этих тел по абсолютной шкале температур?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9

На  $pT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 3 моль идеального газа. В этом процессе газ получил количество теплоты, равное 20 кДж. Определите изменение внутренней энергии газа в этом процессе.



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

10

В закрытом сосуде при температуре 373 К под поршнем находится водяной пар под давлением 60 кПа. Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, объём пара уменьшить в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

11

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 8 г гелия, в правой — 1 моль аргона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул аргона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной. Выберите *два* верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в обеих частях сосуда одинакова.
- 2) Давление гелия в левой части сосуда меньше, чем давление газов в правой части.
- 3) Внутренняя энергия гелия в левой части сосуда больше, чем в правой части.
- 4) Работа гелия по его расширению в правую часть сосуда положительна.
- 5) В правой части сосуда общее число молекул газов в два раза меньше, чем в левой части.

Ответ: 

--	--

12

Неон в количестве  $\nu$  моль помещают в герметичный сосуд объёмом  $V_0$  и начинают охлаждать. Объём сосуда при этом не изменяется.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры  $T$  газа. ( $R$  — универсальная газовая постоянная.)

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

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) давление газа  $p(T)$   
 Б) внутренняя энергия газа  $U(T)$

#### ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{\nu RT}{V_0}$
- 2)  $\frac{3}{2}\nu RT$
- 3)  $\frac{3T}{\nu R V_0}$
- 4)  $3\nu R V_0 T$

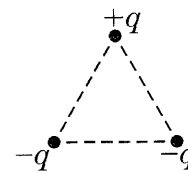
Ответ:

А	Б

13

В вершинах равностороннего треугольника находятся заряды  $+q > 0$ ,  $-q$  и  $-q$  (см. рисунок).

Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) суммарная напряжённость поля этих зарядов в центре треугольника? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

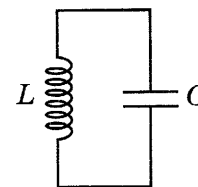
14

Определите силу тока, текущего по проводнику, если за 30 с через него проходит заряд 120 Кл.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15

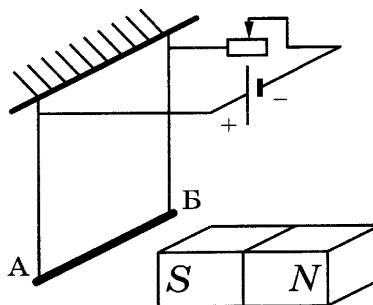
В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_c = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 5$  В,  $\omega = 500\pi$  с<sup>-1</sup>. Определите период колебаний напряжения.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

16

Медный проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения — так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится южный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *влево*.



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения о результатах этого опыта.

- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
- 3) Сила тока, протекающего через проводник АБ, уменьшается.
- 4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.

Ответ:

17

В пустом прозрачном сосуде находится дифракционная решётка, которая освещается лучом света лазерной указки, падающим на решётку перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум при заполнении сосуда водой?

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.

Частота световой волны, достигающей решётки	Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум

18

Заряженная частица массой  $m$ , несущая положительный заряд  $q$ , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

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**

**ФОРМУЛЫ**

- А) радиус окружности, по которой движется частица
- Б) период обращения частицы по окружности

- 1)  $\frac{2\pi m}{qB}$
- 2)  $\frac{mv}{qB}$
- 3)  $\frac{2\pi B}{v}$
- 4)  $qvB$

Ответ:

А	Б

19

При захвате нейтрона ядром алюминия  ${}_{13}^{23}\text{Al}$  образующееся ядро распадается на  $\alpha$ -частицу и ядро  ${}^A_Z\text{X}$ . Определите массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  ядра  ${}^A_Z\text{X}$ .

Массовое число $A$	Зарядовое число $Z$

20

От начального количества в  $8 \cdot 10^{22}$  атомов радиоактивного изотопа кислорода  $^{15}_8\text{O}$  через 244 с осталось примерно  $2 \cdot 10^{22}$ . Чему равен период полураспада  $^{15}_8\text{O}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

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 — пропускающий только жёлтый. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта.

Как изменяются максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

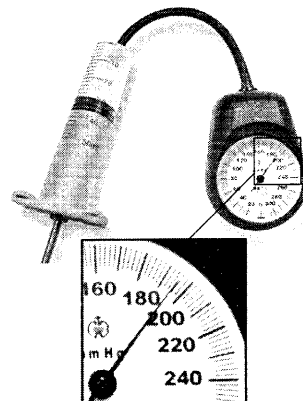
1) увеличивается      2) уменьшается      3) не изменяется

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

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов	Работа выхода

22

Определите показания манометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения давления равна 3 мм рт. ст.



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

**В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

23

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой определить сопротивление резистора. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, аккумулятор и вольтметр. Какие две позиции из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

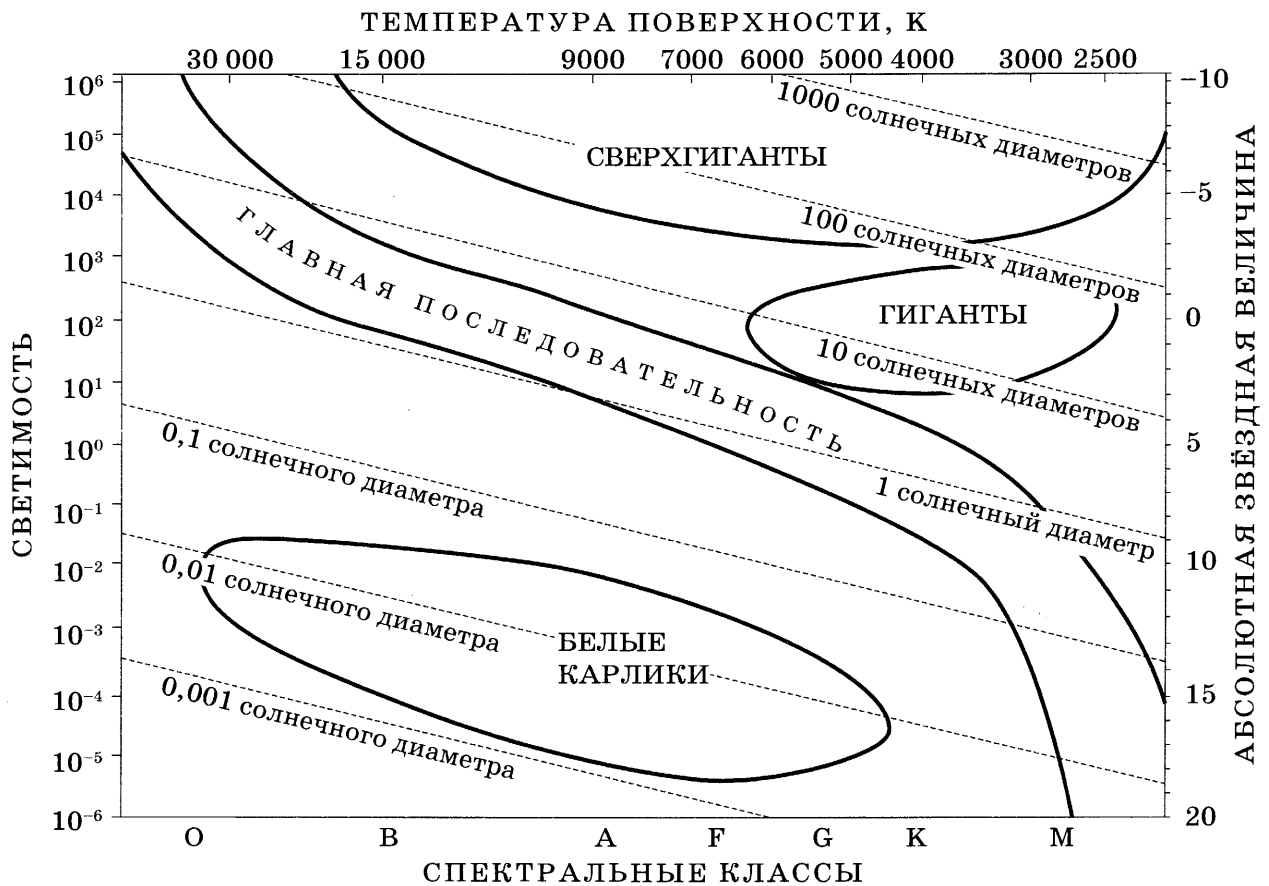
- 1) лампочка
- 2) амперметр
- 3) резистор
- 4) линейка
- 5) секундомер

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите *все* верные утверждения о звёздах, используя данные диаграммы.

- 1) Температура поверхности звёзд спектрального класса *F* выше температуры поверхности звёзд спектрального класса *A*.
- 2) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *O* главной последовательности менее длительный, чем звезды спектрального класса *K* главной последовательности.
- 3) Звезда Прокцион *A* имеет температуру поверхности 6600 К, следовательно, она относится к звёздам спектрального класса *F*.
- 4) Средняя плотность сверхгигантов существенно меньше средней плотности белых карликов.
- 5) Радиус звезды Бетельгейзе почти в 1000 раз превышает радиус Солнца, следовательно, она относится к звёздам главной последовательности.

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

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

25

Кусок льда массой 400 г опустили в термос, содержащий воду массой 220 г при температуре 50 °С. Начальная температура льда 0 °С. При переходе к тепловому равновесию часть льда растаяла. Определите массу льда в термосе после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью термоса и теплообменом с окружающей средой можно пренебречь.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

26

За время  $t = 8$  с детектор поглощает  $N = 18 \cdot 10^5$  фотонов падающего на него монохроматического света. Поглощаемая мощность  $P = 9 \cdot 10^{-14}$  Вт. Какова длина волны падающего света?

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.



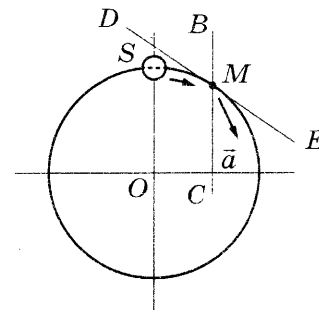
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*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 чётко и разборчиво.*

27

Из проволоки согнуто кольцо в виде окружности. Кольцо закреплено неподвижно. Плоскость кольца вертикальна. Бусина  $S$ , надетая на проволоку, соскальзывает по кольцу из состояния покоя из верхней точки окружности и проходит точку  $M$ . В этот момент ускорение  $\vec{a}$  бусины направлено между вертикалью  $BC$  и касательной к окружности  $DE$  (см. рисунок). В какую сторону давит бусина на кольцо в точке  $M$ : внутрь кольца или наружу? Трением пренебречь.

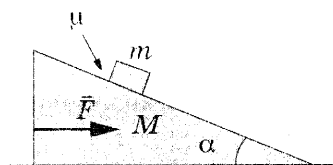


Ответ обоснуйте, указав, какие закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, которые действуют на бусину  $S$  в точке  $M$ .

*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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

**28** Тело массой 2 кг, брошенное с некоторой высоты вертикально вверх, упало на землю со скоростью 6 м/с. Потенциальная энергия тела относительно поверхности земли в момент броска была равна 20 Дж. С какой начальной скоростью бросили тело? Сопротивлением воздуха пренебречь.

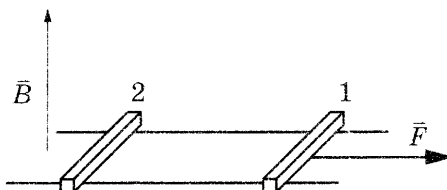
**29** Клин массой  $M$  скользит по гладкой горизонтальной поверхности стола. По шероховатой поверхности клина, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом, равномерно (относительно клина) вниз скользит брусок массой  $m$ . Коэффициент трения между бруском и клином  $\mu$ . Чему равен модуль горизонтальной силы  $\vec{F}$ , приложенной к клину?



**30** Теплоизолированный сосуд разделён тонкой теплоизолирующей перегородкой на две части, отношение объёмов которых  $\frac{V_2}{V_1} = 2$ . Обе части сосуда заполнены одинаковым одноатомным идеальным газом. Давление в первой из них равно  $p_0$ , во второй —  $4p_0$ . Каким станет давление в сосуде, если перегородку убрать?

**31** Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C$ , пластины которого расположены вертикально, подключили к источнику с постоянным напряжением  $U$ . Во сколько раз изменится энергия, запасённая в конденсаторе, если, не отключая его от источника, опустить пластины на две трети в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью 4?

**32** По горизонтальным параллельным шероховатым рельсам могут скользить два одинаковых стержня. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см. Стержни перпендикулярны рельсам. Рельсы со стержнями находятся в вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рисунок). Под действием горизонтальной силы  $F = 0,2$  Н, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся равномерно со скоростями  $v_1 = 2$  м/с и  $v_2 = 1$  м/с соответственно. Чему равно сопротивление цепи?



