

ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

**ФИПИ**  
ШКОЛЕ

**2023**

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

**ЕГЭ**

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

**ФИЗИКА**

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



**10**

ВАРИАНТОВ



Онлайн  
поддержка



ПОСОБИЕ ПРОШЛО  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ  
ОЦЕНКУ ФГБНУ

**ФИПИ**  
**ШКОЛЕ**

**2023**

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

**ЕГЭ**

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

**ФИЗИКА**

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ  
Москва  
2023

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. — Москва :  
Издательство «Национальное образование», 2023. —  
160 с. — (ЕГЭ. ФИПИ — школе).

**ISBN 978-5-4454-1656-2.**

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  
2023 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 978-5-4454-1656-2**

© ООО «Издательство «Национальное  
образование», 2023

## 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 . . . . .	21
Вариант 3 . . . . .	31
Вариант 4 . . . . .	41
Вариант 5 . . . . .	51
Вариант 6 . . . . .	60
Вариант 7 . . . . .	69
Вариант 8 . . . . .	79
Вариант 9 . . . . .	89
Вариант 10 . . . . .	98
Ответы и критерии оценивания . . . . .	108



# 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 овладение всеми основными предметными результатами и 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 30 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержит 23 задания с кратким ответом. Из них 11 заданий с записью ответа в виде числа или двух чисел, 12 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр.

Задания 1–19 группируются исходя из тематической принадлежности: механика — 6 заданий, молекулярная физика — 5 заданий, электродинамика — 6 заданий, квантовая физика — 2 задания. Эти задания проверяют освоение понятийного аппарата школьного курса физики. Задания 20 и 21 имеют интегрированный характер и проверяют элементы содержания не менее чем из трёх разделов 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, формулами или единицами измерений. Ответ к этим заданиям записывается в виде двух цифр.

В конце части 1 предлагаются два задания, проверяющих различные методологические умения и относящихся 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.

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 повышенного уровня сложности и 5 задач с развёрнутым ответом высокого уровня сложности, из которых одна качественная и четыре — расчётные. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 1–2 задачи по молекулярной физике и термодинамике, 2–3 задачи по электродинамике и одна задача по квантовой физике.

### Система оценивания заданий

За правильный ответ на каждое из заданий 1–3, 7–9, 12–14, 18, 22 и 23 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или две цифры.

Каждое из заданий 5, 6, 11, 16, 17 и 19 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если в ответе указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, — 0 баллов.

Задание 21 оценивается в 2 балла, если верно указаны все три элемента верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если два элемента указаны неверно. Если в ответе указано более трёх элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, — 0 баллов.

Каждое из заданий 4, 10, 15 и 20 оценивается в 2 балла, если верно указаны все элементы верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка или дополнительно ко всем верным элементам указан один неверный; в 0 баллов — во всех остальных случаях.

Задание с развёрнутым ответом оценивается двумя экспертами с учётом правильности и полноты ответа. Максимальный первичный балл за задания с развёрнутым ответом 25 и 26 составляет 2 балла, за задания 24, 27, 28 и 29 составляет 3 балла, а за задание 30 — 4 балла. К каждому заданию приводится подробная инструкция для экспертов, в которой указывается, за что выставляется каждый балл — от нуля до максимального балла. В экзаменационном варианте перед каждым типом задания предлагается инструкция, в которой приведены общие требования к оформлению ответов.

Максимальный первичный балл — 54.

## 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										
Сумма баллов										

© 2023. ООО «Издательство «Национальное образование»

Копирование, распространение и использование в коммерческих целях без письменного разрешения правообладателя не допускается



# БЛАНК ОТВЕТОВ № 1

Код  
региона

Код  
предмета

Название  
предмета

Резерв - 4

Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

Заполнять гелевой или капиллярной ручкой ЧЕРНЫМИ 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 А А Ä Ö È Ë Ê Ë Ì Í Ï Ò Ó

**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





## 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 30 заданий.

В заданиях 1–3, 7–9, 12–14 и 18 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 4–6, 10, 11, 15–17, 19, 20, 21 и 23 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	1

  4 1   Бланк

Ответом к заданию 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:       (1,4 ± 0,2)       м/с<sup>2</sup>.   1 , 4 0 , 2   Бланк

Ответ к заданиям 24–30 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	$10^{-12}$

<b>Константы</b>	
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

<b>Соотношение между различными единицами</b>	
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

<b>Масса частиц</b>	
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>			
		подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13\,600 \text{ кг/м}^3$

**Удельная теплоёмкость**

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

**Удельная теплота**

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

**Нормальные условия:** давление —  $10^5$  Па, температура —  $0^\circ\text{C}$

**Молярная масса**

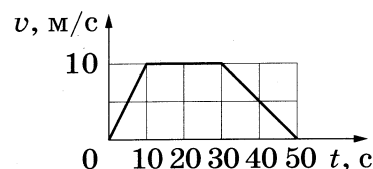
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воды	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль		

# ВАРИАНТ 1

## Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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 представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Найдите путь, пройденный автомобилем за время от 30 до 50 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 Тело равномерно двигалось по прямой в инерциальной системе отсчёта. Импульс тела был равен 20 кг·м/с. Затем под действием постоянной силы, направленной вдоль этой прямой, за 4 с импульс тела увеличился до 70 кг·м/с. Определите модуль силы, действующей на тело.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4 В лабораторной работе изучали движение небольшого бруска массой 400 г по горизонтальной шероховатой поверхности под действием горизонтальной постоянной силы, равной по модулю 1,6 Н. Зависимость скорости бруска от времени приведена в таблице. Выберите все верные утверждения на основании анализа представленной таблицы.

Время $t$ , с	0	1	2	3	4	5	6
Скорость $v$ , м/с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

- 1) Равнодействующая сил, действующих на брусок, равна 1,6 Н.
- 2) Ускорение бруска равно 0,5 м/с<sup>2</sup>.
- 3) Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu = 0,35$ .
- 4) Брусок движется равномерно.
- 5) В момент времени 3 с кинетическая энергия бруска равна 0,45 Дж.

Ответ: \_\_\_\_\_.

5

Космический исследовательский зонд обращается по круговой орбите вокруг Марса. В результате перехода на другую круговую орбиту центростремительное ускорение зонда увеличивается. Как изменятся в результате этого перехода скорость зонда и период обращения зонда вокруг Марса?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Скорость зонда	Период обращения зонда

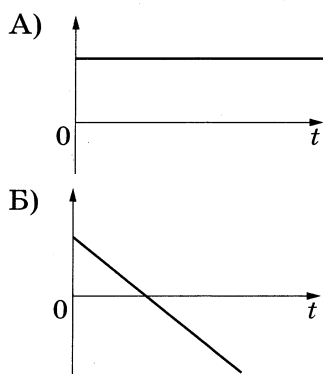
6

Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = 10 + 5t - 2t^2$  (все величины выражены в СИ).

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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция  $p_x$  импульса тела
- 2) кинетическая энергия  $E_k$  тела
- 3) проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на тело
- 4) модуль  $a$  ускорения тела

Ответ:

А	Б

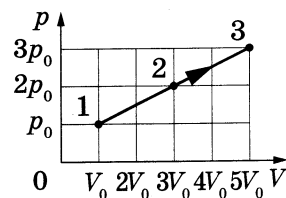
7

Цилиндрический сосуд с гладкими стенками разделён лёгким подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится неон, в другой — аргон. Температуры газов одинаковы. Определите отношение концентрации молекул неона к концентрации молекул аргона в равновесном состоянии.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 8 На рисунке показан график процесса, проведённого над 2 моль газообразного аргона. Найдите отношение абсолютных температур  $\frac{T_3}{T_2}$ .



Ответ: \_\_\_\_\_.

- 9 Рабочее тело тепловой машины за цикл получает от нагревателя количество теплоты, равное 64 Дж, и совершает работу, равную 16 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

- 10 Медную кастрюлю наполнили на  $\frac{2}{3}$  водой, закрыли лёгкой крышкой и спустя несколько часов поставили на огонь. Воду в кастрюле довели до кипения и кипятили в течение некоторого времени. Атмосферное давление составляло 760 мм рт. ст.

Выберите все верные утверждения, описывающие характеристики воды, водяного пара и кастрюли.

- 1) Относительная влажность воздуха под крышкой в процессе нагревания воды оставалась постоянной.
- 2) В ходе кипения воды средняя потенциальная энергия взаимодействия молекул воды, переходящих из жидкости в пар, увеличивается.
- 3) Давление водяных паров под крышкой в ходе процесса нагревания воды увеличивалось.
- 4) Температура медного дна кастрюли с водой при кипении была немного меньше  $100^\circ\text{C}$ .
- 5) Плотность насыщенных водяных паров над поверхностью воды при нагревании до кипения оставалась постоянной.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 11 Один моль идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — абсолютная температура газа.

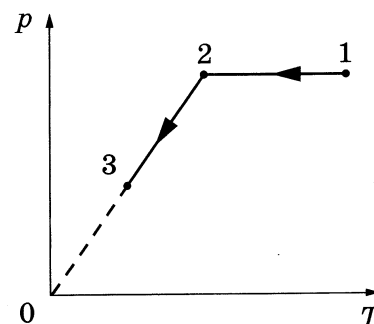
Как изменяются объём газа в ходе процесса 1–2 и концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.

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.

Объём газа в ходе процесса 1–2	Концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3



12 Сила тока, текущего в проводнике, равна 4 А. За какое время через поперечное сечение проводника, площадью 2 мм<sup>2</sup>, проходит заряд 5 Кл?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

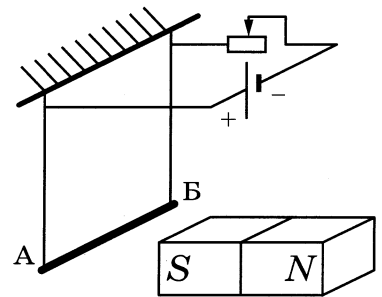
13 Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому протекает ток  $I$ , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . На проводник действует сила Ампера, равная 0,2 Н. Каким станет модуль силы Ампера, если увеличить силу тока в 2 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

14 На шахматной доске на расстоянии пяти клеток от вертикального плоского зеркала стоит ладья. На сколько увеличится расстояние между ладьёй и её изображением, если её на три клетки отодвинуть от зеркала?

Ответ: на \_\_\_\_\_ клеток(-ки).

15 Нихромовый проводник АБ подвешен на тонких медных проволочках к деревянной балке и подключён к источнику постоянного напряжения так, как показано на рисунке. Вблизи проводника находится южный полюс постоянного магнита (см. рисунок). Ползунок реостата плавно перемещают *влево*.

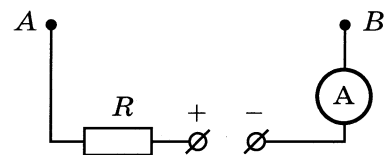


Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

16 На рисунке представлена схема цепи для исследования различных проводников. Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.



Сначала между клеммами А и В включили отрезок медного провода. Затем его заменили медным проводом такой же длины, но с бóльшей площадью поперечного сечения. Как изменяются в результате замены сопротивление цепи с проводником и сила тока в ней?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

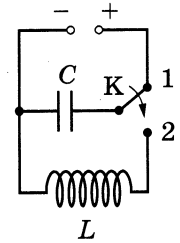
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Сопротивление цепи	Сила тока в цепи

17

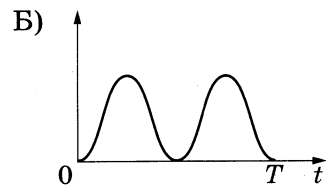
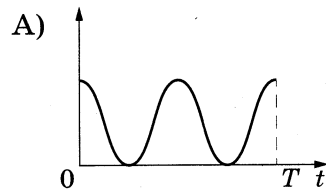
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени  $t$  физических величин, характеризующих возникшие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



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость 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) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) энергия электрического поля конденсатора

Ответ:

А	Б

18

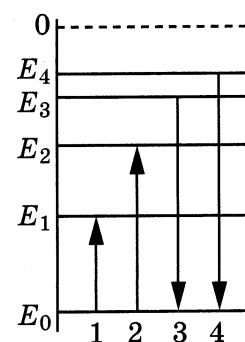
Ядро урана захватывает нейтрон, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}_{92}^{235}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{56}^{139}\text{Ba} + {}_Z^A\text{X} + 2{}_0^1\text{n}$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каков заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда)?

Ответ: \_\_\_\_\_.

19

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением света с наименьшей частотой и излучением света с наименьшей энергией фотонов?

Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.



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

**ПРОЦЕССЫ**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ**

- |  |      |
|--|------|
| А) поглощение света с наименьшей частотой        | 1) 1 |
| Б) излучение света с наименьшей энергией фотонов | 2) 2 |
|  | 3) 3 |
|  | 4) 4 |

Ответ:

А	Б

**20**

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы наблюдается резкое затухание амплитуды колебаний.
- 2) Процесс самопроизвольной (без компенсации) передачи положительного количества теплоты от более нагретого тела к менее нагретому является необратимым.
- 3) В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц всегда остаётся постоянной.
- 4) Дифракция волн лучше всего наблюдается в тех случаях, когда размеры препятствий во много раз больше длины волны.
- 5) В планетарной модели атома вокруг положительно заряженного ядра по круговым орбитам равномерно двигаются протоны.

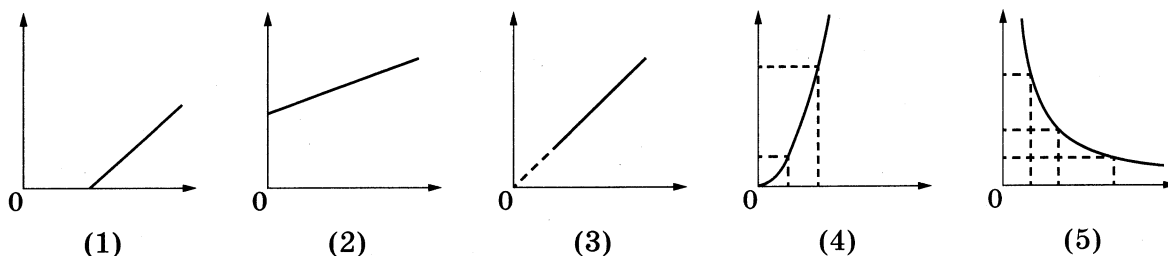
Ответ: \_\_\_\_\_.

**21**

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость проекции  $v_x$  скорости тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени движения при начальной скорости тела, не равной нулю;
- Б) зависимость энергии электрического поля конденсатора с постоянной электроёмкостью  $C$  от заряда конденсатора;
- В) зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов, вылетающих с поверхности катода, от частоты падающего электромагнитного излучения.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

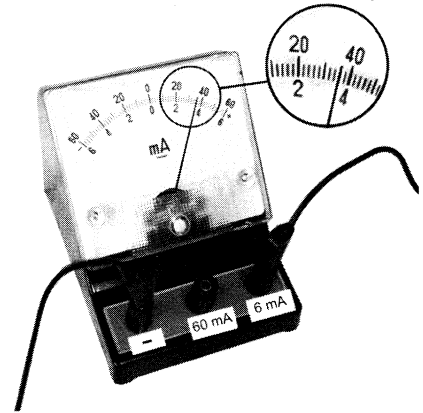


Ответ:

А	Б	В

22

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



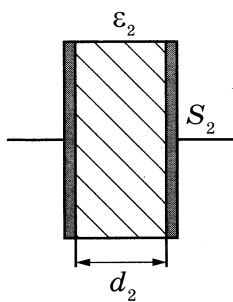
Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) мА.