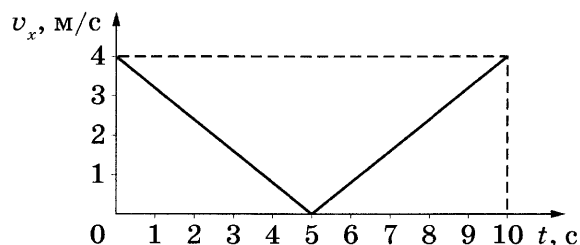
**!** Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

## ВАРИАНТ 10

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке изображён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом за 10 с движения.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Под действием какой силы пружина жёсткостью 200 Н/м удлинится на 4 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Два маленьких шарика с одинаковыми массами  $m$ , расстояние между которыми равно  $r$ , притягиваются друг к другу с гравитационными силами, равными по модулю 0,8 пН. Каков модуль сил гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного  $6m$ , масса другого  $\frac{m}{3}$ , а расстояние между их центрами  $2r$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ пН.

4 Скорость звука в воздухе 330 м/с. Длина звуковой волны 0,75 м. Какова частота колебаний источника звука?

Ответ: \_\_\_\_\_ Гц.

5 Деревянный брусок массой  $m_1 = 200$  г покоится на гладкой горизонтальной поверхности. На него налетает пластилиновый шарик массой  $m_2 = 100$  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 1 м/с.
- 2) Кинетическая энергия деревянного бруска после соударения равна 0,2 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 Подвешенный на пружине груз совершает свободные вертикальные гармонические колебания. Пружину заменили на другую, жёсткость которой больше, оставив массу груза и амплитуду колебаний неизменными. Как при этом изменятся частота свободных колебаний груза и его максимальная скорость?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

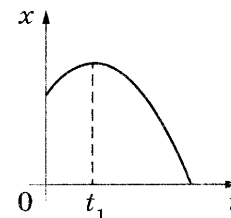
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Частота свободных колебаний груза	Максимальная скорость груза

7

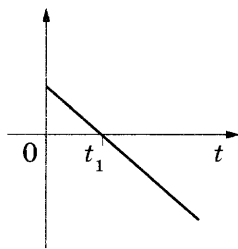
На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты  $x$  тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих данное движение этого тела, от времени  $t$ . Установите соответствие между графиками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



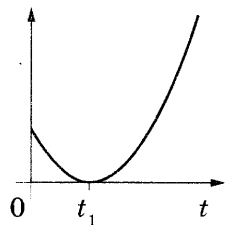
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ

А)



Б)



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

8

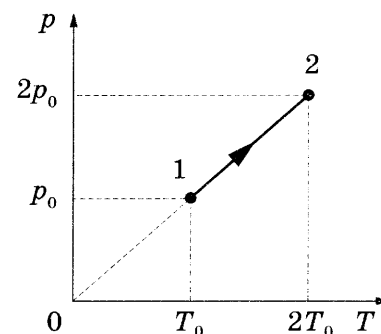
Температура тела А равна 400 К, температура тела Б равна  $-23^\circ\text{C}$ . Какова разница между температурами этих тел по абсолютной шкале температур?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

9

На  $pT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 4 моль идеального газа. В этом процессе изменение внутренней энергии газа составило 25 кДж. Какое количество теплоты было сообщено газу в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.



10

В закрытом сосуде при температуре 373 К под поршнем находится водяной пар под давлением 50 кПа. Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, объём пара уменьшить в 2,5 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

11 Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. В левой части сосуда содержится 8 г гелия, в правой — 1 моль неона. Перегородка может пропускать молекулы гелия и является непроницаемой для молекул неона. Температура газов одинаковая и остаётся постоянной. Выберите **два** верных утверждения, описывающих состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Давление в обеих частях сосуда одинаково.
- 2) Концентрация гелия и неона в правой части сосуда одинаковая.
- 3) Внутренняя энергия гелия больше, чем внутренняя энергия неона.
- 4) Гелий совершает работу при проникновении в правую часть сосуда.
- 5) В правой части сосуда общее число молекул газов в два раза меньше, чем в левой части.

Ответ: 

--	--

12 Аргон в количестве  $\nu$  моль помещают в открытый сверху сосуд под тяжёлый подвижный поршень и начинают охлаждать. Начальное давление газа  $p_0$ . Масса газа в сосуде остаётся неизменной. Трением между поршнем и стенками сосуда пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими газ, и формулами, выражающими их зависимость от абсолютной температуры  $T$  газа. ( $R$  — универсальная газовая постоянная.)

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

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

#### ФОРМУЛЫ

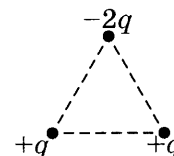
- 1)  $\frac{\nu RT}{p_0}$
- 2)  $\frac{\nu R p_0}{T}$
- 3)  $\frac{3}{2} \nu RT$
- 4)  $\frac{3}{2} \frac{\nu RT}{p_0}$

Ответ: 

А	Б

13 В вершинах равностороннего треугольника находятся заряды  $+q > 0$ ,  $+q$  и  $-2q$  (см. рисунок).

Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) суммарная напряжённость поля этих зарядов в центре треугольника? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

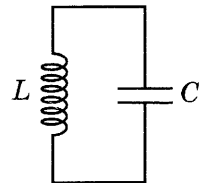
14

Определите силу тока, текущего по проводнику, если за 40 с через него проходит заряд 100 Кл.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

15

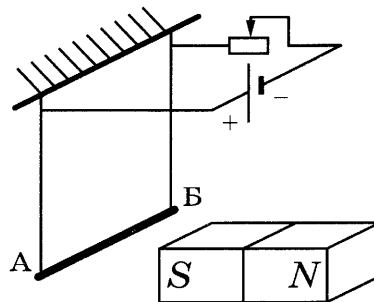
В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 2,5$  В,  $\omega = 200\pi$  с<sup>-1</sup>. Определите период колебаний напряжения.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

16

Проводник АБ подвешен на тонких проволочках и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится южный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают *влево*.



Из приведенного ниже списка выберите *два* правильных утверждения о результатах этого опыта.

- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
- 3) Сила тока, протекающего через проводник АБ, увеличивается.
- 4) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 5) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, уменьшаются.

Ответ:

17

В прозрачном сосуде с водой находится дифракционная решётка, которая освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим на решётку перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум, если воду заменить прозрачной жидкостью с меньшим показателем преломления?

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.

Частота световой волны, достигающей решётки	Угол между падающим лучом и направлением на первый дифракционный максимум

18

Заряженная частица массой  $m$ , несущая положительный заряд  $q$ , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля  $\vec{B}$  по окружности со скоростью  $v$ . Действием силы тяжести пренебречь.

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 силы Лоренца, действующей на частицу
- Б) частота обращения частицы по окружности

## ФОРМУЛЫ

- 1)  $\frac{2\pi m}{qB}$
- 2)  $qvB$
- 3)  $\frac{qB}{2\pi m}$
- 4)  $\frac{mv}{qB}$

Ответ:

А	Б

19

В результате реакции синтеза ядра дейтерия с ядром  ${}^A_Z\text{X}$  образуется ядро бора и нейтрон:  ${}^2_1\text{H} + {}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$ . Определите массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  ядра  ${}^A_Z\text{X}$ .

Массовое число $A$	Зарядовое число $Z$



20

Через сколько лет из  $2 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа цезия  ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ , имеющего период полураспада  $T = 26$  лет, нераспавшимися останутся  $2,5 \cdot 10^9$  ядер изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ лет (года).

21

Монохроматический свет с энергией фотонов  $E_{\text{ф}}$  падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При изменении энергии падающих фотонов увеличился модуль запирающего напряжения  $U_{\text{зап}}$ . Как изменились при этом максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов и длина волны  $\lambda_{\text{кр}}$ , соответствующая «красной границе» фотоэффекта?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

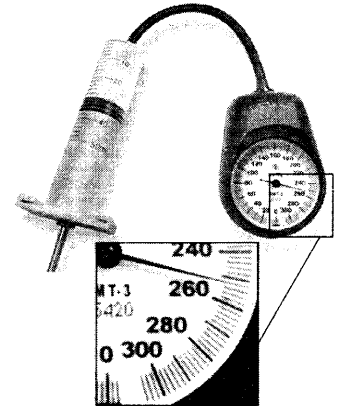
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$

22

Определите показания манометра (см. рисунок), если погрешность прямого измерения давления равна 3 мм рт. ст.



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

*В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.*

23

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой определить сопротивление резистора. Для этого школьник взял соединительные провода, реостат, ключ, аккумулятор и амперметр. Какие **две** позиции из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

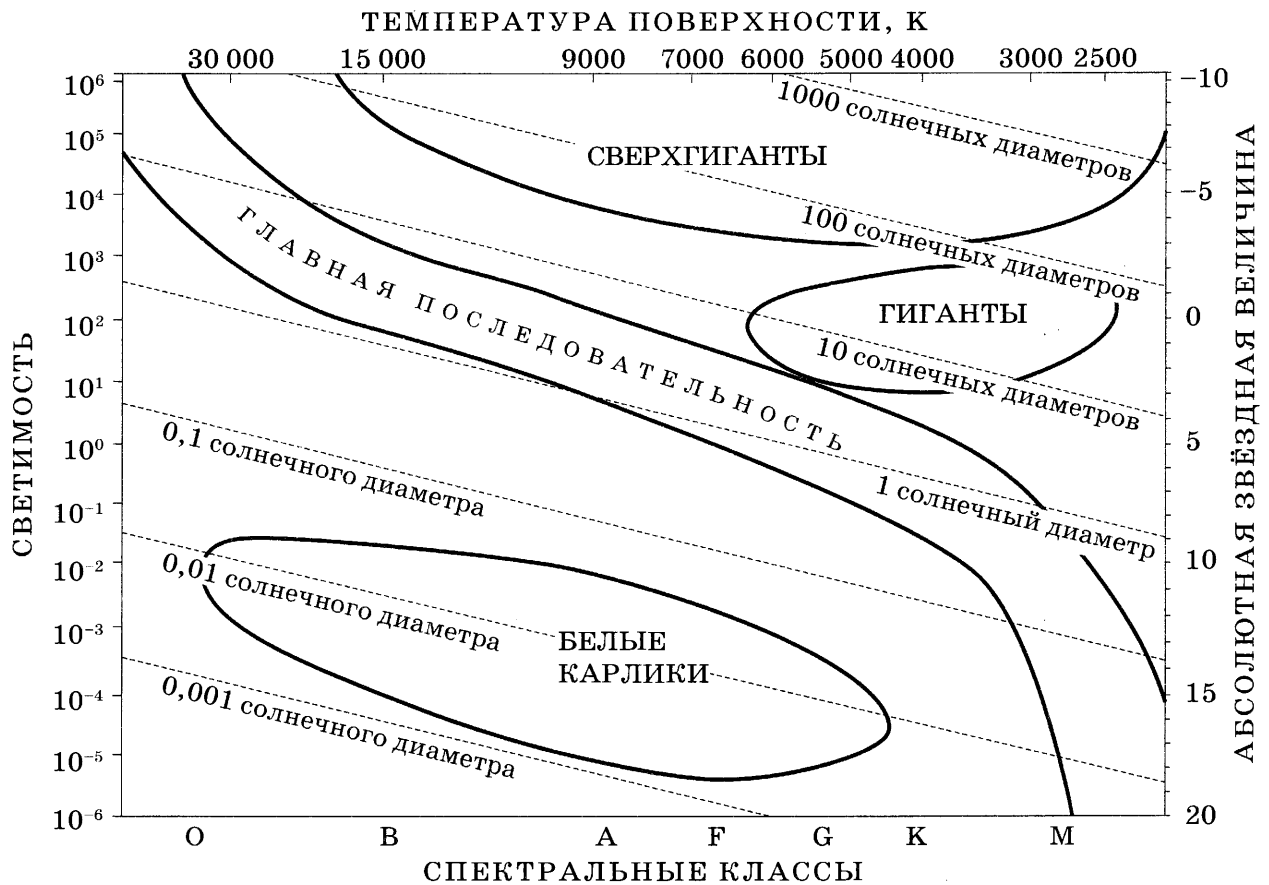
- 1) резистор
- 2) лампочка
- 3) вольтметр
- 4) линейка
- 5) секундомер

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

24

На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга — Рессела.



Выберите **все** верные утверждения о звёздах, которые соответствуют диаграмме.

- 1) Температура поверхности звёзд спектрального класса G выше температуры поверхности звёзд спектрального класса B.
- 2) Звезда Альтаир имеет радиус  $1,9R_{\odot}$ , следовательно, она относится к сверхгигантам.
- 3) Звезда Антарес A имеет температуру поверхности 3300 К, следовательно, она относится к звёздам спектрального класса A.
- 4) Средняя плотность белых карликов существенно больше средней плотности звёзд главной последовательности.
- 5) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса K главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса O главной последовательности.