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

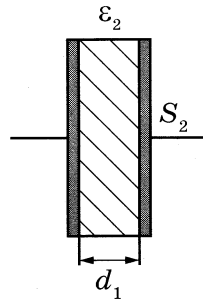
23

Необходимо экспериментально изучить зависимость электроёмкости плоского конденсатора от расстояния между его пластинами. На всех представленных ниже рисунках  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора,  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?

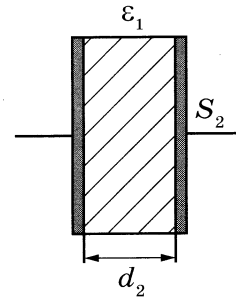
1)



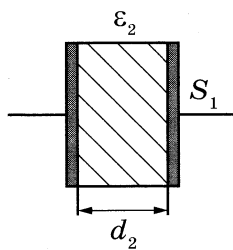
3)



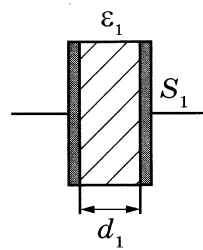
5)



2)



4)



Запишите в ответе номера выбранных конденсаторов.

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.*

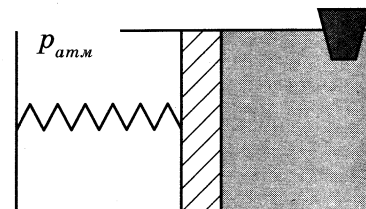


Часть 2

Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

24

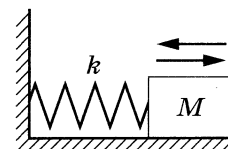
Горизонтальный сосуд разделён подвижным поршнем, который может свободно перемещаться без трения. Правая часть сосуда заполнена воздухом и герметично закрыта пробкой, левая часть сосуда открыта. Поршень соединён пружиной с левой стенкой сосуда. Первоначально поршень находится в равновесии, а пружина сжата. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, опишите, как будет двигаться поршень, если из правой части сосуда вынуть пробку. Температуру воздуха считать постоянной. Длина недеформированной пружины меньше длины сосуда.



Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.

25

Груз, прикрепленный к пружине жёсткостью 200 Н/м, отклонили от положения равновесия и отпустили, в результате чего он начал совершать колебания вдоль горизонтальной оси  $Ox$  (см. рисунок). В таблице приведены изменения координаты груза  $x$  с течением времени  $t$ .



$t, c$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
$x, cm$	20	14,2	0	-14,2	-20	-14,2	0	14,2	20	14,2

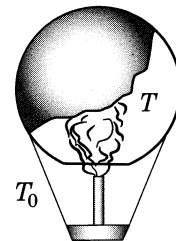
Определите кинетическую энергию груза в момент времени 0,6 с.

26

Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы оптической силой  $D = 7$  дптр. На экране получено действительное уменьшенное в 2,5 раза изображение предмета. Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.

27

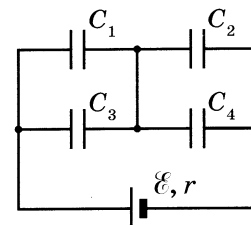
Воздушный шар наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении. Абсолютная температура  $T$  горячего воздуха в 2 раза больше температуры  $T_0$  окружающего воздуха. При каком отношении массы оболочки к массе наполняющего её воздуха шар начнёт подниматься? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



Массой груза и объёмом материала оболочки шара пренебречь.

28

Батарея из четырёх конденсаторов ёмкостью  $C_1 = 2C$ ,  $C_2 = C$ ,  $C_3 = 4C$  и  $C_4 = 2C$  подключена к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Определите энергию конденсатора  $C_3$ .



29

Металлическая пластина облучается светом частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью  $130$  В/м, причём вектор напряжённости  $\vec{E}$  поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии  $10$  см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна  $15,9$  эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.

30

В маленький шар, висящий на нити длиной  $l = 50$  см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля массой  $m = 10$  г. Минимальная скорость пули  $v_0$ , при которой шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости, равна  $180$  м/с. Чему равна масса шара? Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

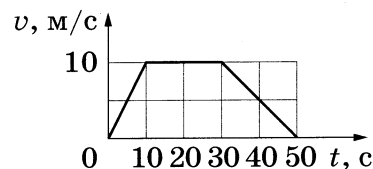
## ВАРИАНТ 2

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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 представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Автомобиль движется по прямой вдоль оси  $Ox$  в положительном направлении. Найдите проекцию  $a_x$  ускорения автомобиля в момент времени 40 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

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

Тело равномерно двигалось по прямой в инерциальной системе отсчёта. Импульс тела был равен 20 кг·м/с. Затем под действием постоянной силы величиной 10 Н, направленной вдоль этой прямой, за 3 с импульс тела увеличился. Определите конечный импульс тела.

Ответ: \_\_\_\_\_ кг·м/с.

4

В лабораторной работе изучали движение небольшого бруска массой 400 г по горизонтальной шероховатой поверхности под действием горизонтальной постоянной силы, равной по модулю 1,6 Н. Зависимость скорости бруска от времени приведена в таблице. Выберите все верные утверждения на основании анализа представленной таблицы.

Время $t$ , с	0	1	2	3	4	5	6
Скорость $v$ , м/с	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

1) Равнодействующая сил, действующих на брусок, равна 0,2 Н.

2) Ускорение бруска равно 3 м/с<sup>2</sup>.

3) Коэффициент трения бруска о поверхность  $\mu = 0,2$ .

4) Брусок движется равноускоренно.

5) В момент времени 2 с кинетическая энергия бруска равна 0,6 Дж.

Ответ: \_\_\_\_\_.

5

Космический исследовательский зонд обращается по круговой орбите вокруг Меркурия. В результате перехода на другую круговую орбиту центростремительное ускорение зонда уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода скорость зонда и период обращения зонда вокруг Меркурия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Скорость зонда	Период обращения зонда

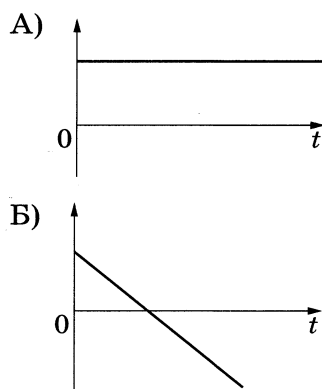
6

Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = -6 + 4t - 3t^2$  (все величины выражены в СИ).

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

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

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция  $a_x$  ускорения тела
- 2) модуль равнодействующей  $\vec{F}$  сил, действующих на тело
- 3) проекция  $v_x$  скорости тела
- 4) проекция  $s_x$  перемещения тела

Ответ:

А	Б

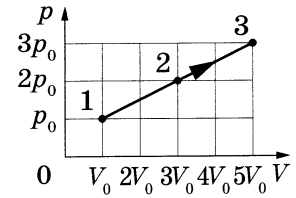
7

Цилиндрический сосуд с гладкими стенками разделён лёгким подвижным поршнем на две части. В одной части сосуда находится неон, в другой — гелий. Средние кинетические энергии теплового хаотического движения молекул газов одинаковы. Определите отношение концентрации молекул неона к концентрации молекул гелия в равновесном состоянии.

Ответ: \_\_\_\_\_.

8

На рисунке показан график процесса, проведённого над 2 моль газообразного гелия. Найдите отношение абсолютных температур  $\frac{T_3}{T_1}$ .



Ответ: \_\_\_\_\_.

9

Рабочее тело тепловой машины с КПД 20 % за цикл совершает работу, равную 16 Дж. Какое количество теплоты тепловая машина за цикл отдаёт холодильнику?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

10

Медную кастрюлю наполнили на  $\frac{3}{4}$  водой, закрыли лёгкой крышкой и спустя несколько часов поставили на огонь. Воду в кастрюле довели до кипения и кипятили в течение некоторого времени. Атмосферное давление составляло 760 мм рт. ст.

Выберите все верные утверждения, описывающие характеристики воды, водяного пара и кастрюли.

- 1) Относительная влажность воздуха под крышкой в процессе нагревания воды увеличивалась.
- 2) В ходе кипения воды средняя потенциальная энергия взаимодействия молекул воды, переходящих из жидкости в пар, оставалась постоянной.
- 3) Давление водяных паров под крышкой оставалось постоянным в ходе процесса нагревания воды.
- 4) Температура медного дна кастрюли с водой при кипении немного превышала  $100^\circ\text{C}$ .
- 5) Плотность насыщенных водяных паров над поверхностью воды при нагревании до кипения увеличивалась.

Ответ: \_\_\_\_\_.

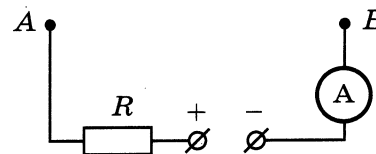




- 1) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом вблизи проводника АБ, направлены вправо.
- 2) Сила натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличивается.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 4) Сопротивление внешней цепи увеличивается.
- 5) Сила тока,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

Ответ: \_\_\_\_\_.

**16** На рисунке представлена схема цепи для исследования различных проводников. Внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.



Сначала между клеммами А и В включили отрезок медного провода. Затем его заменили проводом таких же размеров, но из материала с бóльшим удельным сопротивлением. Как изменяются в результате замены сопротивление цепи с проводником и сила тока в ней?

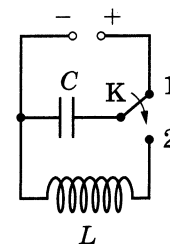
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается                                      2) уменьшается                                      3) не изменяется

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

Сопротивление цепи	Сила тока в цепи

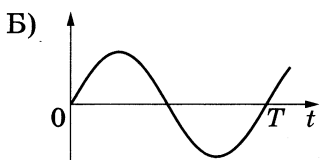
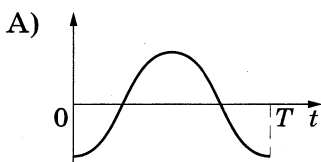
**17** Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени  $t$  физических величин, характеризующих возникшие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



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость 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) сила тока в катушке
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия магнитного поля катушки
- 4) энергия электрического поля конденсатора

Ответ:

А	Б

18

Ядро урана захватывает нейтрон, в результате чего происходит ядерная реакция  ${}^1_0n + {}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + 2{}^1_0n$  с образованием ядра химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каков заряд образовавшегося ядра  $Z$  (в единицах элементарного заряда)?

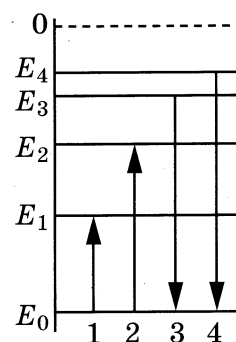
Ответ: \_\_\_\_\_.

19

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с излучением света с наименьшей длиной волны и поглощением света с наименьшей энергией фотонов?

Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.

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



## ПРОЦЕССЫ

- А) излучение света с наименьшей длиной волны  
 Б) поглощение света с наименьшей энергией фотонов

## ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ:

А	Б

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При совпадении частоты вынуждающей силы и собственной частоты колебательной системы наблюдается явление резонанса.
- 2) Процесс передачи положительного количества теплоты от более нагретого тела к менее нагретому является обратимым.
- 3) В электрически изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц всегда равна нулю.
- 4) Дифракция волн хорошо наблюдается в тех случаях, когда размеры препятствий меньше длины волны или сравнимы с ней.
- 5) В планетарной модели атома в центре атома находится положительно заряженное ядро.

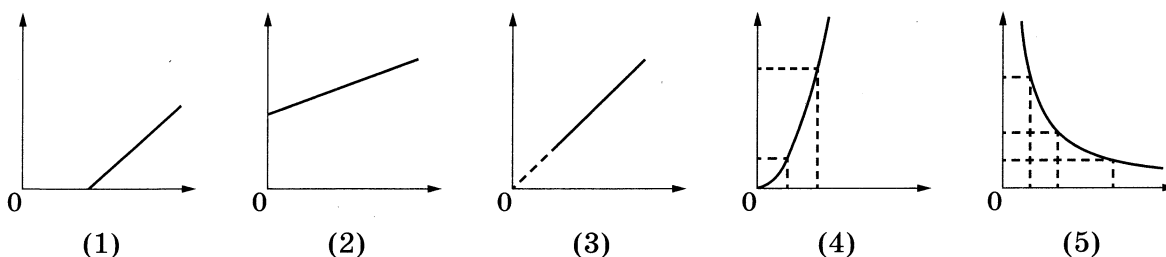
Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость проекции  $s_x$  перемещения тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени движения при начальной скорости тела, равной нулю;
- Б) зависимость напряжения на обкладках конденсатора с постоянной ёмкостью  $C$  от заряда конденсатора;
- В) зависимость энергии фотонов, падающих на поверхность фотокатода, от их частоты.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.

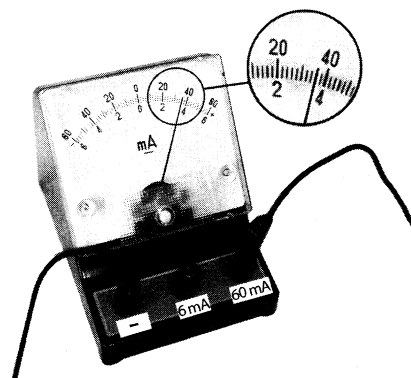


Ответ:

А	Б	В

22

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



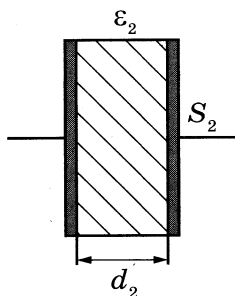
Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мА.

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

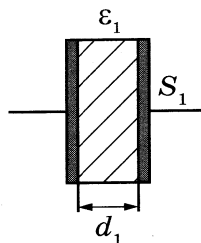
23

Необходимо экспериментально изучить зависимость ёмкости плоского конденсатора от площади его пластин. На всех представленных ниже рисунках  $S$  — площадь пластин конденсатора,  $d$  — расстояние между пластинами конденсатора,  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами. Какие два конденсатора следует использовать для проведения такого исследования?

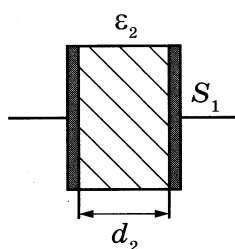
1)



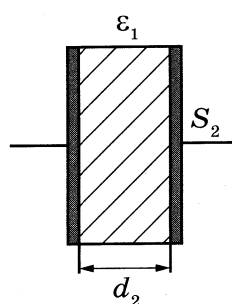
4)



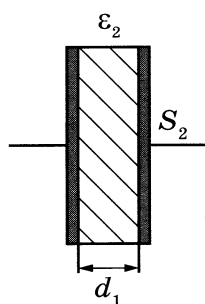
2)



5)



3)



Запишите в ответе номера выбранных конденсаторов.