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

*Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Запишите это число 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 приведёнными 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 удельная теплоёмкость материала болта, имеющего массу 50 г и температуру 339 К, чтобы после опускания его в калориметр весь лёд растаял?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг·К).

26

На сетчатку глаза человека падает 135 фотонов за 3 с при мощности поглощённого сетчаткой света  $1,98 \cdot 10^{-17}$  Вт. Определите длину волны света.

Ответ: \_\_\_\_\_ нм.

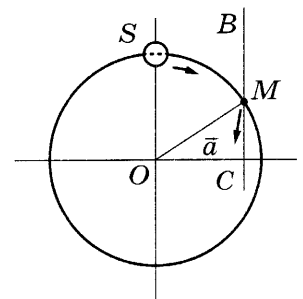


*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

*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 чётко и разборчиво.*

27

Из проволоки согнуто кольцо в виде окружности. Кольцо закреплено неподвижно. Плоскость кольца вертикальна. Бусина  $S$ , надетая на проволоку, соскальзывает по кольцу из состояния покоя из верхней точки окружности и проходит точку  $M$ . В этот момент ускорение  $\vec{a}$  бусины направлено между радиусом  $OM$  и вертикалью  $BC$  (см. рисунок). В какую сторону давит бусина на кольцо в точке  $M$ : внутрь кольца или наружу? Трением пренебречь.

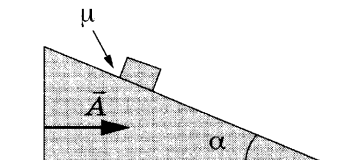


Ответ обоснуйте, указав, какие закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, которые действуют на бусину  $S$  в точке  $M$ .

*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, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

28 Тело массой 2 кг бросили с начальной скоростью 4 м/с с некоторой высоты вертикально вверх. Потенциальная энергия тела относительно поверхности земли в момент броска была равна 20 Дж. Какова скорость тела в момент падения на землю? Сопротивлением воздуха пренебречь.

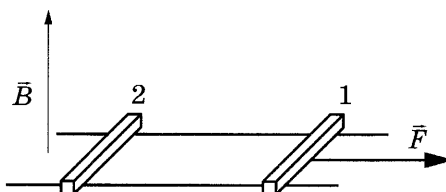
29 Клин скользит по гладкой горизонтальной поверхности стола. По шероховатой поверхности клина, образующей угол  $\alpha$  с горизонтом, равномерно (относительно клина) вниз скользит брусок. Коэффициент трения между бруском и клином —  $\mu$ . С каким ускорением  $A$  клин движется по горизонтальной поверхности стола?



30 Теплоизолированный горизонтальный сосуд разделён пористой перегородкой на две равные части. В начальный момент в левой части сосуда находится  $\nu = 2$  моль гелия, а в правой — такое же количество моль аргона. Атомы гелия могут проникать через перегородку, а для атомов аргона перегородка непроницаема. Температура гелия равна температуре аргона:  $T = 300$  К. Определите отношение внутренних энергий газов по разные стороны перегородки после установления термодинамического равновесия.

31 Плоский воздушный конденсатор ёмкостью  $C$ , пластины которого расположены вертикально, подключили к источнику с постоянным напряжением  $U$ . Через продолжительное время конденсатор отключили от источника. Во сколько раз изменится энергия, запасённая в конденсаторе, если опустить его пластины на две трети в жидкий диэлектрик с диэлектрической проницаемостью 4?

32 По горизонтальным параллельным шероховатым рельсам с пренебрежимо малым электрическим сопротивлением могут скользить два одинаковых стержня с массой  $m = 100$  г и сопротивлением  $R = 0,1$  Ом каждый. Расстояние между рельсами  $l = 10$  см. Стержни перпендикулярны рельсам. Рельсы со стержнями находятся в вертикальном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл (см. рис.). Под действием горизонтальной силы, действующей на первый стержень вдоль рельс, оба стержня движутся равномерно со скоростями  $v_1 = 2,5$  м/с и  $v_2 = 0,5$  м/с соответственно. Чему равен коэффициент трения между стержнем и рельсами?



**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

# ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

## Ответы к заданиям части 1

Правильные ответы на задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и на задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Ответы на 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 допущены две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Ответ на 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 допущены две ошибки или ответ отсутствует. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе не имеет принципиального значения.

№ зад. \ № вар.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-25	240	32,5	35	0	-2,5	-8	-16	10	20
2	2,5	2	90	1	1200	150	0,25	0,375	400	8
3	5	2,5	6,4	16	0,5	0,125	5,4	1	10,8	0,4
4	0,08	0,5	110	80	4	15	1	0,25	0,5	440
5	35 или 53	24 или 42	24 или 42	12 или 21	24 или 42	35 или 53	24 или 42	35 или 53	25 или 52	14 или 41
6	32	31	31	32	23	13	33	33	33	11
7	14	32	13	24	21	43	12	34	23	31
8	1,5	400	4	5	4,5	2	400	1000	273	150
9	8	5	0,75	3	450	500	12	0	20	25
10	0,2	250	500	2	2000	14,5	2	2	100	100
11	45 или 54	23 или 32	15 или 51	24 или 42	15 или 51	23 или 32	25 или 52	34 или 43	12 или 21	23 или 32
12	33	33	22	12	23	43	13	31	12	13
13	вниз	вверх	влево	вправо	влево	влево	от на- блюда- теля	к на- блюда- телю	вниз	вверх
14	10	5	7,5	6	150	200	12	4,5	4	2,5
15	20	5	3	4	12,5	10	40	20	0,004	0,01
16	25 или 52	34 или 43	24 или 42	35 или 53	24 или 42	15 или 51	15 или 51	13 или 31	45 или 54	34 или 43
17	12	23	12	11	11	22	32	32	32	31
18	14	34	41	32	24	31	31	42	21	23
19	103153	97150	3694	56139	88226	82214	48	510	2011	94
20	12,5	87,5	93,75	6,25	90	7,5	4	0,25	122	78
21	23	13	24	32	12	13	21	32	23	13
22	111	5,500,25	0,600,05	0,400,05	7,40,2	0,740,02	1,50,1	3,00,2	1963	2523
23	24 или 42	15 или 51	35 или 53	14 или 41	13 или 31	25 или 52	34 или 43	45 или 54	23 или 32	13 или 31
24	135	245	245	123	13	35	15	124	234	45
25	135	210	-10	2,5	420	80	15	0,55	0,26	500
26	16	0,5	24	-1,2 (мнимое)	4	3	1	4	495	450

## Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются предметной 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 выполнение задания 28 и от 0 до 3 баллов за выполнение заданий 27 и 29–32.

### Вариант 1

27

#### Возможное решение

1. Показания амперметра будут равны 6 А. Эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора даны на рис. 1 и 2.

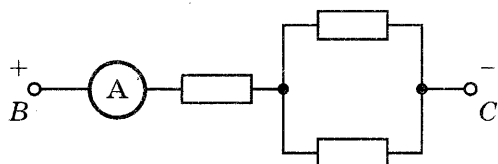


Рис. 1

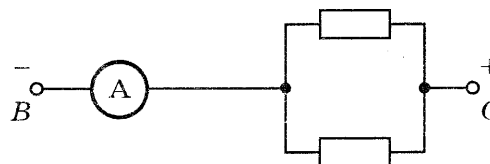


Рис. 2

2. В первом случае верхний диод включён в обратном направлении, обладает бесконечно большим сопротивлением, и ток через него не течёт. Диод, расположенный в центре схемы, включён в прямом направлении, обладает нулевым сопротивлением и пропускает электрический ток. Эквивалентная электрическая схема для первого случая имеет вид, представленный на рис. 1. Получается, что первый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя соотношения для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы в первом случае:

$$R_1 = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R,$$

где  $R$  — сопротивление каждого из резисторов.

3. При смене полярности подключения аккумулятора оба диода окажутся включёнными в прямом направлении, и ток через левый резистор протекать не будет. Эквивалентная электрическая схема для второго случая примет вид, представленный на рис. 2. Используя соотношение для вычисления сопротивления параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы во втором случае:  $R_2 = \frac{R}{2}$ .

4. Таким образом, общее сопротивление участка цепи уменьшилось в 3 раза. Используя закон Ома для полной цепи,  $I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}}}$ , получим, что сила тока через амперметр увеличилась в 3 раза и стала равна 6 А.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>n. 1</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>закон Ома для полной цепи, условия протекания электрического тока через полупроводниковый диод, правила последовательного и параллельного соединения проводников</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется 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 style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении не приведены эквивалентные электрические схемы для двух случаев или в них допущены ошибки</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <b>одному</b> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></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 style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>В решении приведены только эквивалентные электрические схемы для двух случаев.</p> <p style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

28

**Возможное решение**

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси для каждого груза отдельно:

$$Ma = F - T - F_{\text{тр}}, 0 = N - Mg \text{ и } ma = T - mg.$$

Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим

$$Ma = F - T - \mu Mg, ma = T - mg.$$

В итоге, получим:

$$\mu = \frac{F - m(a + g) - Ma}{Mg} = \frac{10 - 0,25 \cdot (2 + 10) - 2 \cdot 2}{2 \cdot 10} = 0,15.$$

**Ответ:**  $\mu = 0,15$ .

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: <i>второй закон Ньютона для двух тел, формула силы трения скольжения</i>);</p> <p>II) 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>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;"><b>И (ИЛИ)</b></p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2



29

**Возможное решение**

1. После отпускания стержня он будет поворачиваться. Груз  $m_1$  будет опускаться вниз; груз  $m_2$  — подниматься вверх. Положение равновесия этой системы грузов — при вертикальном расположении стержня.

2. По закону сохранения механической энергии

$$0 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - m_1 g l_1 + m_2 g (l - l_1) = \frac{2m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} - m g l ,$$

где  $v_1$  и  $v_2$  — скорости грузов  $m_1$  и  $m_2$  в момент прохождения ими положения равновесия. Потенциальная энергия грузов в начальный момент принята равной нулю.

3. Так как угловая скорость вращения грузов в любой момент времени одинакова, а расстояния от грузов до оси вращения различны, то их линейные скорости также различны, причём  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{l_1}{l - l_1} = 2$ .

4. Запишем второй закон Ньютона для момента прохождения грузом  $m_1$  положения равновесия в проекции на вертикальную ось:  $m_1 a = T - m_1 g$ , где  $a = \frac{v_1^2}{l_1}$  — центростремительное ускорение первого груза,  $T$  — сила, с которой стержень действует на первый груз. По третьему закону Ньютона  $T = F$ .

5. Объединяя п. 2–3, получим:  $9v_1^2 = 8gl$ , откуда  $v_1^2 = \frac{8}{9}gl$ . Подставив полученное выражение в п. 4:

$$F = T = 2m(a + g) = 2mg\left(\frac{4}{3} + 1\right) = \frac{14mg}{3} = \frac{14 \cdot 0,03 \cdot 10}{3} = 1,4 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F = 1,4 \text{ Н.}$

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: <u>закон сохранения полной механической энергии, второй закон Ньютона, формула центростремительного ускорения, формула связи линейных скоростей</u>);</p> <p>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);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

30

**Возможное решение**

1. Относительная влажность воздуха  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%$ . В начальном состоянии парциальное давление водяного пара в сосуде  $p_1 = \varphi p_{\text{нп}}$ , где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара.

2. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона  $p_1 = \frac{m_0}{MV} RT$ , где  $T$  — температура водяного пара,  $V$  — объём сосуда,  $M$  — молярная масса воды.

3. После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась на  $m$ . Поэтому

$$p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_0 - m}{M(V/3)} RT.$$

4. Объединяя п. 1, 2 и 3, получим:

$$\varphi = \frac{m_0}{3 \cdot (m_0 - m)} = \frac{18}{3 \cdot (18 - 10)} = 0,75 = 75\%.$$

**Ответ:**  $\varphi = 75\%$ .

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: <i>определение относительной влажности воздуха, уравнение Менделеева — Клапейрона для двух состояний, независимость давления насыщенного пара от объёма при неизменной температуре</i>);</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) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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 имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.  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 style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></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 style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></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
Максимальный балл	3

31

**Возможное решение**

В соответствии с определением понятия электроёмкости для суммарного заряда конденсаторов имеем:

$$Q = 3CU, \quad (1)$$

где  $3C$  — суммарная ёмкость параллельно включённых конденсаторов, когда оба они заполнены жидким диэлектриком. После вытекания диэлектрика из правого конденсатора суммарный заряд конденсаторов останется прежним. Так как для плоского конденсатора  $C \sim \epsilon$ , то суммарная ёмкость конденсаторов станет равной  $C + 2C/\epsilon$ , а напряжение на конденсаторах будет равно  $U_1$ , так что

$$Q = \left( C + \frac{2C}{\epsilon} \right) U_1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получим:  $U_1 = \frac{3\epsilon}{2 + \epsilon} U$ .