Ответ:

--	--



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

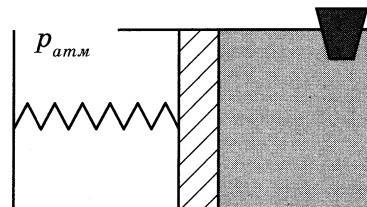
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**

## Часть 2

Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

24

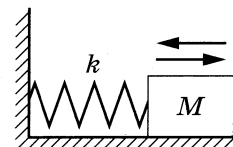
Горизонтальный сосуд разделён подвижным поршнем, который может свободно перемещаться без трения. Правая часть сосуда заполнена воздухом и герметично закрыта пробкой, левая часть сосуда открыта. Поршень соединён пружиной с левой стенкой сосуда. Первоначально поршень находится в равновесии, а пружина растянута. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, опишите, как будет двигаться поршень, если из правой части сосуда вынуть пробку. Температуру воздуха считать постоянной.



Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.

25

Груз, прикрепленный к пружине жёсткостью 150 Н/м, отклонили от положения равновесия и отпустили, в результате чего он начал совершать колебания вдоль горизонтальной оси  $Ox$  (см. рисунок). В таблице приведены изменения координаты груза  $x$  с течением времени  $t$ .



$t$ , с	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
$x$ , см	20	14,2	0	-14,2	-20	-14,2	0	14,2	20	14,2

Определите кинетическую энергию груза в момент времени 1,4 с.

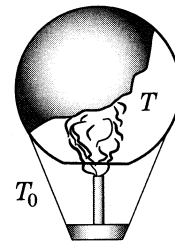
26

Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы оптической силой  $D=5$  дптр. На экране получено действительное уменьшенное в 2 раза изображение предмета. Найдите расстояние от изображения предмета до линзы.



27

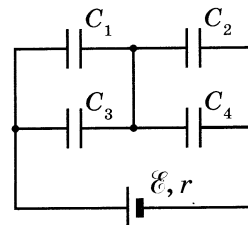
Воздушный шар наполняется горячим воздухом при нормальном атмосферном давлении. Масса оболочки шара на 20 % превышает массу наполняющего её воздуха. Какова абсолютная температура  $T$  горячего воздуха, при которой шар начнёт подниматься, если температура окружающего воздуха равна  $T_0$ ? Оболочка шара нерастяжима и имеет в нижней части небольшое отверстие.



Массой груза и объёмом материала оболочки шара пренебречь.

28

Батарея из четырёх конденсаторов ёмкостью  $C_1 = 2C$ ,  $C_2 = C$ ,  $C_3 = 4C$  и  $C_4 = 2C$  подключена к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$  (см. рисунок). Определите энергию конденсатора  $C_2$ .



29

Металлическая пластина облучается светом частотой  $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$  Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 130 В/м, причём вектор напряжённости  $\vec{E}$  направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии 10 см от пластины?

30

В маленький шар массой  $M = 230$  г, висящий на нити длиной  $l = 50$  см, попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля. Минимальная скорость пули  $v_0$ , при которой шар после этого совершит полный оборот в вертикальной плоскости, равна 120 м/с. Чему равна масса пули? Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

## ВАРИАНТ 3

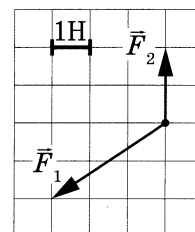
### Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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 Шарик движется по окружности радиусом  $r$  с постоянной по модулю скоростью  $v$ . Во сколько раз уменьшится его центростремительное ускорение, если радиус окружности увеличить в 3 раза, оставив скорость шарика прежней?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку массой 200 г. Определите модуль равнодействующей этих сил.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону  $x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ , где период  $T = 1$  с. Через какое минимальное время, начиная с момента  $t = 0$ , потенциальная энергия пружины маятника уменьшится вдвое?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 4 Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён пружиной со стенкой. После того как груз немного смещают от положения равновесия и отпускают из состояния покоя, он начинает колебаться вдоль оси пружины, вдоль которой направлена ось  $Ox$ . В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ . Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Абсолютная погрешность измерения координаты равна 0,1 см, времени — 0,05 с.

$t$ , с	0,0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
$x$ , см	3,0	2,1	0,0	-2,1	-3,0	-2,1	0,0

- 1) В момент времени 1,00 с модуль ускорения груза максимален.
- 2) В момент времени 0,50 с кинетическая энергия груза равна нулю.
- 3) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 1,00 с больше, чем в момент времени 0,25 с.
- 4) Период колебаний груза равен 2 с.
- 5) Частота колебаний груза равна 0,25 Гц.

Ответ: \_\_\_\_\_.

5

Космический исследовательский зонд обращается по круговой орбите вокруг Марса. В результате перехода на другую круговую орбиту центростремительное ускорение зонда уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода период обращения зонда вокруг Марса и его кинетическая энергия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Период обращения зонда	Кинетическая энергия зонда

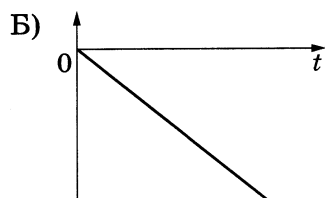
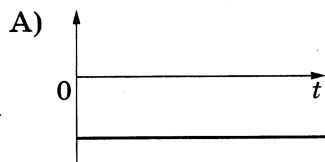
6

Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = 5 - t^2$  (все величины выражены в СИ).

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

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

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция  $v_x$  скорости тела
- 2) кинетическая энергия  $E_k$  тела
- 3) проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на тело
- 4) проекция  $s_x$  перемещения тела

Ответ:

А	Б

7

При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 2,5 раза. Конечная температура газа равна 500 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

8 Относительная влажность воздуха увеличилась с 30 % до 60 % при неизменной температуре. Во сколько раз увеличилась при этом концентрация водяных паров в воздухе?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

9 Газ получил количество теплоты, равное 300 Дж, при этом внутренняя энергия газа уменьшилась на 100 Дж. Масса газа не менялась. Какую работу совершил газ в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

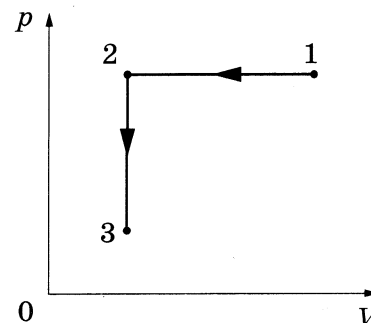
10 В жёстком герметичном сосуде объёмом  $1 \text{ м}^3$  при температуре 289 К длительное время находился влажный воздух и 5 г воды. Сосуд медленно нагрели до температуры 298 К. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, выберите все верные утверждения о результатах этого опыта.

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

- 1) При температуре 23 °С влажность воздуха в сосуде была равна примерно 90,3 %.
- 2) В течение всего опыта в сосуде находилась вода в жидком состоянии.
- 3) Так как объём сосуда не изменялся, после испарения всей воды давление влажного воздуха увеличивалось пропорционально его абсолютной температуре.
- 4) В начальном состоянии при температуре 289 К пар в сосуде был ненасыщенный.
- 5) Парциальное давление сухого воздуха в сосуде монотонно возрастало.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11 1 моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p-V$ , где  $p$  — давление газа,  $V$  — объём газа. Как изменяются плотность газа в ходе процесса 1–2 и абсолютная температура  $T$  газа в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

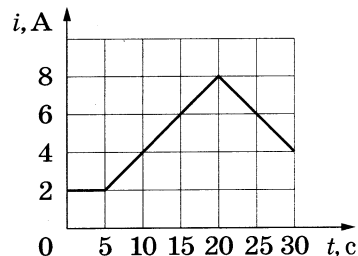
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Плотность газа в ходе процесса 1–2	Абсолютная температура газа в ходе процесса 2–3

12

На графике показана зависимость силы тока в проводнике от времени. Определите заряд, прошедший через поперечное сечение проводника в промежутке времени с 10 с по 25 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

13

Две частицы с одинаковыми массами и зарядами  $q_1 = 2q$  и  $q_2 = 3q$  влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $v_1 = 6v$  и  $v_2 = v$  соответственно. Определите отношение модулей сил  $\frac{F_1}{F_2}$ , действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

14

Первый конденсатор ёмкостью  $4C$  подключён к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ , а второй, ёмкостью  $C$ , подключён к источнику тока с ЭДС  $4\mathcal{E}$ . Определите отношение энергии электрического поля первого конденсатора к энергии электрического поля второго:  $\frac{W_1}{W_2}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

15

По гладким параллельным горизонтальным проводящим рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник. Образовавшийся контур  $KLMN$  находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (рис. 1). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на графике (рис. 2). Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

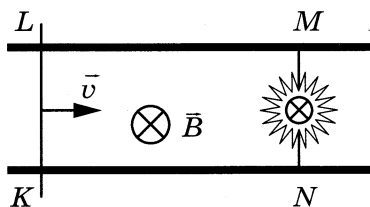


Рис. 1

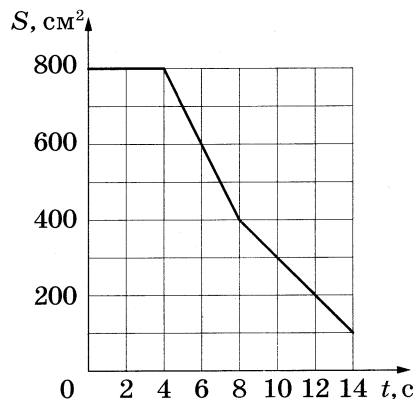


Рис. 2

- 1) В течение первых 6 с индукционный ток течёт через лампочку непрерывно.
- 2) В интервале времени от 0 до 4 с лампочка горит наиболее ярко.
- 3) В момент времени  $t = 2$  с сила Ампера, действующая на проводник, направлена влево.
- 4) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 4 до 8 с.
- 5) Индукционный ток в интервале времени от 6 до 12 с течёт в одном направлении.

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Неразветвлённая электрическая цепь состоит из аккумулятора с постоянными ЭДС и внутренним сопротивлением и внешнего резистора. Как изменятся сила тока в аккумуляторе и напряжение на выводах аккумулятора, если в цепь параллельно включить ещё один такой же резистор?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

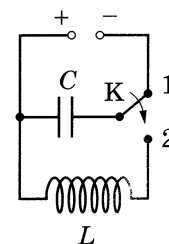
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока в аккумуляторе	Напряжение на выводах аккумулятора

17

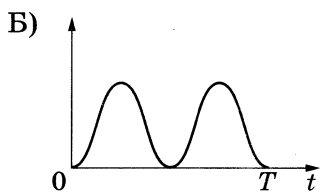
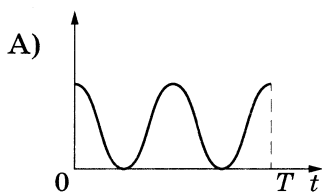
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отражают изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре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



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут отражать.

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) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) сила тока в катушке

Ответ:

А	Б



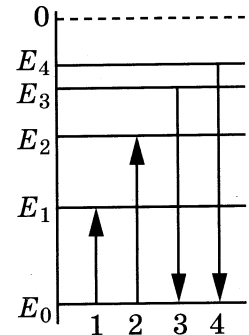
- 18 Период полураспада одного из изотопов йода составляет 81 мин. Первоначально в образце содержалось 0,2 моль этого изотопа. Сколько моль данного изотопа распадётся за 162 мин?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 19 На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением кванта света наибольшей частоты и излучением кванта света наименьшей частоты?

Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.

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



#### ПРОЦЕССЫ

- А) поглощение кванта света наибольшей частоты  
Б) излучение кванта света наименьшей частоты

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ:

А	Б

- 20 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

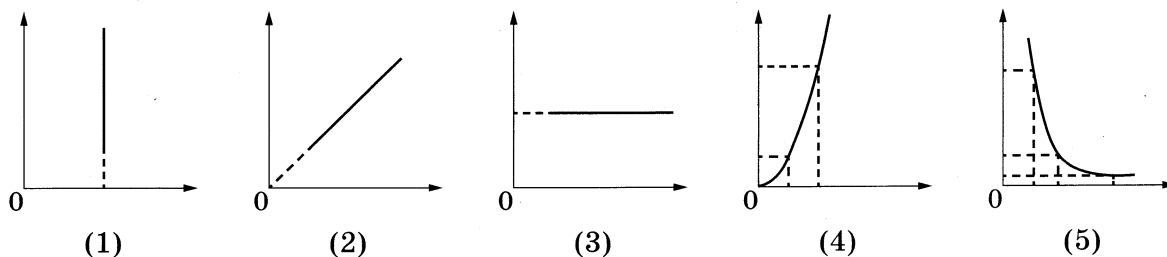
- 1) При увеличении длины нити математического маятника период его колебаний уменьшается.
- 2) Явление диффузии протекает в твёрдых телах значительно медленнее, чем в жидкостях.
- 3) Сила Лоренца действует на положительно и отрицательно заряженные частицы, влетающие перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля, в противоположные стороны.
- 4) Дифракция рентгеновских лучей невозможна.
- 5) В процессе фотоэффекта с поверхности вещества под действием падающего света вылетают электроны.

Ответ: \_\_\_\_\_.

21 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости тела, движущегося равноускоренно из состояния покоя, от времени движения;
- Б) зависимость модуля сил взаимодействия двух одинаковых точечных зарядов  $q$  от величины  $q$ ;
- В) зависимость импульса фотона от частоты.

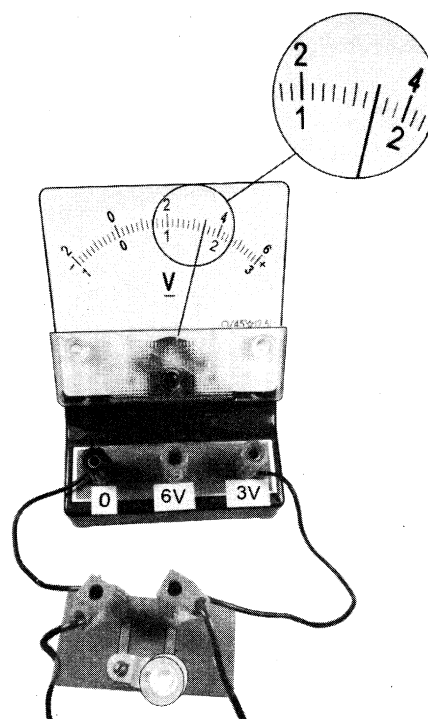
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

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



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

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

23

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от объёма сосуда. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены равными массами различных газов при различной температуре (см. таблицу). Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	5	290	гелий
2	3	290	гелий
3	3	290	азот
4	3	320	азот
5	5	320	гелий

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:



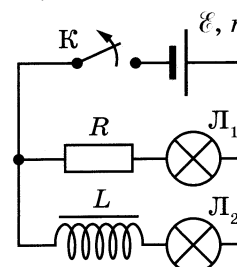
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

24

Резистор  $R$  и катушка индуктивности  $L$  с железным сердечником подключены к источнику постоянного тока, как показано на схеме. Первоначально ключ  $K$  замкнут, а через лампочки проходят соответственно токи  $I_1 = 0,2$  А и  $I_2 = 1,5$  А. Что произойдёт с величиной и направлением тока через резистор после размыкания ключа  $K$ ? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.*

25

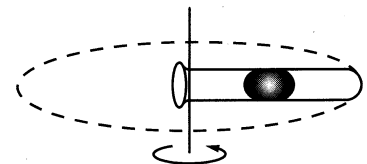
Плоская льдина плавает в воде, выступая над её поверхностью на  $h = 0,02$  м. Определите массу льдины, если её площадь  $S = 2500$  см<sup>2</sup>. Плотность льда равна 900 кг/м<sup>3</sup>.