**Ответ:**  $U_1 = \frac{3\epsilon}{2 + \epsilon} U$ .

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: <i>формулы, связывающие заряд конденсатора с его ёмкостью и разностью потенциалов между обкладками для обоих случаев; формула для суммарной ёмкости конденсаторов при параллельном включении; формула для ёмкости плоского конденсатора</i>);</p> <p>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);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу;</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём 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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

32

**Возможное решение**

1. Если при столкновении с атомом электрон приобрёл энергию, то атом перешёл в состояние  $E^{(0)}$ . Следовательно, после столкновения кинетическая энергия электрона  $E = E_0 + \Delta E$ , где  $E_0$  — энергия электрона до столкновения;  $\Delta E = E^{(1)} - E^{(0)} = 3,5$  эВ. Отсюда:  $E = E_0 + \Delta E$ .

2. Импульс  $p$  электрона связан с его кинетической энергией соотношением  $p^2 = m^2 v^2 = 2mE$ , или  $E = \frac{p^2}{2m}$ , где  $m$  — масса электрона. Следовательно,

$$E = \frac{p_0^2}{2m} + \Delta E = \frac{6,5^2 \cdot 10^{-50}}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} + 3,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \approx 7,9 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

$$3. p = \sqrt{2mE} = \sqrt{2m \left( \frac{p_0^2}{2m} + \Delta E \right)} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 7,9 \cdot 10^{-19}} \approx 1,2 \cdot 10^{-24} \text{ кг} \cdot \text{м/с.}$$

Ответ:  $p_0 \approx 1,2 \cdot 10^{-24}$  кг · м/с.

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: <i>постулаты Бора, закон сохранения энергии, связь импульса тела с его кинетической энергией</i>);</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) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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 имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.  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 style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></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 style="text-align: center;"><b>ИЛИ</b></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
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

## Вариант 2

## 27 Возможное решение

1. Показания амперметра будут равны 0,5 А. Эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора даны на рис. 1 и 2.

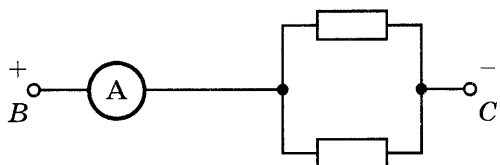


Рис. 1

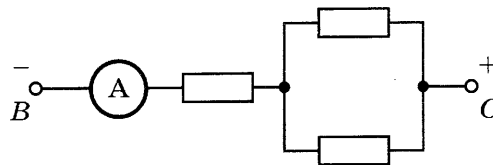


Рис. 2

2. В первом случае оба диода включены в прямом направлении, и ток через левый резистор протекать не будет. Эквивалентная электрическая схема для первого случая имеет вид, представленный на рис. 1. Используя соотношения для вычисления сопротивления параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы во втором случае:  $R_1 = \frac{R}{2}$ .

3. При смене полярности подключения аккумулятора верхний диод будет включён в обратном направлении, станет обладать бесконечно большим сопротивлением, и ток через него протекать не будет. Диод, расположенный в центре схемы, станет включён в прямом направлении, его сопротивление будет нулевым, а значит, он пропускает электрический ток. Эквивалентная электрическая схема для второго случая примет вид, представленный на рис. 2. Получается, что первый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя соотношения для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы в первом случае:  $R_2 = R + \frac{R}{2} = \frac{3}{2}R$ , где  $R$  — сопротивление каждого из резисторов.

4. Таким образом, общее сопротивление участка цепи увеличится в 3 раза. Используя закон Ома для полной цепи,  $I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{Общ}}}$ , получим, что сила тока через амперметр уменьшится в 3 раза и станет равной 0,5 А.

## 28 Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси для каждого груза отдельно:  $Ma = F - T - F_{\text{Тр}}$ ,  $0 = N - Mg$  и  $ma = T - mg$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{Тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим:  $Ma = F - T - \mu Mg$ ,  $ma = T - mg$ .

В итоге, получим:

$$M = \frac{F - m(a + g)}{a + \mu g} = \frac{9 - 0,25 \cdot (2 + 10)}{2 + 0,2 \cdot 10} = 1,5 \text{ кг.}$$

Ответ:  $M = 1,5$  кг.



29

**Возможное решение**

1. После отпускания стержня он будет поворачиваться. Груз  $m_1$  будет опускаться вниз; груз  $m_2$  — подниматься вверх. Положение равновесия этой системы грузов — при вертикальном расположении стержня.

2. По закону сохранения механической энергии

$$0 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - m_1 g l_1 + m_2 g (l - l_1) = \frac{2m v_1^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} - m g l,$$

где  $v_1$  и  $v_2$  — скорости грузов  $m_1$  и  $m_2$  в момент прохождения ими положения равновесия. Потенциальная энергия грузов в начальный момент принята равной нулю.

3. Так как угловая скорость вращения грузов в любой момент времени одинакова, а расстояния от грузов до оси вращения различны, то их линейные скорости также различны, причём  $\frac{v_1}{v_2} = \frac{l_1}{l - l_1} = 2$ .

4. Запишем второй закон Ньютона для момента прохождения грузом  $m_1$  положения равновесия в проекции на вертикальную ось:

$m_2 a = m_2 g - T$ , где  $a = \frac{v_2^2}{l_2}$  — центростремительное ускорение первого груза,

$T$  — сила, с которой стержень действует на первый груз. По третьему закону Ньютона  $T = F$ .

5. Объединяя п. 2–3, получим:  $9v_1^2 = 8gl$ , откуда  $v_1^2 = \frac{8}{9}gl$ , а  $v_2^2 = \frac{v_1^2}{4} = \frac{2}{9}gl$ .

Подставив полученное выражение в п. 4:

$$F = T = m(g - a) = mg \left(1 - \frac{2}{3}\right) = \frac{mg}{3} = \frac{0,03 \cdot 10}{3} = 0,1 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $F = 0,1 \text{ Н.}$

30

**Возможное решение**

1. Относительная влажность воздуха  $\varphi = \frac{p}{p_{\text{нп}}} \cdot 100\%$ . В начальном состоянии

парциальное давление водяного пара в сосуде

$$p_1 = \frac{\varphi}{100\%} p_{\text{нп}} = 0,6 p_{\text{нп}},$$

где  $p_{\text{нп}}$  — давление насыщенного пара.

2. Согласно уравнению Менделеева — Клапейрона

$$p_1 = \frac{m_0}{MV} RT,$$

где  $T$  — температура водяного пара,  $V$  — объём сосуда,  $M$  — молярная масса воды.

3. После сжатия пар стал насыщенным, а его масса уменьшилась на  $m$ . Поэтому

$$p_2 = p_{\text{нп}} = \frac{m_0 - m}{M(V/4)} RT.$$

4. Объединяя п. 1, 2 и 3, получим:  $\frac{m_0}{0,6} = 4(m_0 - m)$ , откуда  $m = \frac{1,4}{2,4} m_0 = \frac{1,4}{2,4} \cdot 12 = 7$  г.

Ответ:  $m = 7$  г.

31

### Возможное решение

В соответствии с определением понятия электроёмкости для суммарного заряда конденсаторов имеем:

$$Q = 3CU, \quad (1)$$

где  $3C$  — суммарная ёмкость параллельно включённых конденсаторов, когда оба они заполнены жидким диэлектриком. После вытекания диэлектрика из левого конденсатора суммарный заряд конденсаторов останется прежним. Так как для плоского конденсатора  $C \sim \epsilon$ , то суммарная ёмкость конденсаторов станет равной  $(C/\epsilon + 2C)$ , а напряжение на конденсаторах будет равно  $U_2$ , так что

$$Q = \left( \frac{C}{\epsilon} + 2C \right) U_2. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получим:  $U_1 = \frac{3\epsilon}{1+2\epsilon} U$ .

Ответ:  $U_1 = \frac{3\epsilon}{1+2\epsilon} U$ .

32

### Возможное решение

1. Если при столкновении с атомом электрон приобрёл энергию, то атом перешёл в состояние  $E^{(0)}$ . Следовательно, после столкновения кинетическая энергия электрона  $E = E_0 + \Delta E$ , где  $E_0$  — энергия электрона до столкновения;  $\Delta E = E^{(1)} - E^{(0)} = 3,5$  эВ. Отсюда:  $E_0 = E - \Delta E$ .

2. Импульс  $p$  электрона связан с его кинетической энергией соотношением  $p^2 = m^2 v^2 = 2mE$ , или  $E = \frac{p^2}{2m}$ , где  $m$  — масса электрона. Следовательно,

$$E_0 = \frac{p^2}{2m} - \Delta E = \frac{1,96 \cdot 10^{-48}}{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}} - 3,5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \approx 5,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$$

3.  $p_0 = \sqrt{2mE_0} = \sqrt{2m \left( \frac{p^2}{2m} - \Delta E \right)} = \sqrt{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 5,2 \cdot 10^{-19}} \approx 9,7 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с.}$

Ответ:  $p_0 \approx 9,7 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с.}$

### Вариант 3

#### 27 Возможное решение

- Относительная влажность воздуха и плотность водяных паров увеличились.
- Относительная влажность воздуха определяется соотношением

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{насыщ. пара}}}, \quad (1)$$

где  $p_{\text{пара}}$  — парциальное давление водяного пара в воздухе,  $p_{\text{насыщ. пара}}$  — давление насыщенного водяного пара при той же температуре.

- Давление насыщенного водяного пара зависит только от температуры, поэтому в данном случае оно остаётся неизменным.
- Из условия задачи следует, что в правой части выражения (1) знаменатель остаётся постоянным, а числитель растёт. Следовательно, относительная влажность увеличивается.
- С увеличением парциального давления водяного пара при постоянной температуре, по уравнению Менделеева — Клапейрона, плотность водяных паров также увеличивается:  $\rho = \frac{p_{\text{пара}} \mu}{RT}$ .

#### 28 Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси для каждого груза отдельно:  $Ma = T - F - F_{\text{тр}}$ ,  $0 = N - Mg$  и  $ma = mg - T$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим:

$$Ma = T - F - \mu Mg, \quad ma = mg - T.$$

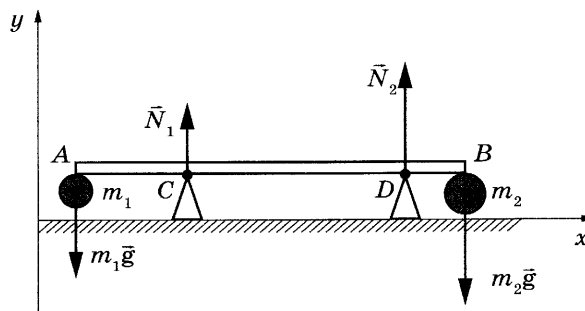
Сложив эти два уравнения, исключим  $T$  и получим:

$$F = mg - \mu Mg - (M + m)a = 0,5 \cdot 10 - 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10 - (0,8 + 0,5) \cdot 2 = 0,8 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F = 0,8 \text{ Н.}$

#### 29 Возможное решение

- На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести  $m_1 \vec{g}$  и  $m_2 \vec{g}$ , приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$ . По третьему закону Ньютона, модули сил реакции равны модулям соответствующих сил давления стержня на опоры, поэтому  $N_2 = 2N_1$  (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, условия равновесия твёрдого тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1g - m_2g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль оси } Oy; \\ N_1x + N_2(l + x) - m_2gL = 0 & \text{— нет вращения вокруг оси, проходящей} \\ & \text{перпендикулярно рисунку через точку } A. \end{cases}$$

Здесь  $x = AC = 0,2$  м — плечо силы реакции  $\vec{N}_1$ .

3. С учётом условия  $N_2 = 2N_1$  систему приводим к виду:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2gL. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим  $L \frac{m_2}{m_1 + m_2} = x + \frac{2}{3}l$ , откуда:

$$l = \frac{3}{2} \left( \frac{Lm_2}{m_1 + m_2} - x \right) = \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{1,5 \cdot 0,6}{0,3 + 0,6} - 0,2 \right) = 1,2 \text{ м.}$$

Ответ:  $l = 1,2$  м.

30

### Возможное решение

1. При изобарном сжатии над гелием совершается работа:

$$A_1 = p|\Delta V|,$$

где  $p$  — давление гелия в этом процессе,  $\Delta V$  — изменение его объёма.

2. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для этого процесса можно записать:

$$p|\Delta V| = \nu R(T_1 - T_2).$$

3. В адиабатном процессе (процессе без теплообмена) в соответствии с первым законом термодинамики сумма изменения внутренней энергии газа и его работы равна нулю:

$$\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + A_2 = 0.$$

При записи последнего соотношения учтено выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2).$$

Преобразуя записанные уравнения с учётом соотношений температур, заданных в условии задачи, получаем:

$$A_1 = 3\nu RT_2; \quad A_2 = \frac{3}{4}\nu RT_2.$$

Следовательно,

$$A_2 = \frac{A_1}{4} = \frac{3200}{4} = 800 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $A_2 = 800$  Дж.

31

**Возможное решение**Мощность  $P = I^2 R$ .

1. Ключ разомкнут. По закону Ома для замкнутой (полной) цепи  $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}$ , где  $R = R_1 = R_2 = R_3$ . Мощность, выделяемая на резисторе  $R_2$ ,

$$P_1 = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(2R + r)^2}.$$

2. Ключ замкнут.  $R_{23} = \frac{R}{2}$ ;  $I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}$ .

Так как  $R_2 = R_3$ , то через резистор  $R_2$  протекает ток  $I_2 = \frac{I_{II}}{2} = \frac{1}{2} \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r} = \frac{\mathcal{E}}{3R + 2r}$ .

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_2$ ,  $P_{II} = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(3R + 2r)^2}$ .

Отношение мощностей  $\frac{P_1}{P_{II}} = \frac{(3R + 2r)^2}{(2R + r)^2} = \frac{(3 \cdot 1 + 2 \cdot 1)^2}{(2 \cdot 1 + 1)^2} = \frac{25}{9}$ .

**Ответ:** мощность уменьшится в  $\frac{25}{9} \approx 2,78$  раза.

32

**Возможное решение**

Для того чтобы электроны отклонялись на восток, должно быть

$$|F_{\vartheta}| > |F_{л}|. \quad (1)$$

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электрического поля,

$$|F_{\vartheta}| = |e| \cdot E. \quad (2)$$

Модуль силы Лоренца

$$|F_{л}| = |e|vB. \quad (3)$$

Скорость самых быстрых электронов определяем по уравнению Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2}, \quad (4)$$

где  $v_{\max} = v$ .

Из (1)–(4), получаем:

$$B < E \sqrt{\frac{m}{2(h\nu - A)}} = 365 \sqrt{\frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}} \approx 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.}$$

**Ответ:**  $B < B_0 \approx 1,5 \cdot 10^{-3}$  Тл.

## Вариант 4

## 27 Возможное решение

1. Относительная влажность воздуха и плотность водяных паров уменьшились.
2. Относительная влажность воздуха определяется соотношением

$$\varphi = \frac{p_{\text{пара}}}{p_{\text{насыщ. пара}}}, \quad (1)$$

где  $p_{\text{пара}}$  — парциальное давление водяного пара в воздухе,  $p_{\text{насыщ. пара}}$  — давление насыщенного водяного пара при той же температуре.

3. Давление насыщенного водяного пара зависит только от температуры, поэтому в данном случае оно остаётся неизменным.

4. Из условия задачи следует, что в правой части выражения (1) знаменатель остаётся постоянным, а числитель уменьшается. Следовательно, относительная влажность уменьшается.

5. С уменьшением парциального давления водяного пара при постоянной температуре, по уравнению Менделеева — Клапейрона, плотность водяных паров также уменьшается:  $\rho = \frac{p_{\text{пара}} M}{RT}$ .

## 28 Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси для каждого груза отдельно:  $Ma = T - F - F_{\text{тр}}$ ,  $0 = N - Mg$  и  $ma = mg - T$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим:

$$Ma = T - F - \mu Mg, \quad ma = mg - T.$$

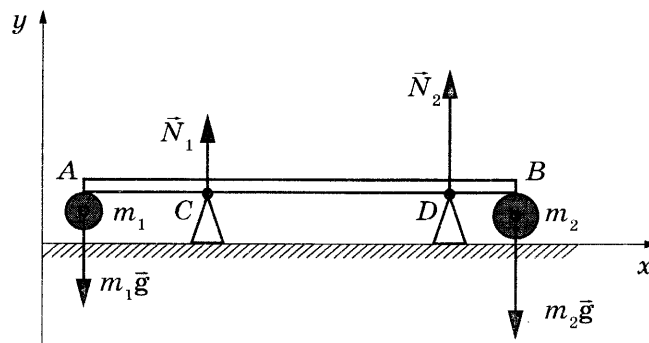
Сложив два уравнения, исключим  $T$  и получим:

$$F = mg + \mu Mg + (M + m)a = 0,5 \cdot 10 + 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10 + (0,8 + 0,5) \cdot 2 = 9,2 \text{ Н.}$$

Ответ:  $F = 9,2 \text{ Н.}$

## 29 Возможное решение

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют силы тяжести  $m_1 \vec{g}$  и  $m_2 \vec{g}$ , приложенные к центрам шаров, и силы реакции опор  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$ . По третьему закону Ньютона модули сил реакции равны модулям соответствующих сил давления стержня на опоры, поэтому  $N_2 = 2N_1$  (в соответствии с условием задачи).



2. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, условия равновесия твёрдого тела приводят к системе уравнений:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1g - m_2g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль оси } Oy; \\ N_1x + N_2(l+x) - m_2gL = 0 & \text{— нет вращения вокруг оси, проходящей} \\ & \text{перпендикулярно рисунку через точку } A. \end{cases}$$

Здесь  $x = AC = 0,2$  м — плечо силы реакции  $\vec{N}_1$ .

3. С учётом условия  $N_2 = 2N_1$  систему приводим к виду:

$$\begin{cases} 3N_1 = (m_1 + m_2)g; \\ (3x + 2l)N_1 = m_2gL. \end{cases}$$

Поделив второе уравнение на первое, получим  $L \frac{m_2}{m_1 + m_2} = x + \frac{2}{3}l$ , откуда:

$$L = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \cdot \left(x + \frac{2}{3}l\right) = \left(1 + \frac{0,3}{0,6}\right) \cdot \left(0,2 + \frac{2}{3} \cdot 0,6\right) = 0,9 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $L = 0,9$  м.

30

**Возможное решение**

1. При изобарном сжатии над гелием совершается работа:

$$A_1 = p|\Delta V|,$$

где  $p$  — давление гелия в этом процессе,  $\Delta V$  — изменение его объёма.

2. В соответствии с уравнением Менделеева — Клапейрона для этого процесса можно записать:

$$p|\Delta V| = \nu R(T_1 - T_2).$$

3. В адиабатном процессе (процессе без теплообмена) в соответствии с первым законом термодинамики сумма изменения внутренней энергии газа и его работы равна нулю:

$$\frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + A_2 = 0.$$

При записи последнего соотношения учтено выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа:

$$\Delta U = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2).$$

Преобразуя записанные уравнения с учётом соотношений температур, заданных в условии задачи, получаем:

$$A_1 = 2\nu RT_2; \quad A_2 = \frac{3}{4}\nu RT_2.$$

Следовательно,

$$A_1 = \frac{8}{3}A_2 = \frac{8}{3} \cdot 1500 = 4000 \text{ Дж.}$$

**Ответ:**  $A_1 = 4000$  Дж.

31

**Возможное решение**Мощность  $P = I^2 R$ .

1. Ключ разомкнут. По закону Ома для замкнутой (полной) цепи

$$I_I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}, \text{ где } R = R_1 = R_2 = R_3. \text{ Мощность, выделяемая на резисторе } R_1,$$

$$P_I = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(2R + r)^2}.$$

$$2. \text{ Ключ замкнут. } R_{23} = \frac{R}{2}; \quad I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}.$$

$$\text{Мощность, выделяемая на резисторе } R_1, \quad P_{II} = \frac{4\mathcal{E}^2 R}{(3R + 2r)^2}.$$

$$\text{Отношение мощностей } \frac{P_I}{P_{II}} = \frac{(3R + 2r)^2}{4(2R + r)^2} = \frac{(3 + 2)^2}{4(2 + 1)^2} = \frac{25}{36}.$$

**Ответ:** мощность увеличится в  $\frac{36}{25} = 1,44$  раза.

32

**Возможное решение**

Для того чтобы электроны отклонялись на запад, должно быть

$$|F_{\text{э}}| < |F_{\text{л}}|. \quad (1)$$

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электрического поля,

$$|F_{\text{э}}| = |e| \cdot E. \quad (2)$$

Модуль силы Лоренца

$$|F_{\text{л}}| = |e|vB. \quad (3)$$

Скорость самых быстрых электронов определяем по уравнению Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{mv_{\text{max}}^2}{2}, \quad (4)$$

где  $v_{\text{max}} = v$ .

Из (1)–(4) получаем:

$$E < B \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}} = 10^{-3} \sqrt{\frac{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 243 \text{ В/м.}$$

**Ответ:**  $E < E_0 \approx 243 \text{ В/м.}$



## Вариант 5

27

## Возможное решение

1. При поднесении отрицательно заряженной палочки к шару электрометра 2 электроны в шаре, стержне и стрелке каждого из электрометров в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 1. Электроны с электрометра 2 перемещаются к шару электрометра 1 по металлическому стержню. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы. В результате электрометр 1 приобретёт отрицательный заряд.

2. Поскольку два соединённых металлическим стержнем электрометра образуют изолированную систему, а первоначально электрометры были не заряжены, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю положительному заряду электрометра 2.

3. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились.

Ответ: электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.

28

## Возможное решение

Поскольку грузы связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, можно считать, что модули ускорений, а также силы натяжения нитей для обоих грузов одинаковы. Модули ускорений грузов определяются формулой:  $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 - 0}{1} = 4 \text{ м/с}^2$ . По условию задачи правый груз движется вверх, следовательно, левый груз — вниз. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось для левого груза:  $Ma = Mg - T$ .

В итоге получим:  $T = M(g - a) = 1 \cdot (10 - 4) = 6 \text{ Н}$ .

Ответ:  $T = 6 \text{ Н}$ .

29

## Возможное решение

Пусть  $u_0$  — начальная скорость брусков после соударения. Согласно закону сохранения импульса  $mv_0 + 4m \cdot \frac{1}{2}v_0 = (4m + m)u_0 \Rightarrow mv_0 + 2mv_0 = 5mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{3}{5}v_0$ .

По условию после перемещения на расстояние  $S$  конечная скорость движения брусков  $u = \frac{2}{5}v_0$ .

Изменение кинетической энергии слипшихся брусков равно работе силы трения:  $\Delta E_K = A_{\text{тр}}$ ,  $A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}S$ ,  $F_{\text{тр}} = \mu(4m + m)g$ .

$$\text{Отсюда: } \frac{(4m + m)u_0^2}{2} = \frac{(4m + m)u^2}{2} + \mu(4m + m)gS \Rightarrow \frac{5m\left(\frac{3}{5}v_0\right)^2}{2} - \frac{5m\left(\frac{2}{5}v_0\right)^2}{2} = 5m\mu gS \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{9}{25} \cdot v_0^2 - \frac{4}{25} \cdot v_0^2 = 2\mu gS \Rightarrow S = \frac{1}{10} \cdot \frac{v_0^2}{\mu g} = \frac{5^2}{10 \cdot 0,5 \cdot 10} = 0,5 \text{ м.}$$

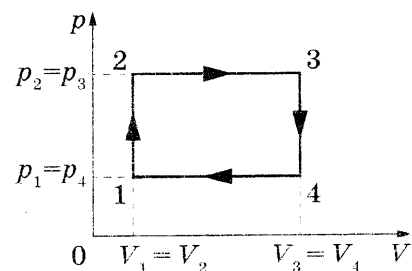
Ответ:  $S = 0,5 \text{ м}$ .

30

**Возможное решение**

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой  $\eta = \frac{A}{Q_1}$ , где  $A$  — работа, совершённая газом за цикл,  $Q_1$  — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок цикла в координатах  $p$ – $V$ ).



Согласно закону Шарля  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ; так как  $T_2 = 2T_1$ , то  $p_2 = p_3 = 2p_1$ .

Согласно закону Гей-Люссака  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$ ; так как  $T_4 = T_2 = 2T_1$ , то  $V_3 = V_4 = 2V_1$ .

3. Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла:  $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = p_1 V_1$ .

4. Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом,  $Q_1 = Q_{1-2} + Q_{2-3}$ .

Согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ( $V = \text{const}$ ;  $A = 0$ )  $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$ . Для изобарного процесса 2–3  $Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2)$ .

5. С помощью уравнения Менделеева — Клапейрона ( $pV = \nu RT$ ) получаем:

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} p_1 V_1 \text{ и } Q_{2-3} = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2) = \frac{10}{2} p_1 V_1.$$

Таким образом,  $\eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{p_1 V_1}{\frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{10}{2} p_1 V_1} = \frac{2 p_1 V_1}{13 p_1 V_1} = \frac{2}{13} \approx 0,15 = 15\%$ .

**Ответ:**  $\eta \approx 15\%$ .

31

**Возможное решение**

Резисторы  $R_1$  и  $R_3$ ,  $R_2$  и  $R_4$  соединены друг с другом последовательно, а образовавшиеся пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи  $R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(1 + 5)(2 + 10)}{1 + 2 + 5 + 10} = 4$  Ом.

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{9}{4 + 2} = 1,5$  А.

Напряжение на параллельных ветвях  $R_1$ – $R_3$  и  $R_2$ – $R_4$ :  $U = IR_0 = 1,5 \cdot 4 = 6$  В.