26

Импульс лазерного излучения длится 3 мс, в течение которых излучается  $10^{19}$  фотонов. Определите длину волны излучения лазера, если средняя мощность его импульса составляет 1,2 кВт.

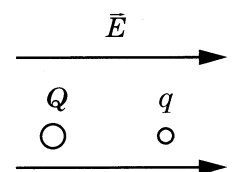
27

В открытой пробирке, вращающейся в горизонтальной плоскости с угловой скоростью  $10$  с<sup>-1</sup> вокруг вертикальной оси, проходящей через край пробирки, находится столбик ртути длиной  $h = 1$  см, центр которого отстоит от оси вращения на расстояние  $r = 20$  см. До какой температуры  $T_2$  надо нагреть пробирку, чтобы при увеличении угловой скорости в 4 раза столбик ртути не сместился? Начальная температура  $t_1 = 0$  °С, а внешнее атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па.



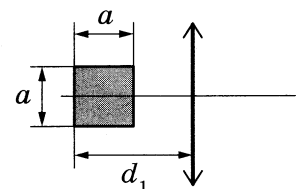
28

В однородном электрическом поле с напряжённостью  $\vec{E}$  находятся два точечных заряда:  $Q = -1$  нКл и  $q = +5$  нКл с массами  $M = 5$  г и  $m = 10$  г соответственно (см. рисунок). Определите величину напряжённости однородного поля  $E$ , если заряды находятся на расстоянии  $d = 50$  см друг от друга, а их ускорения совпадают по величине и направлению. Сделайте рисунок с указанием всех сил, действующих на заряды. Силой тяжести пренебречь.



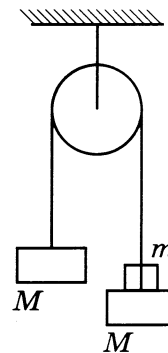
29

Квадрат со стороной  $a = 20$  см расположен в плоскости главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой  $D = 2$  дптр так, что две его стороны параллельны плоскости линзы (см. рисунок). Расстояние от дальней стороны квадрата до плоскости линзы  $d_1 = 90$  см. Определите площадь изображения квадрата в линзе. Сделайте рисунок, на котором постройте изображение квадрата в линзе, указав ход всех необходимых для построения лучей.



30

Два одинаковых бруска массой  $M = 600$  г связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой  $m$ , и система приходит в движение. Определите массу груза  $m$ , если он будет давить на брусок силой  $F = 2$  Н. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

## ВАРИАНТ 4

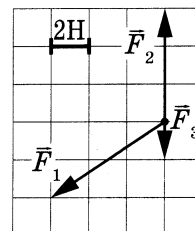
### Часть 1

Ответами к заданиям 1–3 являются число или последовательность цифр. 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 Материальная точка равномерно движется со скоростью  $v$  по окружности радиусом  $r$ . Во сколько раз увеличится модуль её центростремительного ускорения, если скорость точки будет вдвое больше?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку массой 200 г. Определите модуль равнодействующей этих сил.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Смещение груза пружинного маятника меняется с течением времени по закону  $x = A \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ , где период  $T = 0,3$  с. Через какое минимальное время, начиная с момента  $t = 0$ , потенциальная энергия пружины маятника уменьшится в 4 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

- 4 Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён пружиной со стенкой. Груз немного смещают от положения равновесия и отпускают из состояния покоя, после чего он начинает колебаться вдоль оси пружины, вдоль которой направлена ось  $Ox$ . В таблице приведены значения координаты груза  $x$  в различные моменты времени  $t$ . Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Абсолютная погрешность измерения координаты равна 0,1 см, времени — 0,05 с.

$t$ , с	0,0	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50
$x$ , см	3,0	2,1	0,0	-2,1	-3,0	-2,1	0,0

- 1) В момент времени 1,50 с ускорение груза максимально.
- 2) В момент времени 0,50 с кинетическая энергия груза максимальна.
- 3) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 1,00 с меньше, чем в момент времени 0,25 с.
- 4) Период колебаний груза равен 1 с.
- 5) Частота колебаний груза равна 0,5 Гц.

Ответ: \_\_\_\_\_.



- 5) Космический исследовательский зонд обращается по круговой орбите вокруг Венеры. В результате перехода на другую круговую орбиту центростремительное ускорение зонда увеличилось. Как изменились в результате этого перехода частота обращения зонда вокруг Венеры и его потенциальная энергия в гравитационном поле планеты?

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.

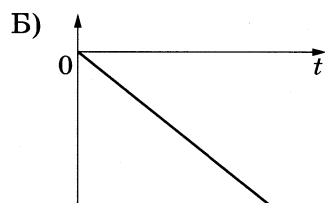
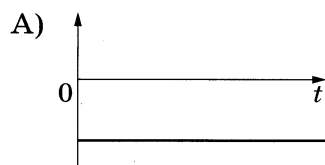
Частота обращения зонда	Потенциальная энергия зонда

- 6) Тело движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется с течением времени в соответствии с формулой  $x(t) = -4 - 2t$  (все величины выражены в СИ).

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



Ответ:

А	Б

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) проекция  $v_x$  скорости тела
- 2) кинетическая энергия  $E_k$  тела
- 3) проекция  $F_x$  равнодействующей сил, действующих на тело
- 4) проекция  $s_x$  перемещения тела

- 7) При уменьшении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 1,5 раза. Конечная температура газа равна 300 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

**8** Относительная влажность воздуха уменьшилась с 45 % до 15 % при неизменной температуре. Во сколько раз уменьшилась при этом концентрация водяных паров в воздухе?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

**9** Газ получил количество теплоты, равное 500 Дж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 300 Дж. Масса газа не менялась. Какую работу совершил газ в этом процессе?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

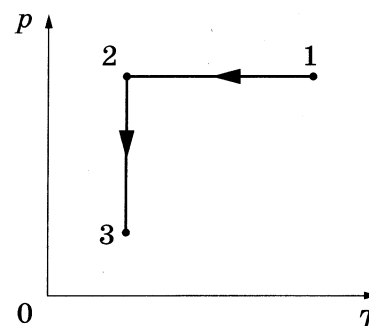
**10** В жёстком герметичном сосуде объёмом 1 м<sup>3</sup> при температуре 289 К длительное время находился влажный воздух и 10 г воды. Сосуд медленно нагрели до температуры 298 К. Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, выберите все верные утверждения о результатах этого опыта.

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

- 1) При температуре 23 °С влажность воздуха в сосуде была равна 48,5 %.
- 2) В течение всего опыта в сосуде находилась вода в жидком состоянии.
- 3) Так как объём сосуда не изменялся, давление влажного воздуха увеличивалось пропорционально его температуре.
- 4) В начальном состоянии при температуре 289 К пар в сосуде был насыщенный.
- 5) Парциальное давление сухого воздуха в сосуде не изменялось.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**11** 1 моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2–3, график которого изображён на рисунке в координатах  $p$ – $T$ , где  $p$  — давление газа,  $T$  — его абсолютная температура. Как изменяются объём газа  $V$  в ходе процесса 1–2 и концентрация его молекул  $n$  в ходе процесса 2–3? Масса газа остаётся постоянной.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

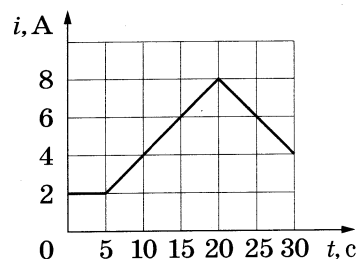
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Объём газа в ходе процесса 1–2	Концентрация молекул газа в ходе процесса 2–3

12

На графике показана зависимость силы тока в проводнике от времени. Определите заряд, прошедший через поперечное сечение проводника в промежутке времени от 0 до 30 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

13

Две частицы с одинаковыми массами и зарядами  $q_1 = 2q$  и  $q_2 = 3q$  влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $v_1 = 6v$  и  $v_2 = 4v$  соответственно. Определите отношение модулей сил  $\frac{F_1}{F_2}$ , действующих на них со стороны магнитного поля.

Ответ: \_\_\_\_\_.

14

Первый конденсатор ёмкостью  $3C$  подключён к источнику тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ , а второй, ёмкостью  $C$ , подключён к источнику тока с ЭДС  $3\mathcal{E}$ . Определите отношение энергии электрического поля второго конденсатора к энергии электрического поля первого:  $\frac{W_2}{W_1}$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

15

По гладким параллельным горизонтальным проводящим рельсам, замкнутым на лампочку накаливания, перемещают лёгкий тонкий проводник. Образовавшийся контур  $KLMN$  находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией  $\vec{B}$  (рис. 1). При движении проводника площадь контура изменяется так, как указано на графике (рис. 2). Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

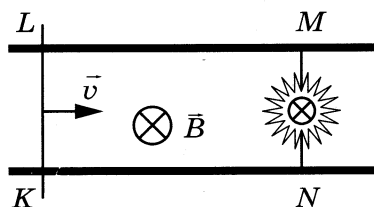


Рис. 1

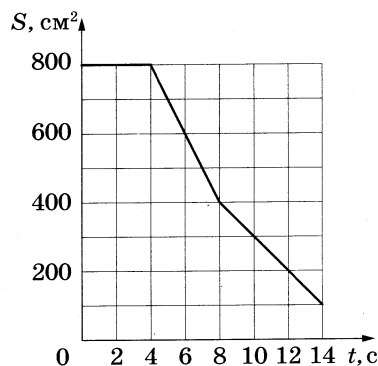


Рис. 2

- 1) В течение первых 4 с индукционного тока в контуре нет.
- 2) В интервале времени от 4 до 8 с лампочка горит наиболее ярко.
- 3) В момент времени  $t = 10$  с сила Ампера, действующая на проводник, направлена влево.
- 4) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 8 до 14 с.
- 5) Индукционный ток в интервале времени от 6 до 12 с течёт в контуре против часовой стрелки.

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Неразветвлённая электрическая цепь состоит из аккумулятора с постоянными ЭДС и внутренним сопротивлением и внешнего резистора. Как изменятся сила тока в цепи и напряжение на выводах аккумулятора, если в цепь последовательно включить ещё один такой же резистор?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

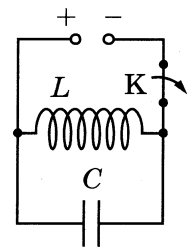
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока в цепи	Напряжение на выводах аккумулятора

17

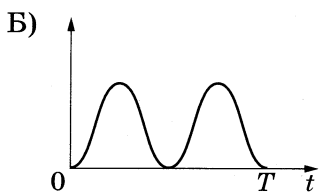
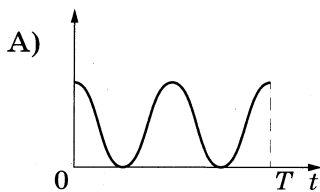
Катушка индуктивности идеального колебательного контура длительное время подключена к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель  $K$  размыкают. Графики А и Б отражают изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после этого ( $T$  — период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут отражать.

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) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) сила тока в катушке

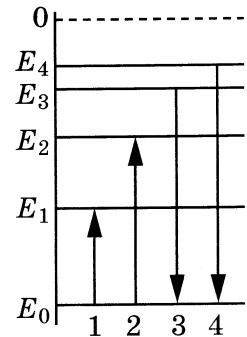
Ответ:

А	Б

- 18 Период полураспада одного из изотопов йода составляет 81 мин. Первоначально в образце содержалось 0,2 моль этого изотопа. Сколько моль данного изотопа останется в образце через 162 мин?

Ответ: \_\_\_\_\_ моль.

- 19 На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с излучением кванта света наименьшей длины волны и поглощением кванта света с наибольшей энергией?



Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками.

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

#### ПРОЦЕССЫ

- А) излучение кванта света наименьшей длины волны  
 Б) поглощение кванта света с наибольшей энергией

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ:

А	Б

- 20 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

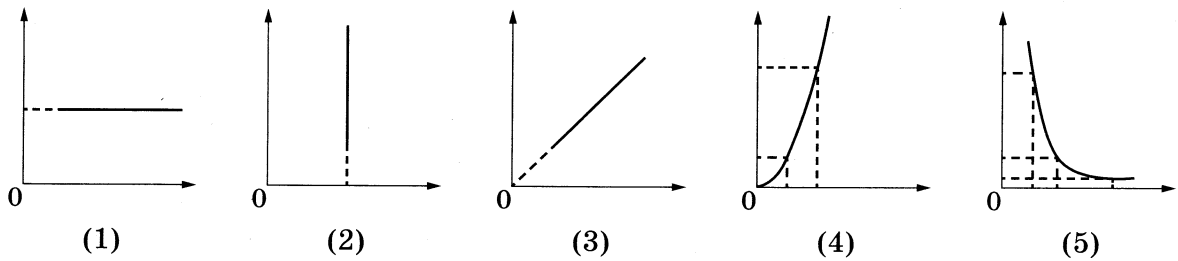
- 1) При увеличении длины нити математического маятника период его колебаний увеличивается.
- 2) Явление диффузии в твёрдых телах невозможно.
- 3) Сила Лоренца отклоняет положительно и отрицательно заряженные частицы, влетающие параллельно к линиям индукции однородного магнитного поля, в противоположные стороны.
- 4) Дифракцию рентгеновских лучей можно наблюдать на кристаллической решётке твёрдых тел.
- 5) В процессе фотоэффекта с поверхности вещества под действием падающего света вылетают протоны.

Ответ: \_\_\_\_\_.

21 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости равномерно движущегося тела от времени движения;
- Б) зависимость модуля сил взаимодействия двух точечных зарядов  $q$  от расстояния между зарядами;
- В) зависимость энергии фотона от частоты.

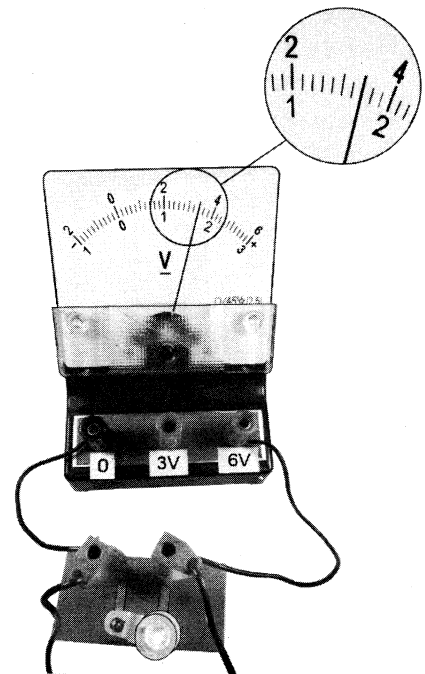
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

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



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) В.