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{6}{1 + 5} = 1 \text{ А и } I_2 = \frac{U}{R_2 + R_4} = \frac{6}{2 + 10} = 0,5 \text{ А.}$$

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_2$ ,  $N_2 = I_2^2 R_2 = 0,5^2 \cdot 2 = 0,5$  Вт.

**Ответ:**  $N_2 = 0,5$  Вт.

32

**Возможное решение**

Энергия фотона связана с длиной волны электромагнитного излучения  $\lambda$  соотношением  $E_{\text{ф}} = \frac{hc}{\lambda}$ .

Если за каждую секунду вода поглощает  $n$  фотонов, то за время  $\tau$  она поглотит  $n\tau$  фотонов с суммарной энергией  $E = \frac{n\tau hc}{\lambda}$ .

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды на  $\Delta t$ :  $Q = c_{\text{уд}} m \Delta t$ , где  $m$  и  $c_{\text{уд}}$  — соответственно масса воды и её удельная теплоёмкость. Поскольку  $E = Q$ , то  $\frac{n\tau hc}{\lambda} = c_{\text{уд}} m \Delta t$ .

Отсюда получаем:  $\Delta t = \frac{hc n \tau}{c_{\text{уд}} m \lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 210}{4200 \cdot 0,05 \cdot 6,6 \cdot 10^{-7}} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

**Ответ:**  $\Delta t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## Вариант 6

## 27 Возможное решение

1. При поднесении положительно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны в шаре, стержне и стрелке каждого из электрометров в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 1. Электроны с электрометра 2 перемещаются к шару электрометра 1 по металлическому стержню. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы. В результате электрометр 1 приобретёт отрицательный заряд.

2. Поскольку два соединённых металлическим стержнем электрометра образуют изолированную систему, а первоначально электрометры были не заряжены, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю положительному заряду электрометра 2.

3. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились.

**Ответ:** электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.

## 28 Возможное решение

Поскольку грузы связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, можно считать, что модули ускорений, а также силы натяжения нитей для обоих грузов одинаковы. Модули ускорений грузов определяются формулой:  $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,25}{0,5^2} = 2 \text{ м/с}^2$ . По условию задачи левый груз движется вниз, следовательно, правый груз — вверх. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось для правого груза:  $ma = T - mg$ . В итоге получим:

$$T = m(g + a) = 0,2 \cdot (10 + 2) = 2,4 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $T = 2,4 \text{ Н.}$

## 29 Возможное решение

Пусть  $u_0$  — начальная скорость брусков после соударения. Согласно закону сохранения импульса  $mv_0 + 4m \cdot \frac{1}{2}v_0 = (4m + m)u_0 \Rightarrow mv_0 + 2mv_0 = 5mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{3}{5}v_0$ .

По условию после перемещения на расстояние  $S$  конечная скорость движения брусков  $u = \frac{2}{5}v_0$ .

Изменение кинетической энергии слипшихся брусков равно работе силы трения:  $\Delta E_K = A_{\text{тр}}$ ,  $A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}S$ ,  $F_{\text{тр}} = \mu(4m + m)g$ .

$$\text{Отсюда: } \frac{(4m + m)u_0^2}{2} = \frac{(4m + m)u^2}{2} + \mu(4m + m)gS \Rightarrow \frac{5m\left(\frac{3}{5}v_0\right)^2}{2} - \frac{5m\left(\frac{2}{5}v_0\right)^2}{2} = 5m\mu gS \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{9}{25} \cdot v_0^2 - \frac{4}{25} \cdot v_0^2 = 2\mu gS \Rightarrow \mu = \frac{1}{10} \cdot \frac{v_0^2}{gS} = \frac{4^2}{10 \cdot 1 \cdot 10} = 0,16.$$

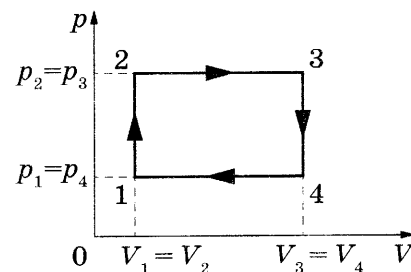
**Ответ:**  $\mu = 0,16$ .

30

**Возможное решение**

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой  $\eta = \frac{A}{Q_1}$ , где  $A$  — работа, совершённая газом за цикл,  $Q_1$  — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок цикла в координатах  $p$ – $V$ ).



Согласно закону Шарля  $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$ ; так как  $T_2 = 3T_1$ , то  $p_2 = p_3 = 3p_1$ .

Согласно закону Гей-Люссака  $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$ ; так как  $T_4 = T_2 = 3T_1$ , то  $V_3 = V_4 = 3V_1$ .

3. Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла:  $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = 4p_1V_1$ .

4. Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом,  $Q_1 = Q_{1-2} + Q_{2-3}$ .

Согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ( $V = \text{const}$ ;  $A = 0$ )  $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = 3\nu RT_1$ . Для изобарного процесса 2–3

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2).$$

5. С помощью уравнения Менделеева — Клапейрона ( $pV = \nu RT$ ) получаем:

$$Q_{1-2} = 3p_1V_1 \text{ и } Q_{2-3} = \frac{5}{2}p_2(V_3 - V_2) = 15p_1V_1.$$

$$\text{Таким образом, } \eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{4p_1V_1}{3p_1V_1 + 15p_1V_1} = \frac{4p_1V_1}{18p_1V_1} = \frac{2}{9} \approx 0,22 = 22\%.$$

**Ответ:**  $\eta \approx 22\%$ .

31

**Возможное решение**

Резисторы  $R_1$  и  $R_3$ ,  $R_2$  и  $R_4$  соединены друг с другом последовательно, а образовавшиеся пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи  $R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(1 + 5)(2 + 10)}{1 + 2 + 5 + 10} = 4$  Ом.

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{9}{4 + 2} = 1,5$  А.

Напряжение на параллельных ветвях  $R_1$ – $R_3$  и  $R_2$ – $R_4$ :  $U = IR_0 = 1,5 \cdot 4 = 6$  В.

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{6}{1 + 5} = 1 \text{ А и } I_2 = \frac{U}{R_2 + R_4} = \frac{6}{2 + 10} = 0,5 \text{ А.}$$

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_3$ ,  $N_3 = I_1^2 R_3 = 1^2 \cdot 5 = 5$  Вт.

**Ответ:**  $N_3 = 5$  Вт.

32

**Возможное решение**

Энергия фотона связана с длиной волны электромагнитного излучения  $\lambda$  соотношением  $E_{\text{ф}} = \frac{hc}{\lambda}$ .

Если за каждую секунду вода поглощает  $n$  фотонов, то за время  $\tau$  она поглотит  $n\tau$  фотонов с суммарной энергией  $E = \frac{n\tau hc}{\lambda}$ .

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды на  $\Delta t$ :  $Q = c_{\text{уд}} m \Delta t$ , где  $m$  и  $c_{\text{уд}}$  — соответственно масса воды и её удельная теплоёмкость. Поскольку  $E = Q$ , то  $\frac{n\tau hc}{\lambda} = c_{\text{уд}} m \Delta t$ .

Отсюда получаем:  $m = \frac{hc n \tau}{c_{\text{уд}} \lambda \Delta t} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 70}{4200 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 10} = 0,1 \text{ кг.}$

**Ответ:**  $m = 0,1 \text{ кг.}$

## Вариант 7

27

## Возможное решение

1. Заряд  $Q$ , сообщённый пластине, распределяется между пластиной и стержнем так, что они приобретают одинаковый потенциал. При этом практически весь заряд  $Q$  оказывается на пластине.
2. На заземлённом корпусе электрометра и соединённой с ним пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен  $Q$  по модулю.
3. Разность потенциалов между пластинами  $U = \frac{Q}{C}$ .
4. Ёмкость плоского воздушного конденсатора  $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , и при увеличении расстояния между пластинами она уменьшается, так как расстояние  $d$  между ними увеличивается ( $C' < C$  при  $d' > d$ ).
5. Суммарный заряд стержня электрометра и соединённой с ним пластины — электроизолированной системы тел — при увеличении расстояния между пластинами не изменяется. При этом заряд пластины остаётся практически равным  $Q$ . Поэтому напряжение между пластинами увеличивается:

$$U' = \frac{Q}{C'} > U.$$

Следовательно, угол отклонения стрелки увеличивается.

Ответ: угол отклонения стрелки увеличивается.

28

## Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:  $Ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$  и  $0 = N + F \sin \alpha - Mg$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим:  $Ma = F \cos \alpha - \mu(Mg - F \sin \alpha)$ .

$$\text{Отсюда: } \mu = \frac{F \cos \alpha - Ma}{Mg - F \sin \alpha} = \frac{5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 1 \cdot 2}{1 \cdot 10 - 5 \cdot \frac{1}{2}} \approx 0,3.$$

Ответ:  $\mu \approx 0,3$ .

29

## Возможное решение

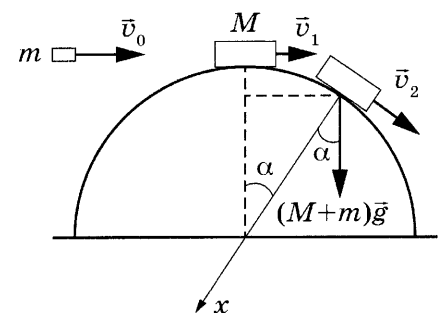
Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:

$$mv_0 = (m + M)v_1, \quad -$$

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR \cos \alpha,$$

где  $v_2$  — скорость составного тела в момент отрыва,  $h = R \cos \alpha$  — высота точки отрыва (см. рисунок). В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ ,



и поэтому второй закон Ньютона в проекции на ось  $x$  (направленную в центр полусферы) в этот момент принимает вид:

$$(m + M)g \cos \alpha = \frac{(m + M)v_2^2}{R}.$$

Объединяя второе и третье уравнения, получим:

$$\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh.$$

Тогда  $v_1 = \frac{mv_0}{M + m} = \frac{0,01 \cdot 200}{0,99 + 0,01} = 2$  м/с;  $R = \frac{3}{2}h - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{3}{2} \cdot 0,8 - \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 1$  м.

**Ответ:**  $R = 1$  м.

### 30 Возможное решение

Согласно первому закону термодинамики за цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты

$$|Q_x| = (U_2 - U_3) + |A_{23}| = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0.$$

Так как  $p_2V_2 = \nu RT_2$  и  $p_3V_3 = \nu RT_3$ , то

$$|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0.$$

Работа газа на участке 1–2 определяется площадью фигуры под графиком процесса 1–2:  $A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0$ .

Изменение внутренней энергии на участке 1–2 определяется формулой

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_1) = \frac{3}{2}2p_0 \cdot (3V_0 - V_0) = 6p_0V_0.$$

Отсюда:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 6p_0V_0 + 4p_0V_0 = 10p_0V_0 = \frac{20}{21}|Q_x| = \frac{20}{21} \cdot 8 \cdot 10^3 \approx 7,6 \text{ кДж}.$$

**Ответ:**  $Q_{12} \approx 7,6$  кДж.

### 31 Возможное решение

1. Обозначим напряжение на конденсаторе после перевода ключа в положение 1 через  $U_1$ ; после перевода ключа в положение 2 — через  $U_2$ . Поскольку энергия  $E$  конденсатора, заряженного до напряжения  $U$ ,  $E = \frac{CU^2}{2}$ , то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении 1

$$\text{ключа } n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{CU_2^2}{2}}{\frac{CU_1^2}{2}} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

2. Пусть сила тока, текущего через резисторы, равна  $I$ . При этом напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на конденсаторе равны напряжениям на соответствующих участках цепи, имеющих сопротивления  $R_1$  и  $R_1 + R_2$ . На основании закона Ома для участка цепи получаем:  $U_1 = IR_1$  и  $U_2 = I(R_1 + R_2)$ .

3. Следовательно,  $n = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2 = (1 + 3)^2 = 16$ .

**Ответ:**  $n = 16$ .

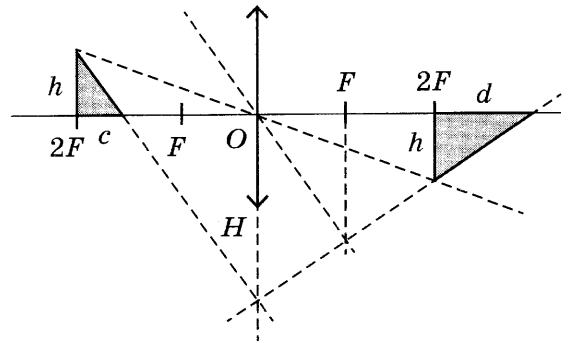


32

**Возможное решение**

1. Построим изображение треугольника, используя свойства линзы:

- луч, прошедший через оптический центр линзы  $O$ , не преломляется;
- параллельный пучок лучей, падающих на собирающую линзу, пересекается в фокальной плоскости.