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



23

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от абсолютной температуры. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены равными массами различных газов при различной температуре (см. таблицу). Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Газ в сосуде
1	5	290	аргон
2	3	290	гелий
3	3	290	аргон
4	3	320	аргон
5	5	320	гелий

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:



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

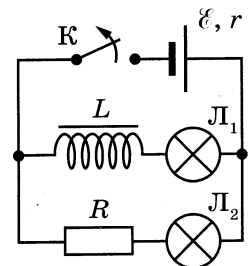
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

24

Резистор  $R$  и катушка индуктивности  $L$  с железным сердечником подключены к источнику постоянного тока, как показано на схеме. Первоначально ключ  $K$  замкнут, а через лампочки проходят соответственно токи  $I_1 = 0,2$  А и  $I_2 = 1,5$  А. Что произойдёт с величиной и направлением тока через резистор после размыкания ключа  $K$ ? Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

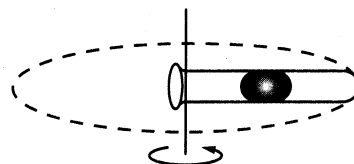


*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

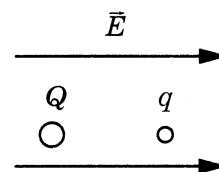
25 Плоская льдина массой  $m = 270$  кг плавает в воде, выступая над её поверхностью на  $h = 0,04$  м. Определите площадь льдины. Плотность льда равна  $900$  кг/м<sup>3</sup>.

26 Импульс лазерного излучения длится  $3$  мс, в течение которых излучается  $10^{19}$  фотонов. Длина волны излучения лазера равна  $600$  нм. Определите среднюю мощность импульса лазера.

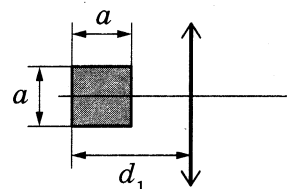
27 В открытой пробирке, вращающейся в горизонтальной плоскости с угловой скоростью  $10$  с<sup>-1</sup> вокруг вертикальной оси, проходящей через край пробирки, находится столбик ртути длиной  $h = 2$  см, центр которого отстоит от оси вращения на расстояние  $r = 30$  см. До какой угловой скорости надо раскрутить пробирку, чтобы при увеличении абсолютной температуры в  $1,5$  раза столбик ртути не сместился? Внешнее атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па.



28 В однородном электрическом поле с напряжённостью  $E = 18$  В/м находятся два точечных заряда:  $Q = -1$  нКл и  $q = +5$  нКл с массами  $M = 5$  г и  $m = 10$  г соответственно (см. рисунок). На каком расстоянии  $d$  друг от друга находятся заряды, если их ускорения совпадают по величине и направлению? Сделайте рисунок с указанием всех сил, действующих на заряды. Силой тяжести пренебречь.

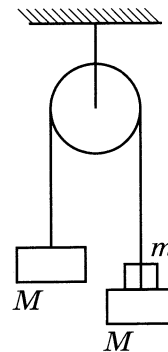


29 Квадрат со стороной  $a = 10$  см расположен в плоскости главной оптической оси тонкой собирающей линзы с оптической силой  $D = 4$  дптр так, что две его стороны параллельны плоскости линзы (см. рисунок). Расстояние от дальней стороны квадрата до плоскости линзы  $d_1 = 40$  см. Во сколько раз площадь изображения квадрата в линзе превышает площадь самого квадрата? Сделайте рисунок, на котором постройте изображение квадрата в линзе, указав ход всех необходимых для построения лучей.



30

Два одинаковых бруска массой  $M = 500$  г связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой  $m = 100$  г, и система приходит в движение. С какой силой  $F$  груз будет давить на брусок? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



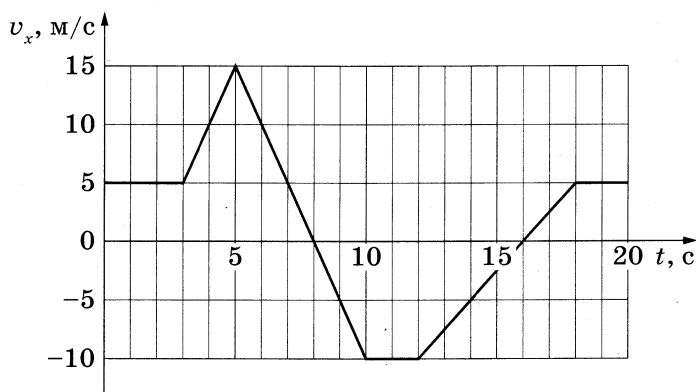
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 5

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ напишите 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 прямолинейно вдоль 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.

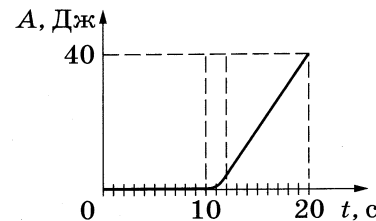
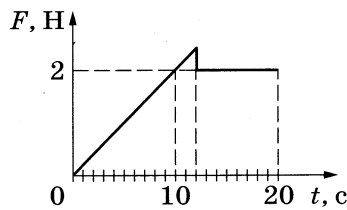
- 2 Стальные санки массой 15 кг скользят по горизонтальной дороге. Определите силу трения, действующую на санки, если коэффициент трения скольжения стали по льду равен 0,04.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Деревянный кубик имеет ребро длиной 2 см. Определите архимедову силу, действующую на кубик при его полном погружении в воду.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 4 На шероховатой горизонтальной поверхности лежит брусок массой 1 кг. На него начинает действовать сила  $\vec{F}$ , направленная вдоль поверхности и зависящая от времени так, как показано на графике слева. Зависимость работы этой силы от времени представлена на графике справа.



Выберите все верные утверждения на основании анализа представленных зависимостей.

- 1) В интервале времени между 0 и 10 с работа силы трения отрицательна.
- 2) Коэффициент трения скольжения равен 0,2.
- 3) В интервале времени между 12 и 20 с перемещение бруска равно 12 м.
- 4) В интервале времени между 12 и 20 с брусок двигался с постоянной скоростью.
- 5) Первые 10 с брусок двигался с постоянным ускорением.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 5 Искусственный спутник Земли переходит с одной круговой орбиты на другую, на новой орбите скорость его движения больше, чем на прежней. Как изменяются при этом центростремительное ускорение, с которым спутник движется по орбите, и его период обращения вокруг Земли?

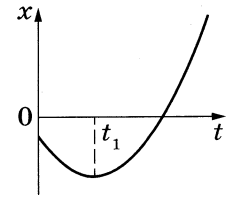
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Центростремительное ускорение	Период обращения спутника вокруг Земли

6 На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .



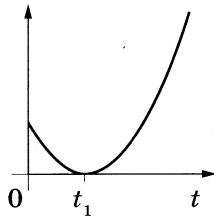
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

**ГРАФИКИ**

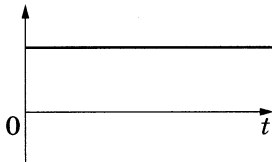
**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

А)



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

Б)



Ответ:

А	Б

7 При уменьшении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа уменьшилась в 2 раза. Конечная температура газа равна 250 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

8 Какое количество теплоты поглощается в процессе кипения и обращения в пар 0,5 кг воды, происходящем при 100 °С и атмосферном давлении 10<sup>5</sup> Па?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

9 У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя равна 227 °С, а температура холодильника равна 27 °С. Определите КПД теплового двигателя.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

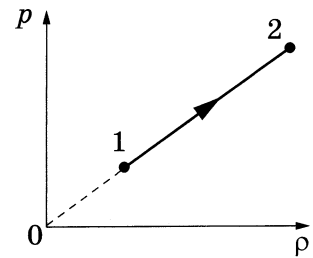


10

При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление  $p$  газа пропорционально его плотности  $\rho$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

- 1) Абсолютная температура газа остаётся неизменной.
- 2) Концентрация молекул газа уменьшается.
- 3) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа увеличивается.
- 4) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа уменьшается.
- 5) Происходит изотермическое сжатие газа.



Ответ: \_\_\_\_\_.

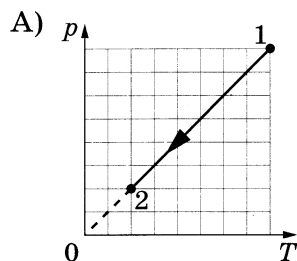
11

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль одноатомного идеального газа, и физическими величинами ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа), которые их характеризуют.

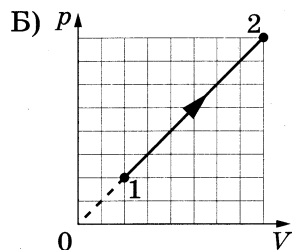
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ ПРОЦЕССОВ

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 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

12

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга? Заряд каждого шарика  $8 \cdot 10^{-8}$  Кл.

Ответ: \_\_\_\_\_ мкН.

13

В катушке индуктивности сила тока в течение 0,2 с равномерно возрастает от 0 до 10 А. При этом в катушке наблюдается ЭДС самоиндукции, модуль которой равен 0,3 В. Определите индуктивность катушки.

Ответ: \_\_\_\_\_ мГн.

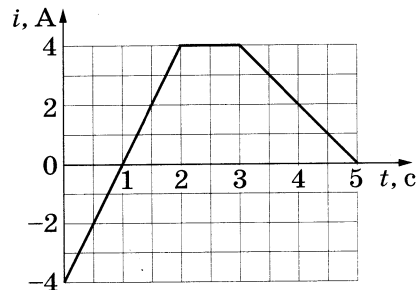
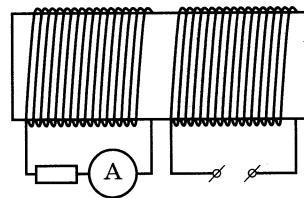
14

Конденсатор, заряженный до разности потенциалов  $U$ , в первый раз подключили к катушке с индуктивностью  $L_1 = L$ , а во второй — к катушке с индуктивностью  $L_2 = 4L$ . В обоих случаях в получившемся идеальном колебательном контуре возникли свободные электромагнитные колебания. Каково отношение значений максимальной энергии магнитного поля катушки индуктивности  $\frac{W_2}{W_1}$  в этих двух случаях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

15

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику.



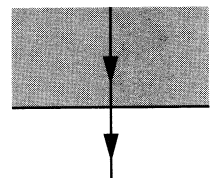
На основании этого графика выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.

- 1) В промежутке 0–1 с модуль индукции магнитного поля в сердечнике отличен от нуля.
- 2) В промежутке 3–5 с сила тока в левой катушке постоянна.
- 3) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке увеличивается.
- 4) Модули силы тока в левой катушке в промежутках 1–2 с и 3–5 с одинаковы.
- 5) В промежутках 0–1 с и 1–2 с направления тока в левой катушке одинаковы.

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

Луч света выходит из стекла в воздух (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с частотой световой волны и скоростью её распространения?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Частота волны	Скорость волны

17

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) радиус окружности, по которой движется частица

Б) частота обращения частицы по окружности

**ФОРМУЛЫ**

1)  $\frac{2\pi m}{qB}$

2)  $\frac{mv}{qB}$

3)  $\frac{2\pi B}{v}$

4)  $\frac{qB}{2\pi m}$

Ответ:

А	Б

18

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

Ответ: \_\_\_\_\_ лет (года).

19

Ядро испытывает  $\alpha$ -распад. Как при этом изменяются заряд 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.

Заряд ядра	Число нейтронов в ядре

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Скорость материальной точки — векторная величина, характеризующая быстроту изменения положения тела.
- 2) Броуновским движением называется хаотическое движение видимых частиц, взвешенных в жидкости или газе.
- 3) Разноимённые полюса постоянных магнитов отталкиваются друг от друга.
- 4) Силой Лоренца называют силу, с которой однородное электрическое поле действует на постоянные магниты.
- 5) В нейтральном атоме число протонов в ядре равно числу электронов в электронной оболочке атома.

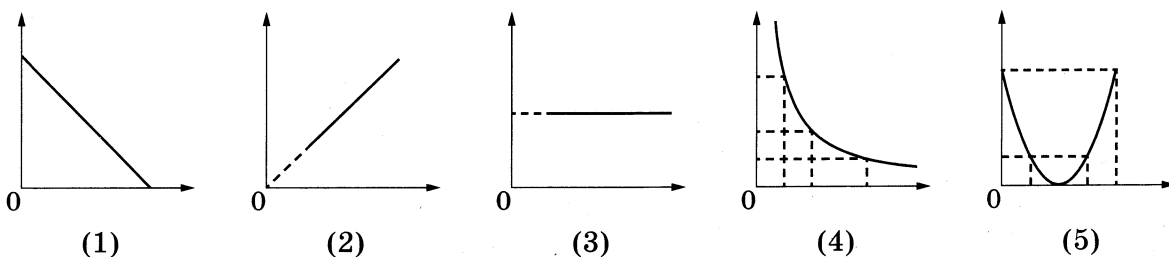
Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости свободно падающего тела от времени при начальной скорости тела, равной нулю
- Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изобарном процессе
- В) зависимость энергии фотона от длины волны

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

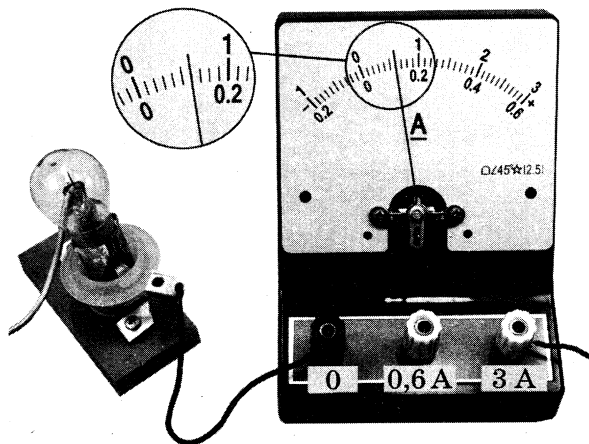


Ответ:

А	Б	В

22

Определите силу тока в лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения силы тока равна половине цены деления амперметра.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) А.

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

23

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в закрытом сосуде, от массы газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температуре и объёме (см. таблицу).

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

№ сосуда	Объём, см <sup>3</sup>	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	150	50	10
2	200	50	15
3	150	20	15
4	200	30	20
5	200	50	10

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:



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

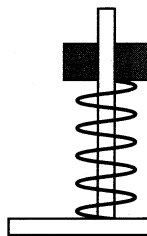
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

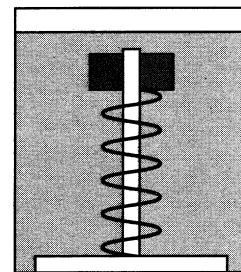
*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

24

Два деревянных кольца детских пирамидок № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями этих пирамидок двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с водой, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Как изменится по сравнению с этим случаем (увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и № 2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



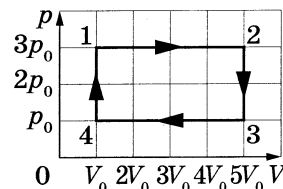
Пирамидка № 1



Пирамидка № 2

*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.*

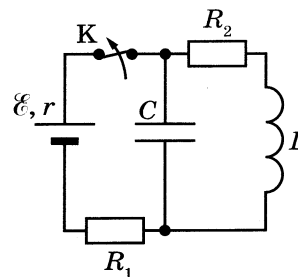
- 25** На рисунке изображён циклический процесс, проведённый с неизвестным газом. При расширении на участке 1–2 газ совершает работу 1,2 кДж. За цикл газ получает от нагревателя количество теплоты, равное 3,3 кДж. Масса газа постоянна. Определите КПД цикла.



- 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?

- 27** В теплоизолированный сосуд, в котором находится 1 кг льда при температуре  $-20^\circ\text{C}$ , налили 0,5 кг воды при температуре  $5^\circ\text{C}$ . Определите массу воды в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

- 28** На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 24$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом, двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 8$  Ом и  $R_2 = 3$  Ом, конденсатора ёмкостью  $C = 2$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L = 12$  мкГн. В начальном состоянии ключ длительное время замкнут. Какое количество теплоты выделится на резисторе  $R_2$  после размыкания ключа К? Активным сопротивлением катушки пренебречь.



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

- 30** На горизонтальной поверхности неподвижно закреплена абсолютно гладкая полусфера радиусом  $R = 2,5$  м. С её верхней точки из состояния покоя соскальзывает маленькое тело. В некоторой точке тело отрывается от сферы и летит свободно. Найдите скорость тела в момент отрыва от сферы. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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



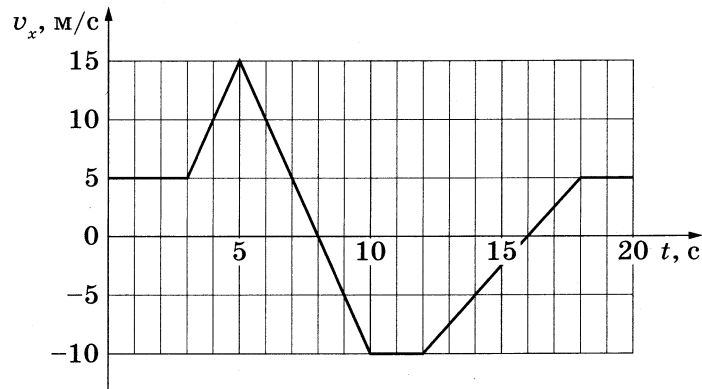
## ВАРИАНТ 6

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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 прямолинейно вдоль 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 18 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

2

Сила трения, действующая на скользящие по горизонтальной дороге стальные санки массой 8 кг, равна 16 Н. Каков коэффициент трения скольжения стали по льду?

Ответ: \_\_\_\_\_.

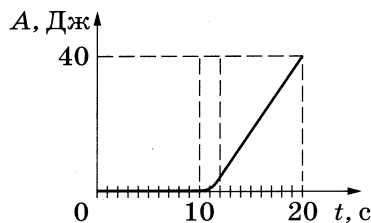
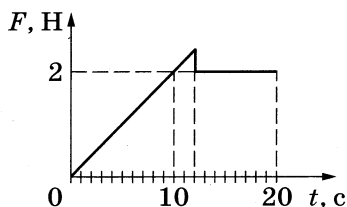
3

Медный кубик имеет ребро длиной 1 см. Определите архимедову силу, действующую на кубик при его полном погружении в воду.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

4

На шероховатой горизонтальной поверхности лежит брусок массой 1 кг. На него начинает действовать сила  $\vec{F}$ , направленная вдоль поверхности и зависящая от времени так, как показано на графике слева. Зависимость работы этой силы от времени представлена на графике справа.



Выберите все верные утверждения на основании анализа представленных зависимостей.

- 1) В интервале времени между 0 и 10 с работа силы трения отрицательна.
- 2) Коэффициент трения скольжения равен 0,4.
- 3) В интервале времени между 12 и 20 с перемещение бруска меньше 20 м.
- 4) В интервале времени между 12 и 20 с брусок двигался равноускоренно.
- 5) Первые 10 с брусок покоился.

Ответ: \_\_\_\_\_.

5

Искусственный спутник Земли переходит с одной круговой орбиты на другую, на новой орбите скорость его движения меньше, чем на прежней. Как изменяется при этом центростремительное ускорение, с которым спутник движется по орбите, и его период обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

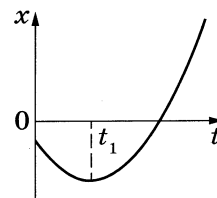
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Центростремительное ускорение	Период обращения спутника вокруг Земли

6

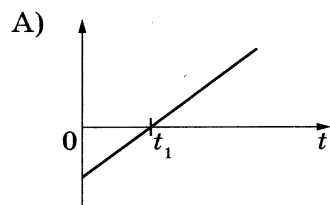
На рисунке показан график зависимости координаты  $x$  тела, движущегося вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$  (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .



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

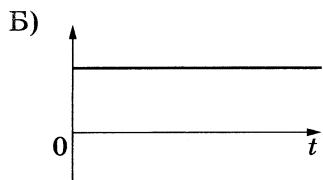
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

## ГРАФИКИ



## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия тела
- 2) модуль равнодействующей сил, действующих на тело
- 3) проекция скорости тела на ось  $Ox$
- 4) модуль импульса тела



Ответ:

А	Б

7

При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия хаотического теплового движения молекул разреженного одноатомного газа увеличилась в 3 раза. Конечная температура газа равна 450 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

8

Какое количество теплоты поглощается в процессе кипения и обращения в пар 2 кг воды, происходящем при 100 °С и атмосферном давлении  $10^5$  Па?

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

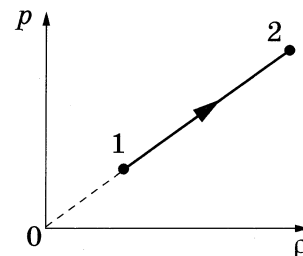
9

У идеального теплового двигателя Карно температура нагревателя равна 327 °С, а температура холодильника равна 27 °С. Определите КПД теплового двигателя.

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

10

При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление  $p$  газа пропорционально его плотности  $\rho$  (см. рисунок). Масса газа в процессе остаётся постоянной.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процесс 1–2.

- 1) Абсолютная температура газа увеличивается.
- 2) Концентрация молекул газа увеличивается.
- 3) Среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа остаётся неизменной.
- 4) Средняя кинетическая энергия теплового движения молекул газа уменьшается.
- 5) Происходит изотермическое расширение газа.

Ответ: \_\_\_\_\_.

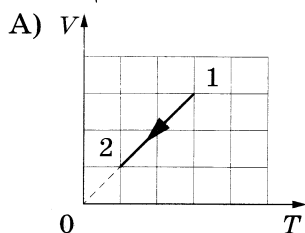
11

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль одноатомного идеального газа, и физическими величинами ( $\Delta U$  — изменение внутренней энергии;  $A$  — работа газа), которые их характеризуют.

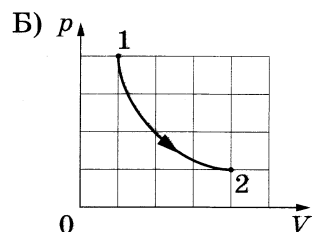
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ ПРОЦЕССОВ**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**



- 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

12

Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равны по модулю 90 мН. Каким станет модуль этих сил, если расстояние между телами увеличить в 3 раза?

Ответ: \_\_\_\_\_ мН.

13

В катушке индуктивностью 2 мГн сила тока в течение 0,1 с равномерно возрастает от 0 до некоторого конечного значения. При этом в катушке наблюдается ЭДС самоиндукции, модуль которой равен 0,4 В. Определите конечное значение силы тока в катушке.

Ответ: \_\_\_\_\_ А.

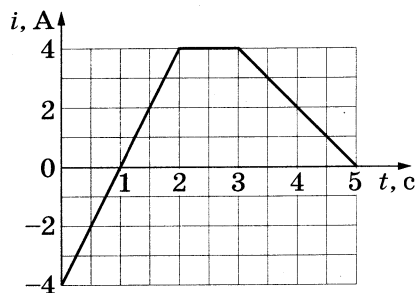
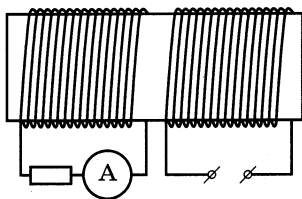
14

Конденсатор, заряженный до разности потенциалов  $U$ , в первый раз подключили к катушке с индуктивностью  $L_1 = L$ , а во второй — к катушке с индуктивностью  $L_2 = 0,25L$ . В обоих случаях в получившемся идеальном колебательном контуре возникли свободные электромагнитные колебания. Каково отношение значений максимальной энергии магнитного поля катушки индуктивности  $\frac{W_2}{W_1}$  в этих двух случаях?

Ответ: \_\_\_\_\_.

15

На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 1) В промежутке 0–2 с модуль индукции магнитного поля в сердечнике равен 0.
- 2) В промежутке 3–5 с сила тока в левой катушке равномерно уменьшается.
- 3) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке равна нулю.
- 4) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке 3–5 с.
- 5) В промежутках 0–1 с и 1–2 с направления тока в левой катушке одинаковы.

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

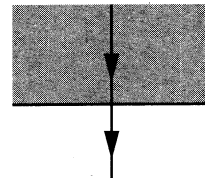
Луч света выходит из стекла в воздух (см. рисунок). Что происходит при этом переходе с длиной световой волны и скоростью её распространения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Длина волны	Скорость волны



17

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) период 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

18

Через сколько секунд из  $8 \cdot 10^{10}$  ядер радиоактивного изотопа кислорода  $^{15}_8\text{O}$ , имеющего период полураспада  $T = 122$  с, нераспавшимися останутся  $2 \cdot 10^{10}$  ядер изотопа?

Ответ: \_\_\_\_\_ с.

19

Ядро испытывает электронный  $\beta$ -распад. Как при этом изменяются заряд 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.

Заряд ядра	Число протонов в ядре



20 Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

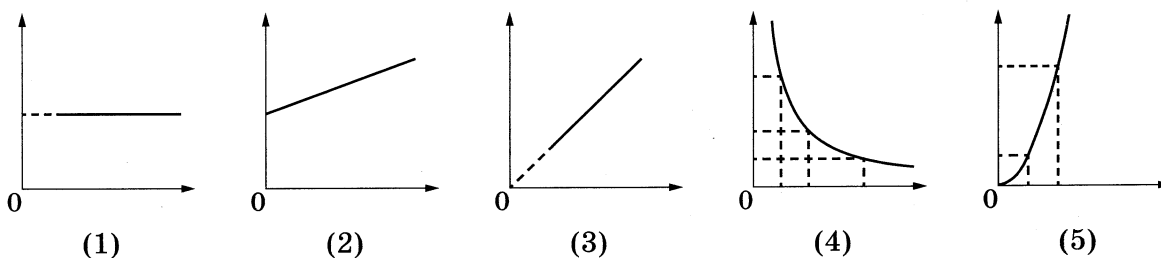
- 1) Ускорение материальной точки — векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости тела.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества показывает, какое количество теплоты необходимо сообщить 1 кг вещества в процессе его кристаллизации.
- 3) Одноимённые полюса постоянных магнитов отталкиваются друг от друга.
- 4) Электромагнитные волны ультрафиолетового диапазона имеют меньшую частоту, чем инфракрасное излучение.
- 5) Заряд ядра в единицах элементарного электрического заряда (зарядовое число ядра) равняется числу протонов в ядре.

Ответ: \_\_\_\_\_.

21 Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного свободно падающим телом, от времени при начальной скорости тела, равной нулю
- Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от его объёма в изобарном процессе
- В) зависимость энергии фотона от частоты

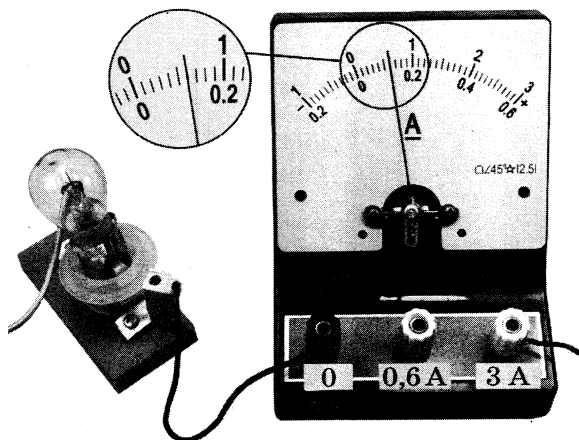
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б	В

22 Определите силу тока в лампочке (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

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температуре и давлении (см. таблицу).

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

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

Запишите в ответе номера выбранных сосудов.

Ответ:



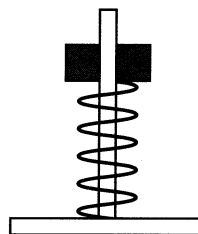
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

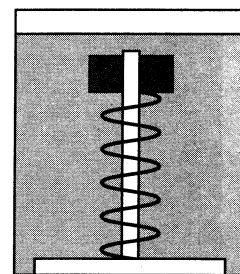
*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

24

Два медных кольца № 1 и № 2, способных без трения скользить по оси, соединили с основаниями детских пирамидок двумя одинаковыми лёгкими пружинками (см. рисунок). Пирамидку № 2 поместили в прочный сосуд с водой, прикрепив основание к его дну. Обе пирамидки покоятся относительно Земли. Как изменится по сравнению с этим случаем (увеличится, уменьшится или останется прежней) длина пружин пирамидок № 1 и № 2 во время свободного падения с балкона высокого дома? Сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Пирамидка № 1

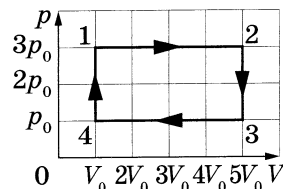


Пирамидка № 2

*Полное правильное решение каждой из задач 25–30 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.*

25

На рисунке изображён циклический процесс, проведённый с неизвестным газом. При расширении на участке 1–2 газ совершает работу 2,4 кДж. КПД цикла составляет 24 %. Какое количество теплоты получает газ от нагревателя за цикл? Масса газа постоянна.



26

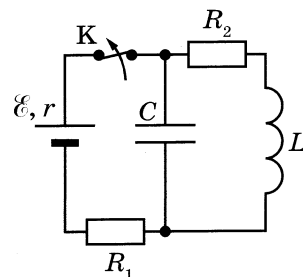
На дифракционную решётку, имеющую 500 штрихов на 1 мм, перпендикулярно её поверхности падает луч света, длина волны которого равна 550 нм. Каков максимальный порядок дифракционного максимума, доступного для наблюдения?