2. Из формулы линзы следует, что изображение вершины прямого угла треугольника находится на расстоянии  $2F$  от линзы. Поэтому высота изображения вертикального катета равна  $h$ .

3. Фокусное расстояние линзы связано с её оптической силой соотношением

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{10 \text{ дптр}} = 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см.}$$

4. Из подобия треугольников получаем соотношения подобия:  $\frac{H}{h} = \frac{2F - c}{c} = \frac{2F + d}{d}$ , откуда следует связь между  $c$ ,  $F$  и  $d$ :

$$d = \frac{cF}{F - c}.$$

5. Площадь треугольника  $S_0 = \frac{hc}{2}$ , а площадь его изображения

$$S = \frac{hd}{2} = \frac{hc}{2} \frac{F}{F - c} = S_0 \frac{F}{F - c}.$$

6. В итоге получим:  $\frac{S}{S_0} = \frac{F}{F - c} = \frac{10}{10 - 2} = 1,25$ .

Ответ:  $\frac{S}{S_0} = 1,25$ .

## Вариант 8

27

## Возможное решение

1. Заряд  $Q$ , сообщённый пластине, распределяется между пластиной и стержнем так, что они приобретают одинаковый потенциал. При этом практически весь заряд  $Q$  оказывается на пластине.

2. На заземлённом корпусе электromетра и соединённой с ним пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен  $Q$  по модулю.

3. Разность потенциалов между пластинами  $U = \frac{Q}{C}$ .

4. Ёмкость плоского конденсатора  $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$ , и при сближении пластин она увеличивается, так как расстояние  $d$  между ними уменьшается ( $C' > C$  при  $d' < d$ ).

5. Суммарный заряд стержня электromетра и соединённой с ним пластины — электроизолированной системы тел — при сближении пластин не изменяется. При этом заряд пластины остаётся практически равным  $Q$ . Поэтому напряжение между пластинами уменьшается:  $U' = \frac{Q}{C'} < U$ .

Следовательно, угол отклонения стрелки уменьшается.

Ответ: угол отклонения стрелки уменьшается.

28

## Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси:  $Ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$  и  $0 = N + F \sin \alpha - Mg$ . Выражение для силы трения скольжения имеет вид  $F_{\text{тр}} = \mu N$ . Выполняя преобразования, получим:  $Ma = F \cos \alpha - \mu(Mg - F \sin \alpha)$ .

$$\text{Отсюда: } a = \frac{F \cos \alpha - \mu(Mg - F \sin \alpha)}{M} = \frac{5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,2(1 \cdot 10 - 5 \cdot \frac{1}{2})}{1} \approx 2,8 \text{ м/с}^2.$$

Ответ:  $a \approx 2,8 \text{ м/с}^2$ .

29

## Возможное решение

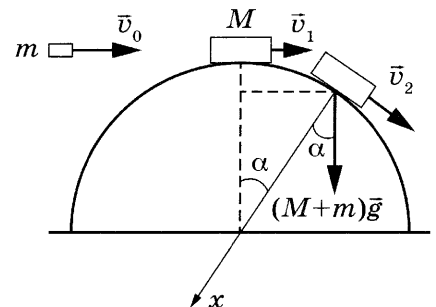
Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:

$$mv_0 = (m + M)v_1, \quad -$$

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR \cos \alpha,$$

где  $v_2$  — скорость составного тела в момент отрыва,  $h = R \cos \alpha$  — высота точки отрыва (см. рисунок). В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ ,



и поэтому второй закон Ньютона в проекции на ось  $x$  (направленную в центр полусферы) в этот момент принимает вид:

$$(m + M)g \cos \alpha = \frac{(m + M)v_2^2}{R}.$$

Объединяя второе и третье уравнения, получим:

$$\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh.$$

Тогда  $v_1 = \sqrt{g(3h - 2R)} = \sqrt{10 \cdot (3 \cdot 0,7 - 2 \cdot 1)} = 1$  м/с;

$$v_0 = \frac{(M + m)v_1}{m} = \frac{(0,99 + 0,01) \cdot 1}{0,01} = 100 \text{ м/с.}$$

**Ответ:**  $v_0 = 100$  м/с.

30

### Возможное решение

Согласно первому закону термодинамики за цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты

$$|Q_x| = (U_2 - U_3) + |A_{23}| = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0.$$

Так как  $p_2V_2 = \nu RT_2$  и  $p_3V_3 = \nu RT_3$ , то

$$|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0.$$

Работа газа на участке 1–2 определяется площадью фигуры под графиком процесса 1–2:  $A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0$ .

Отсюда:  $A_{12} = \frac{8}{21}|Q_x| = \frac{8}{21} \cdot 4,2 \cdot 10^3 = 1,6$  кДж.

**Ответ:**  $A_{12} = 1,6$  кДж.

31

### Возможное решение

1. Обозначим напряжение на конденсаторе после перевода ключа в положение 1 через  $U_1$ ; после перевода ключа в положение 2 — через  $U_2$ . Поскольку энергия  $E$  конденсатора, заряженного до напряжения  $U$ ,  $E = \frac{CU^2}{2}$ , то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении 1

$$n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{CU_2^2}{2}}{\frac{CU_1^2}{2}} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

2. Пусть сила тока, текущего через резисторы, равна  $I$ . При этом напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на конденсаторе равны напряжениям на соответствующих участках цепи, имеющих сопротивления  $R_1$  и  $R_1 + R_2$ . На основании закона Ома для участка цепи получаем:  $U_1 = IR_1$  и  $U_2 = I(R_1 + R_2)$ .

3. Следовательно,  $n = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2$ .

В итоге получим  $\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{n} - 1 = \sqrt{9} - 1 = 2$ .

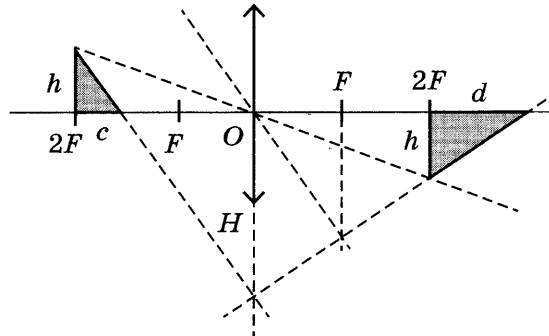
**Ответ:**  $\frac{R_2}{R_1} = 2$ .

32

**Возможное решение**

1. Построим изображение треугольника, используя свойства линзы:

- луч, прошедший через оптический центр линзы  $O$ , не преломляется;
- параллельный пучок лучей, падающих на собирающую линзу, пересекается в фокальной плоскости.



2. Из формулы линзы следует, что изображение вершины прямого угла треугольника находится на расстоянии  $2F$  от линзы. Поэтому высота изображения вертикального катета равна  $h$ .

3. Из подобия треугольников получаем соотношения подобия:  $\frac{H}{h} = \frac{2F - c}{c} = \frac{2F + d}{d}$ , — откуда следует связь между  $c$ ,  $F$  и  $d$ :

$$d = \frac{cF}{F - c}.$$

4. Площадь треугольника  $S_0 = \frac{hc}{2}$ , а площадь его изображения

$$S = \frac{hd}{2} = \frac{hc}{2} \frac{F}{F - c} = S_0 \frac{F}{F - c}.$$

5. Подставляя значения физических величин, получим:

$$S = \frac{2 \cdot 4}{2} \cdot \frac{10}{10 - 2} = 5 \text{ см}^2.$$

**Ответ:** площадь изображения  $S = 5 \text{ см}^2$ .

## Вариант 9

27

## Возможное решение

1. В точке  $M$  на кольцо действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз, и сила реакции опоры со стороны кольца. В отсутствие трения сила реакции опоры  $\vec{N}$  направлена перпендикулярно кольцу, то есть по радиусу окружности вниз или вверх. Равнодействующая этих сил  $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N}$  совпадает по направлению с ускорением  $\vec{a}$  бусины, т. к. согласно второму закону Ньютона  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

2. Если сила  $\vec{N}$  направлена вниз по радиусу  $OM$ , то равнодействующая  $\vec{F}$  и ускорение  $\vec{a}$  направлены между радиусом  $OM$  и вертикалью  $BC$  (рис. 1), что противоречит условию.

3. Если же сила  $\vec{N}$  направлена вверх по радиусу  $OM$ , то равнодействующая  $\vec{F}$  и ускорение  $\vec{a}$  направлены между вертикалью  $BC$  и касательной  $DE$ , как и задано в условии (рис. 2), что вытекает из построения, в котором используется заданное в условии направление ускорения  $\vec{a}$ .

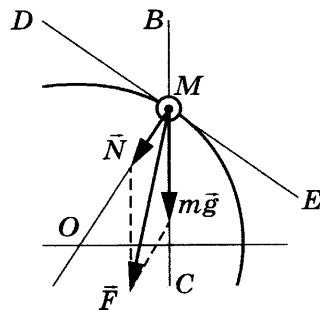


Рис. 1

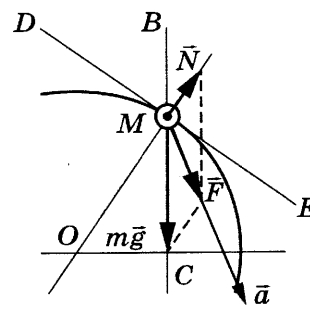


Рис. 2

4. Сила, с которой бусина давит на кольцо в точке  $M$ , связана с силой  $\vec{N}$  третьим законом Ньютона и поэтому направлена вниз по радиусу  $OM$ , то есть внутрь кольца.

28

## Возможное решение

Поскольку сопротивлением воздуха можно пренебречь, то для движения тела справедлив закон сохранения механической энергии:  $E_{\text{п}} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2}$ .

Следовательно, для начальной скорости тела получим:

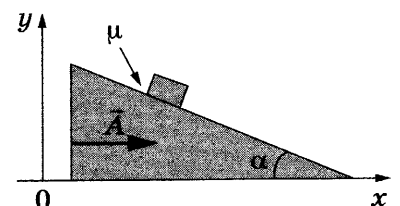
$$v = \sqrt{v_k^2 - \frac{2E_{\text{п}}}{m}} = \sqrt{36 - \frac{2 \cdot 20}{2}} = 4 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v = 4$  м/с.

29

## Возможное решение

1. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, ускорение бруска равно ускорению клина  $A$ . Это ускорение, в соответствии со вторым законом Ньютона, вызывается суммой сил, действующих на брусок: силой тяжести  $m\vec{g}$  (где  $m$  — масса бруска)

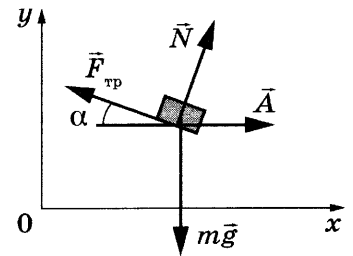


и силой реакции клина  $\vec{R} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$ , которую мы представили в виде суммы нормальной составляющей  $\vec{N}$  и касательной составляющей  $\vec{F}_{\text{тр}}$ :

$$m\vec{A} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

2. В соответствии с законом сухого трения сила трения скольжения, действующая на брусок, направлена в сторону, противоположную скорости относительного движения, т. е. вверх по наклонной плоскости, а её модуль пропорционален нормальной составляющей:

$$F_{\text{тр}} = \mu N.$$



3. Записывая второй закон Ньютона для бруска в проекциях на оси системы координат  $Oxy$ , получим систему уравнений:

$$\begin{cases} mA = -F_{\text{тр}} \cos \alpha + N \sin \alpha, \\ 0 = N \cos \alpha + F_{\text{тр}} \sin \alpha - mg. \end{cases}$$

4. Учитывая связь  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , получим систему

$$\begin{cases} mA = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) N, \\ mg = N(\mu \sin \alpha + \cos \alpha). \end{cases}$$

5. Исключая отсюда  $N$ , получим выражение для ускорения бруска:

$$A = \frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\mu \sin \alpha + \cos \alpha} g = \frac{\text{tg} \alpha - \mu}{\mu \text{tg} \alpha + 1} g,$$

справедливое при  $\text{tg} \alpha > \mu$ .

6. Так как ускорение бруска и клина одинаково, к клину необходимо приложить горизонтальную силу  $\vec{F}$ , определяемую вторым законом Ньютона:

$$F = (m + M)A = (m + M)g \frac{\text{tg} \alpha - \mu}{1 + \mu \text{tg} \alpha}.$$

Ответ:  $F = \frac{\text{tg} \alpha - \mu}{1 + \mu \text{tg} \alpha} (m + M)g$  при  $\text{tg} \alpha > \mu$ .

30

### Возможное решение

1. Первоначально в объёме  $V_1$  находится  $\nu_1$  моль газа при температуре  $T_1$  и давлении  $p_1$ , а в объёме  $V_2$  —  $\nu_2$  моль газа при температуре  $T_2$  и давлении  $p_2$ .