27

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 0,5 кг льда при температуре  $-10^\circ\text{C}$ , налили 1 кг воды при температуре  $10^\circ\text{C}$ . Определите массу воды в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

28

На рисунке показана схема электрической цепи, состоящей из источника тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 24$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом, двух резисторов с сопротивлениями  $R_1 = 8$  Ом и  $R_2 = 3$  Ом, конденсатора ёмкостью  $C = 2$  мкФ и катушки индуктивности. В начальном состоянии ключ К длительное время замкнут. После размыкания ключа на резисторе  $R_2$  выделилось количество теплоты, равное 60 мкДж. Какова индуктивность катушки? Активным сопротивлением катушки пренебречь.



29

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

30

На горизонтальной поверхности неподвижно закреплена абсолютно гладкая полусфера. С её верхней точки из состояния покоя соскальзывает маленькое тело. В некоторой точке тело отрывается от сферы и летит свободно. Найдите радиус сферы, если в момент отрыва тело имеет скорость, равную 5 м/с. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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

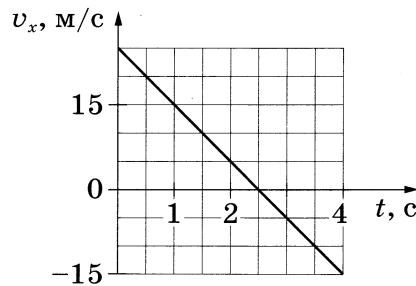
## ВАРИАНТ 7

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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

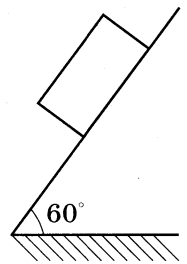
На графике приведена зависимость проекции скорости тела от времени при прямолинейном движении по оси  $x$ . Определите проекцию  $a_x$  ускорения тела.



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  $20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$ . Чему равен модуль силы?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

4

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 все верные 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: \_\_\_\_\_.

5

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

6

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 земной поверхностью
- 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)  $v \cos \alpha$

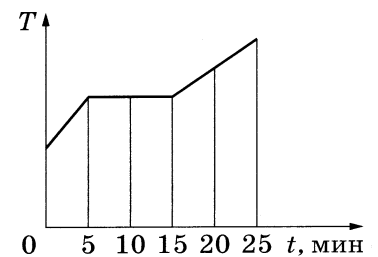
Ответ:

А	Б

**7** 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.

**8** 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.

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

Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**10** 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 все верные утверждения о параметрах состояния указанных газов.

- 1) Температура гелия выше, 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: \_\_\_\_\_.







18

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

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

19

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

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Материальной точкой можно считать тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.
- 2) Теплопередача путём теплопроводности происходит за счёт переноса вещества в струях и потоках.
- 3) В металлических проводниках электрический ток представляет собой упорядоченное движение электронов, происходящее на фоне их хаотического теплового движения.
- 4) Электромагнитные волны ультрафиолетового диапазона имеют меньшую длину волны, чем радиоволны.
- 5) Массовое число ядра равно массе всех протонов в ядре.

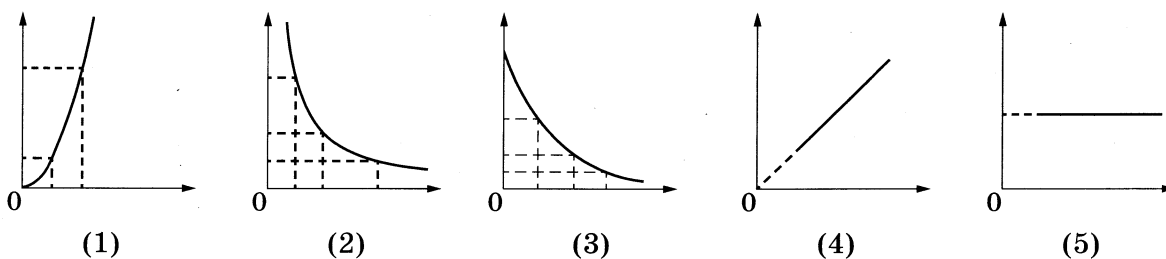
Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного равноускоренно движущимся телом, от времени движения при начальной скорости тела, равной нулю
- Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от его объёма в изотермическом процессе
- В) зависимость энергии фотона от импульса фотона

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

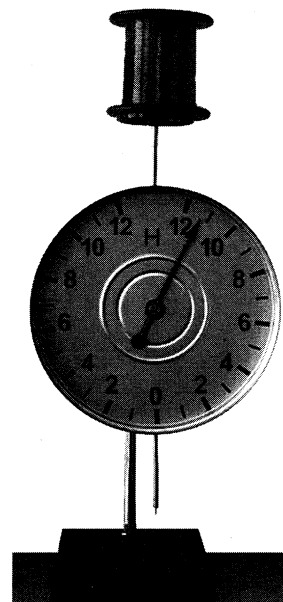


Ответ:

А	Б	В

22

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



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) 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:



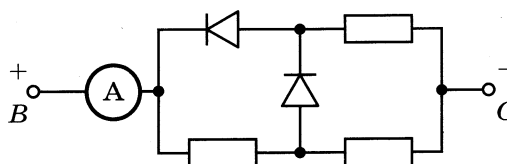
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

24

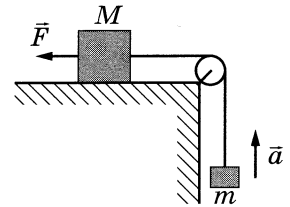
Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках  $B$  и  $C$ . Показания амперметра равны  $2\text{ А}$ . Определите показания амперметра при смене полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные 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 25–30 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.

25

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.



26

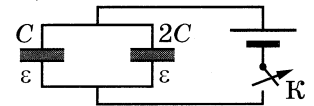
Плоская монохроматическая световая волна с частотой  $4,5 \cdot 10^{14}$  Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием  $36$  см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядков равно  $30$  мм. Сколько штрихов на  $1$  мм содержит эта дифракционная решётка? Считать для малых углов ( $\varphi \ll 1$  в радианах)  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$ .

27

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

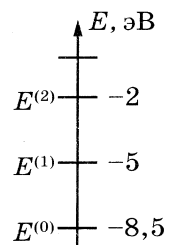
28

Два плоских конденсатора ёмкостью  $C$  и  $2C$  соединены параллельно и 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?



29

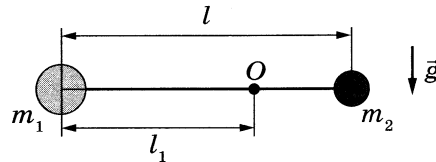
Схема нижних энергетических уровней атомов некоторого элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон, обладая начальным импульсом  $p_0 = 6,5 \cdot 10^{-25}$  кг · м/с, столкнувшись с одним из таких атомов, приобрёл некоторую дополнительную энергию.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





30

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  $l_1 = \frac{2}{3}l$ . Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



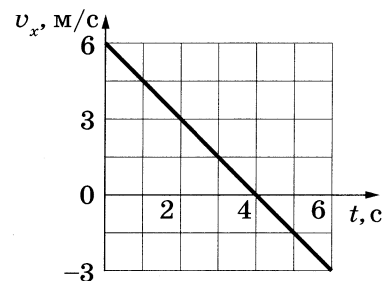
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 8

### Часть 1

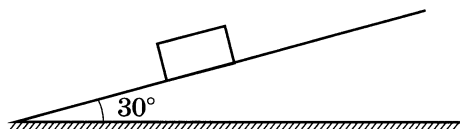
Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

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



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 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 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 все верные 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: \_\_\_\_\_.

5

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

6

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 тела  $S$
- 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)  $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$
- 4)  $v \cos \alpha$

Ответ:

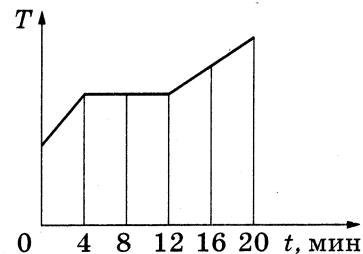
А	Б

7

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.

8 В котелок насыпали кусочки свинца массой 0,2 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.

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.

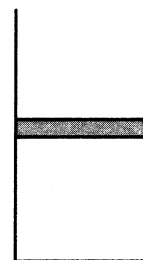
10 В двух сосудах с одинаковыми объёмами находится по 1 моль гелия и неона. В первом сосуде находится гелий при температуре 127 °С; во втором — неон при температуре 200 К.

Выберите все верные 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 гелия в 2 раза больше, чем молекул неона.
- 5) Концентрация гелия меньше, чем концентрация неона.

Ответ: \_\_\_\_\_.

11 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:

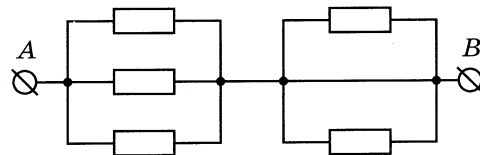
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление газа	Сила, действующая на дно сосуда со стороны газа

12

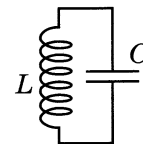
На рисунке приведена схема участка цепи  $AB$ . Сопротивление каждого резистора равно  $15 \text{ Ом}$ . Каково сопротивление всего участка цепи  $AB$ ?



Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

13

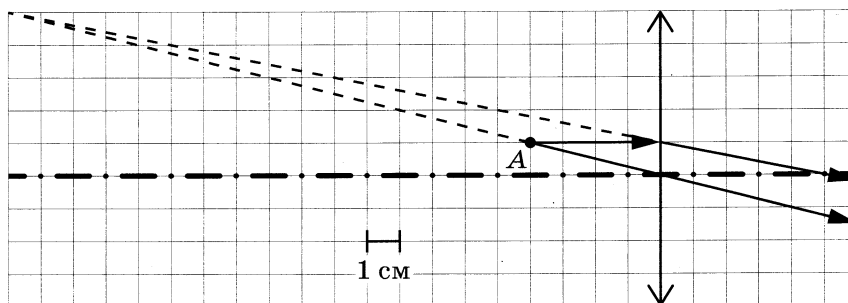
В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону  $U_C = U_0 \cos \omega t$ , где  $U_0 = 2,5 \text{ В}$ ,  $\omega = 200\pi \text{ с}^{-1}$ . Определите период колебаний напряжения.



Ответ: \_\_\_\_\_ с.

14

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

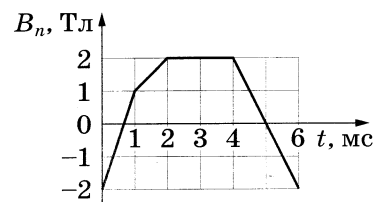


Чему равно фокусное расстояние линзы, если одна клетка на рисунке соответствует  $1 \text{ см}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.

15

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



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в рамке.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

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:

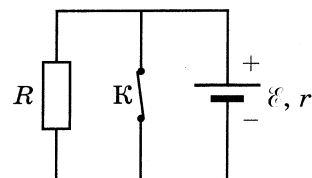
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Радиус орбиты	Кинетическая энергия частицы

17

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



18

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

Ответ: \_\_\_\_\_ %.

19

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 «красная граница» фотоэффекта  $\nu_{\text{кр}}$ , если энергия падающих фотонов  $E_{\text{ф}}$  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 $\nu_{\text{кр}}$

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Период колебаний пружинного маятника увеличивается с уменьшением жёсткости пружины маятника.
- 2) Процесс диффузии не может наблюдаться в твёрдых телах.
- 3) В цепи постоянного тока отношение напряжений на концах параллельно соединённых резисторов равно отношению их сопротивлений.
- 4) При падении луча света на плоское зеркало падающий луч, отражённый луч и перпендикуляр к зеркалу, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости, а угол падения равен углу отражения.
- 5) Ядро любого атома меди состоит из положительно заряженных протонов и не имеющих заряда нейтронов.

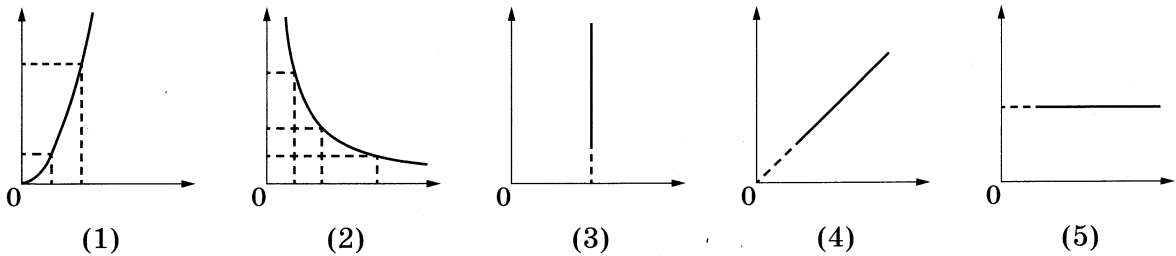
Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость скорости равноускоренно движущегося тела от времени при начальной скорости тела, равной нулю
- Б) зависимость объёма постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изотермическом процессе
- В) зависимость импульса фотона от длины волны

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

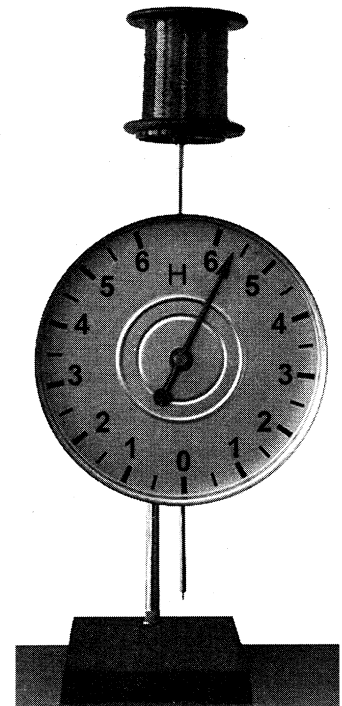


Ответ:

А	Б	В

22

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



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) 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:



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

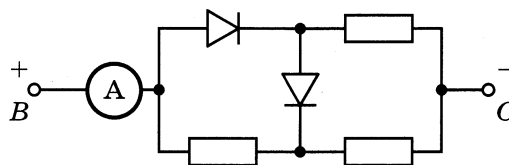
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

## Часть 2

*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

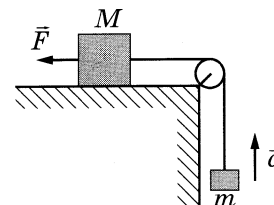
24

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  $1,5$  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 25–30 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.*

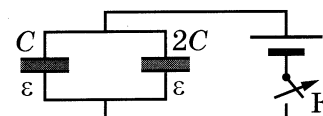
- 25** Груз массой  $M$ , лежащий на столе, связан с грузом массой  $m = 0,25$  кг лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила  $\vec{F}$ , равная по модулю  $9$  Н (см. рисунок). При этом второй груз движется с ускорением  $2$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



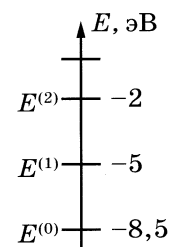
- 26** Плоская монохроматическая световая волна с частотой  $6 \cdot 10^{14}$  Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием  $360$  см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 2-го и 3-го порядков равно  $30$  мм. Найдите период решётки. Считать для малых углов ( $\varphi \ll 1$  в радианах)  $\operatorname{tg}\varphi \approx \sin\varphi \approx \varphi$ .