2. При снятии перегородки газ не участвует в теплообмене с внешним миром и не совершает работу. Поэтому в соответствии с первым началом термодинамики внутренняя энергия газа при этом сохраняется:

$$\frac{3}{2} \nu_1 RT_1 + \frac{3}{2} \nu_2 RT_2 = \frac{3}{2} (\nu_1 + \nu_2) RT, \quad —$$

откуда следует, что конечная температура газа после снятия перегородки

$$T = \frac{\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2}{\nu_1 + \nu_2}.$$

3. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для газа в начальном и конечном состояниях:

$$\begin{aligned} p_1 V_1 &= \nu_1 R T_1, \\ p_2 V_2 &= \nu_2 R T_2, \\ p(V_1 + V_2) &= (\nu_1 + \nu_2) R T. \end{aligned}$$

Подставив эти результаты в выражение для  $T$ , получим:

$$\begin{aligned} p(V_1 + V_2) &= p_1 V_1 + p_2 V_2, \\ \text{откуда: } p &= \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}. \end{aligned}$$

4. Учитывая, что  $V_2 = 2V_1$ ,  $p_1 = p_0$ ,  $p_2 = 4p_0$ , получим:  $p = 3p_0$ .

Ответ:  $p = 3p_0$ .

31

**Возможное решение**

В начальном состоянии энергия, запасённая конденсатором,  $W_{\text{Нач}} = \frac{CU^2}{2}$ .

Конденсатор с площадью пластин  $S$ , заполненный на две трети диэлектриком, эквивалентен параллельному соединению двух конденсаторов: воздушного с площадью пластин  $\frac{1}{3}S$  и заполненного диэлектриком с площадью пластин  $\frac{2}{3}S$ .

Таким образом, электроёмкость частично заполненного диэлектриком конденсатора равна:

$$C^* = C_1 + C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{3d} + \frac{\epsilon \epsilon_0 2S}{3d} = \frac{\epsilon_0 S(1 + 2\epsilon)}{3d} = C \frac{(1 + 2\epsilon)}{3} = C \frac{(1 + 8)}{3} = 3C,$$

где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора,  $\epsilon$  — диэлектрическая проницаемость жидкости,  $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$  — электроёмкость воздушного конденсатора в начальном состоянии.

Следовательно, после заполнения энергия конденсатора равна

$$W_{\text{Кон}} = \frac{C^* U^2}{2} = \frac{3CU^2}{2}.$$

Окончательно,  $\frac{W_{\text{Кон}}}{W_{\text{Нач}}} = \frac{3CU^2}{2} : \frac{CU^2}{2} = 3$ .

Ответ:  $\frac{W_{\text{Кон}}}{W_{\text{Нач}}} = 3$ .

32

**Возможное решение**

При движении стержней с разными скоростями поток вектора магнитной индукции, пронизывающий контур, изменяется:  $\Phi(t) = Bl(v_1 - v_2)t = Blv_{\text{отн}}t$ , — что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции согласно закону Фарадея:

$\mathcal{E} = -\frac{\Phi(t)}{t} = -Blv_{\text{отн}}$ . Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.

В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре с сопротивлением  $R$  появится ток

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{R}.$$

На проводники с током в магнитном поле вдоль оси  $Ox$  действуют силы Ампера  $F_1 = F_2 = IBl$  и силы трения  $F_{\text{тр}}$ . Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю:  $F - F_1 - F_{\text{тр}} = 0$ ,  $F_2 - F_{\text{тр}} = 0$ .

Из второго уравнения с учётом закона Ома получим  $F_2 = IBl = \frac{(Bl)^2 v_{\text{отн}}}{R} = F_{\text{тр}}$   
и  $F = F_1 + F_{\text{тр}} = 2F_2 = 2 \frac{(Bl)^2}{R} (v_1 - v_2)$ . Отсюда  $R = 2 \frac{(Bl)^2 (v_1 - v_2)}{F} = 0,1 \text{ Ом}$ .

**Ответ:**  $R = 2 \frac{(Bl)^2 (v_1 - v_2)}{F} = 0,1 \text{ Ом}$ .



## Вариант 10

27

## Возможное решение

1. В точке  $M$  на кольцо действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз, и сила реакции опоры со стороны кольца. В отсутствие трения сила реакции опоры  $\vec{N}$  направлена перпендикулярно кольцу, то есть по радиусу окружности вверх или вниз. Равнодействующая этих сил  $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{N}$  совпадает по направлению с ускорением  $\vec{a}$  бусины, т. к. согласно второму закону Ньютона  $\vec{F} = m\vec{a}$ .

2. Если сила  $\vec{N}$  направлена вверх по радиусу  $OM$ , то равнодействующая  $\vec{F}$  и ускорение  $\vec{a}$  направлены между вертикалью  $BC$  и касательной  $DE$  (рис. 1), что противоречит условию.

3. Если же сила  $\vec{N}$  направлена вниз по радиусу  $OM$ , то равнодействующая  $\vec{F}$  и ускорение  $\vec{a}$  направлены между радиусом  $OM$  и вертикалью  $BC$ , как и задано в условии (рис. 2), что вытекает из построения, в котором используется заданное в условии направление ускорения  $\vec{a}$ .

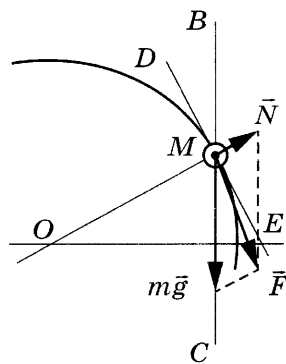


Рис. 1

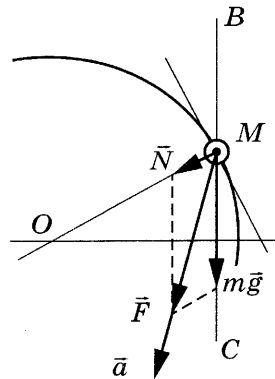


Рис. 2

4. Сила, с которой бусина давит на кольцо в точке  $M$ , связана с силой  $\vec{N}$  третьим законом Ньютона и поэтому направлена вверх по радиусу  $OM$ , то есть наружу от кольца.

28

## Возможное решение

Поскольку сопротивлением воздуха можно пренебречь, то для движения тела справедлив закон сохранения механической энергии:  $E_{\text{п}} + \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_k^2}{2}$ .

Следовательно, для конечной скорости тела получим:

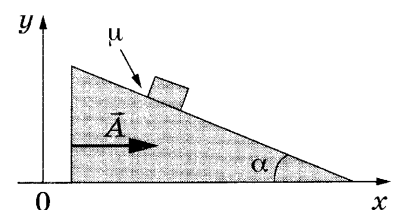
$$v_k = \sqrt{\frac{2E_{\text{п}}}{m} + v^2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 20}{2} + 16} = 6 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v_k = 6$  м/с.

29

## Возможное решение

1. В инерциальной системе отсчёта  $Oxy$ , связанной с Землёй, ускорение бруска равно ускорению клина  $A$ . Это ускорение, в соответствии со вторым законом Ньютона, вызывается суммой сил, действующих на брусок: силой тяжести  $m\vec{g}$  (где  $m$  — масса бруска)



и силой реакции клина  $\vec{R} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}$ , — которую мы представили в виде суммы нормальной составляющей  $\vec{N}$  и касательной составляющей  $\vec{F}_{\text{тр}}$ :

$$m\vec{A} = m\vec{g} + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N}.$$

2. В соответствии с законом сухого трения сила трения скольжения, действующая на брусок, направлена в сторону, противоположную скорости относительного движения, т. е. вверх по наклонной плоскости, а её модуль пропорционален нормальной составляющей:  $F_{\text{тр}} = \mu N$ .

3. Записывая второй закон Ньютона для бруска в проекциях на оси системы координат  $Oxy$ , получим систему уравнений:

$$\begin{cases} mA = N \sin \alpha - F_{\text{тр}} \cos \alpha, \\ 0 = -mg + F_{\text{тр}} \sin \alpha + N \cos \alpha. \end{cases}$$

4. Учитывая связь  $F_{\text{тр}} = \mu N$ , приведём систему к виду

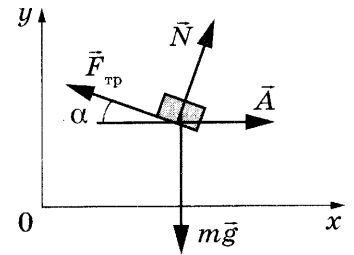
$$\begin{cases} mA = (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)N, \\ mg = N(\mu \sin \alpha + \cos \alpha). \end{cases}$$

5. Исключая отсюда  $N$ , получим выражение для ускорения бруска и клина:

$$A = \frac{\sin \alpha - \mu \cos \alpha}{\mu \sin \alpha + \cos \alpha} g = \frac{\text{tg} \alpha - \mu}{\mu \text{tg} \alpha + 1} g,$$

справедливое при  $\text{tg} \alpha > \mu$ .

Ответ:  $A = \frac{\text{tg} \alpha - \mu}{\mu \text{tg} \alpha + 1} g$  при  $\text{tg} \alpha > \mu$ .



30

### Возможное решение

1. После установления равновесия гелий равномерно распределится по всему сосуду. В каждой части сосуда окажется по 1 моль гелия:  $v_1 = 1$  моль. В результате в сосуде с аргоном окажется 3 моль смеси:  $v_2 = v_1 + v = 3$  моль.

2. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре и количеству молей:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT \Rightarrow U_1 = \frac{3}{2} \nu_1 RT_1, U_2 = \frac{3}{2} \nu_2 RT_2.$$

3. Запишем условие термодинамического равновесия:  $T_1 = T_2$ .

$$4. \frac{U_1}{U_2} = \frac{\nu_1}{\nu_2}, \frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}.$$

Ответ:  $\frac{U_1}{U_2} = \frac{1}{3}$ .

31

### Возможное решение

В начальном состоянии энергия, запасённая конденсатором,  $W_{\text{нач}} = \frac{CU^2}{2}$ .

Конденсатор с площадью пластин  $S$ , заполненный на две трети диэлектриком, эквивалентен параллельному соединению двух конденсаторов: воздушного с площадью пластин  $\frac{1}{3}S$  и заполненного диэлектриком с площадью пластин  $\frac{2}{3}S$ .

Таким образом, электроёмкость частично заполненного диэлектриком конденсатора равна:

$$C^* = C_1 + C_2 = \frac{\varepsilon_0 S}{3d} + \frac{\varepsilon \varepsilon_0 2S}{3d} = \frac{\varepsilon_0 S(1 + 2\varepsilon)}{3d} = C \frac{(1 + 2\varepsilon)}{3} = C \frac{(1 + 8)}{3} = 3C,$$

где  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора,  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость жидкости,  $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$  — электроёмкость воздушного конденсатора в начальном состоянии.

Заряд конденсатора  $q = CU$  при погружении в диэлектрик не изменяется, следовательно, после заполнения энергия конденсатора равна

$$W_{\text{Кон}} = \frac{q^2}{2C^*} = \frac{C^2 U^2}{2C^*} = \frac{C^2 U^2}{2 \cdot 3C} = \frac{CU^2}{6}.$$

Окончательно,  $\frac{W_{\text{Кон}}}{W_{\text{Нач}}} = \frac{CU^2}{6} : \frac{CU^2}{2} = \frac{1}{3}$ .

Ответ:  $\frac{W_{\text{Кон}}}{W_{\text{Нач}}} = \frac{1}{3}$ .

### 32 Возможное решение

При движении стержней с разными скоростями поток вектора магнитной индукции, пронизывающий контур, изменяется:  $\Phi(t) = Bl(v_1 - v_2)t = Blv_{\text{отн}}t$ , — что приводит к возникновению в контуре ЭДС индукции согласно закону Фарадея:

$\mathcal{E} = -\frac{\Phi(t)}{t} = -Blv_{\text{отн}}$ . Здесь мы пренебрегли самоиндукцией контура.

В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре с сопротивлением  $2R$  появится ток

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{2R} = \frac{Blv_{\text{отн}}}{2R}.$$

На проводники с током в магнитном поле вдоль оси  $Ox$  действуют силы Ампера  $F_1 = F_2 = IBl$  и силы трения  $F_{\text{тр}} = \mu mg$ . Так как стержни движутся равномерно, сумма сил, приложенных к каждому стержню, равна нулю:  $F - F_1 - F_{\text{тр}} = 0, F_2 - F_{\text{тр}} = 0$ .

Из второго уравнения с учётом закона Ома получим  $F_{\text{тр}} = \mu mg = IBl = \frac{(Bl)^2 (v_1 - v_2)}{2R}$ .

Отсюда  $\mu = \frac{(Bl)^2 (v_1 - v_2)}{2mgR} = 0,1$ .

Ответ:  $\mu = \frac{(Bl)^2 (v_1 - v_2)}{2mgR} = 0,1$ .