- 27** В сосуде под поршнем находился влажный воздух с относительной влажностью  $\varphi = 60\%$ . Объём воздуха изотермически уменьшили в  $4$  раза. Какая масса  $m$  водяных паров сконденсировалась в результате сжатия, если до сжатия в сосуде было  $m_0 = 12$  г водяных паров?

- 28** Два плоских конденсатора ёмкостью  $C$  и  $2C$  соединены параллельно и 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 правого конденсатора, если теперь из левого конденсатора диэлектрик вытечет?

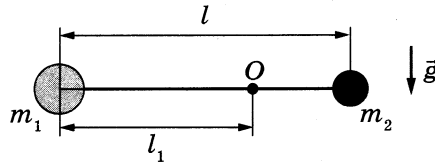


- 29** Схема нижних энергетических уровней атомов некоторого элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, приобрёл некоторую дополнительную энергию. Импульс электрона после столкновения  $p = 1,4 \cdot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



30

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  $l_1 = \frac{2}{3}l$ . Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



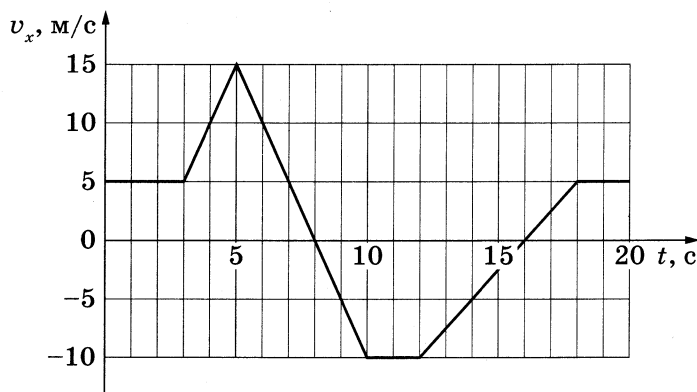
*Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.*

## ВАРИАНТ 9

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. 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 Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции  $v_x$  скорости тела от времени  $t$ .



Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 7 до 10 с.

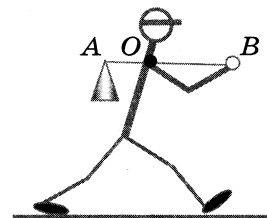
Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Расстояние от спутника до центра Земли равно трём радиусам Земли. Во сколько раз уменьшится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным шести радиусам Земли?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 3 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 величиной 15 Н.  $OB = 80$  см. Чему равна длина всей палки  $AB$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ см.





- 4 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 все верные утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 2,0 с минимальна.
- 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: \_\_\_\_\_.

- 5 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:

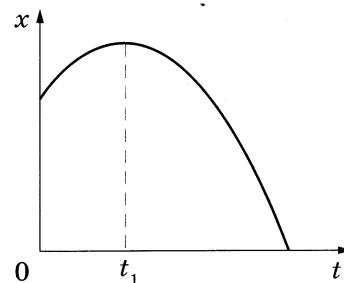
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тяжести, действующая на кубик	Глубина погружения кубика в жидкость

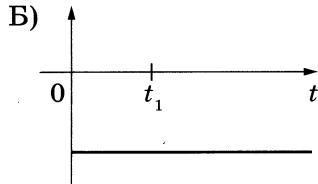
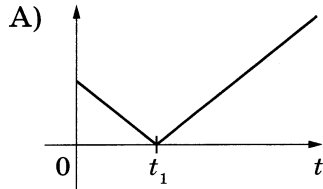
- 6 На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты  $x$  тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .

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**



Ответ:

А	Б

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

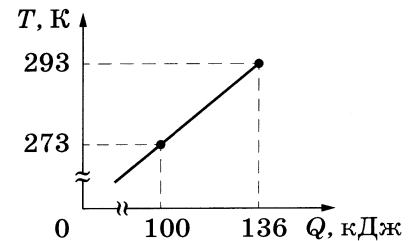
- 1) модуль скорости тела
- 2) проекция импульса тела на ось  $x$
- 3) проекция ускорения тела на ось  $x$
- 4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело

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

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

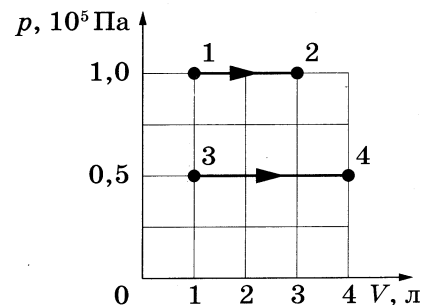
**8** На рисунке показана зависимость температуры металлической детали массой 3,6 кг от переданного ей количества теплоты. Чему равна удельная теплоёмкость металла?

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж/(кг · К).



**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

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 все верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе.

- 1) Концентрация гелия в правой части сосуда в 2 раза больше, чем неона.
- 2) Отношение давления газа в левой части сосуда к давлению газов 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: \_\_\_\_\_.

11

Температуру холодильника тепловой машины Карно повышают, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменяется. Как изменяются при этом КПД тепловой машины и работа газа за цикл?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

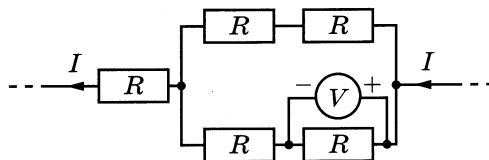
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

12

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?



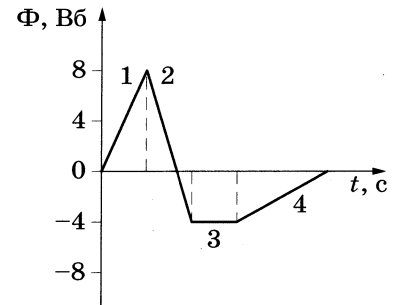
Ответ: \_\_\_\_\_ В.

13

Во сколько раз надо уменьшить индуктивность катушки, чтобы при неизменном значении силы тока в ней энергия магнитного поля катушки уменьшилась в 4 раза?

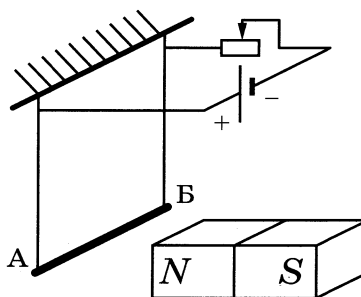
Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

14 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: участок \_\_\_\_\_.

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



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

16 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:

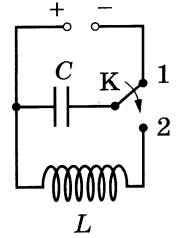
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

17

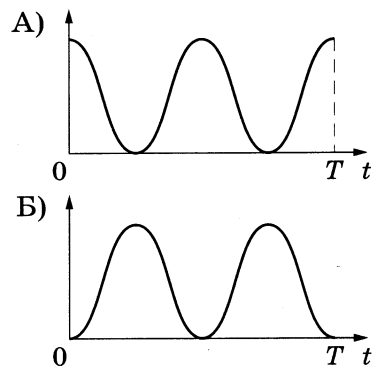
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель  $K$  переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени  $t$  физических величин, характеризующих возникшие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

18

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: \_\_\_\_\_ %.

19

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

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Силы, с которыми тела действуют друг на друга, лежат на одной прямой, направлены в противоположные стороны, равны по модулю, имеют одну природу.
- 2) В процессе кристаллизации постоянной массы вещества его внутренняя энергия уменьшается.
- 3) Сила взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов в вакууме прямо пропорциональна квадрату расстояния между ними.
- 4) Магнитное поле вокруг проводника с током возникает только в момент изменения силы тока в проводнике.
- 5) Явление дифракции не может наблюдаться для гамма-излучения.

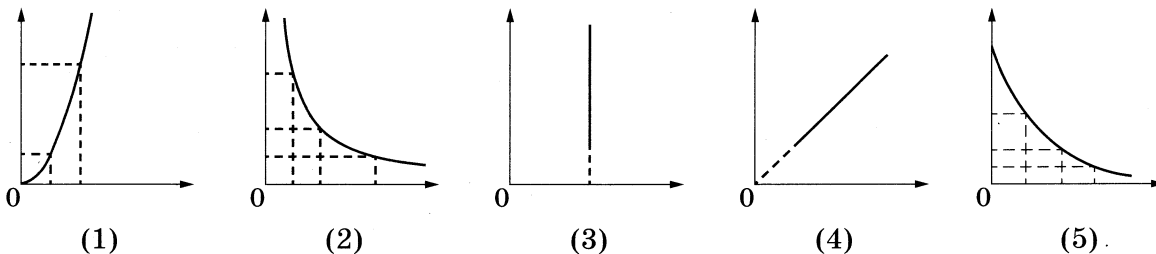
Ответ: \_\_\_\_\_.

21

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного телом при равномерном движении, от времени
- Б) зависимость энергии магнитного поля катушки индуктивностью  $L$  от силы тока в катушке
- В) зависимость импульса фотона от длины волны

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б	В

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:



*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

*Для записи ответов на задания 24–30 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

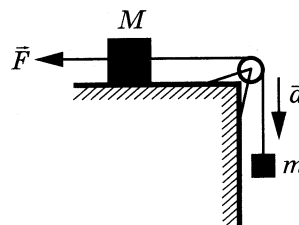
24

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 25–30 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.*

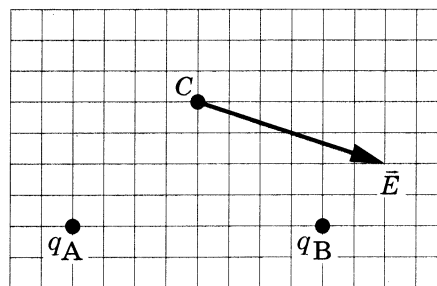
25

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  $2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен  $0,2$ . Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ ?



26

На рисунке изображён вектор напряжённости  $\vec{E}$  электрического поля в точке  $C$ , 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.

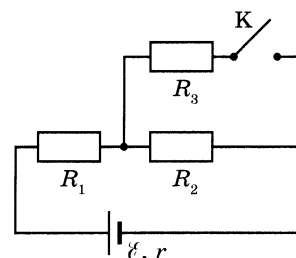


27

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.

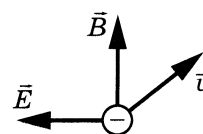
28

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



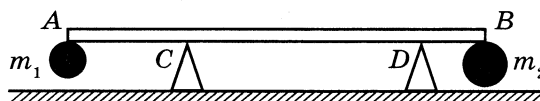
29

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  $365$  В/м. При каких значениях индукции магнитного поля самые быстрые электроны в момент попадания в область полей отклонялись бы к востоку?



30

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». Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



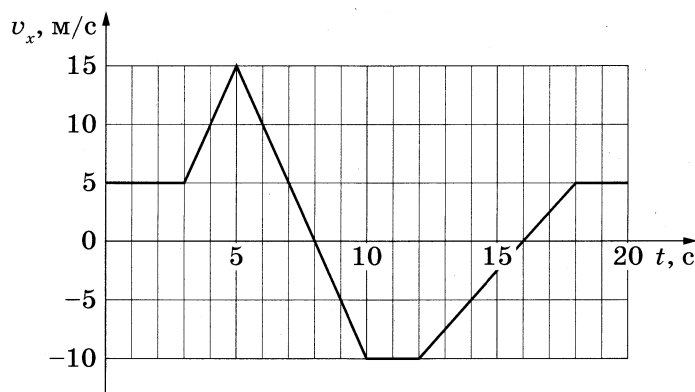
**Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.**

## ВАРИАНТ 10

### Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются число или последовательность цифр. 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 Тело движется вдоль оси  $Ox$ . На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела от времени  $t$ .



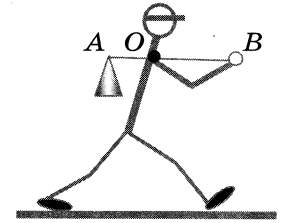
Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 14 до 20 с.

Ответ: \_\_\_\_\_ м.

- 2 Расстояние от спутника до центра Земли равно четырём радиусам Земли. Во сколько раз увеличится сила притяжения спутника к Земле, если расстояние от него до центра Земли станет равным двум радиусам Земли?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

3 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 величиной 20 Н. Чему равно  $OB$ , если длина всей палки  $AB = 1,2$  м?



Ответ: \_\_\_\_\_ см.

4 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 все верные утверждения относительно этих колебаний.

- 1) Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,0 с максимальна.
- 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 процессе колебаний остаётся неизменной.

Ответ: \_\_\_\_\_.

5 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:

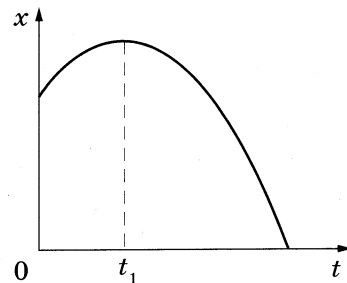
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила Архимеда, действующая на кубик	Глубина погружения кубика в жидкость

6

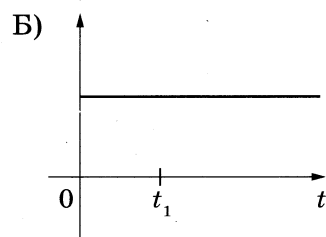
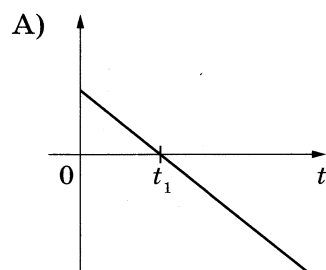
На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты  $x$  тела, движущегося равноускоренно вдоль оси  $Ox$ , от времени  $t$ . Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени  $t$ .



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

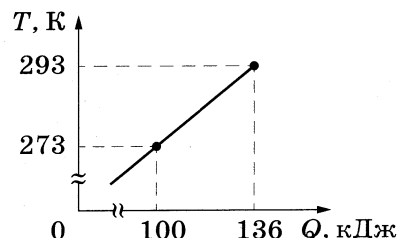
7

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).

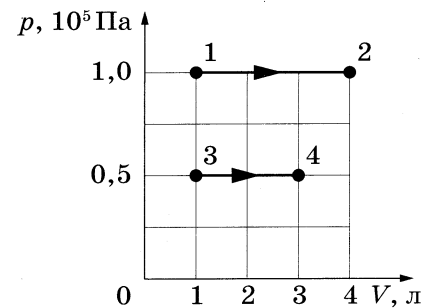
8

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



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**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** 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 все верные утверждения, описывающие 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: \_\_\_\_\_.

**11** Температуру холодильника тепловой машины Карно понижают, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменяется. Как изменяются при этом КПД тепловой машины и количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику?

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

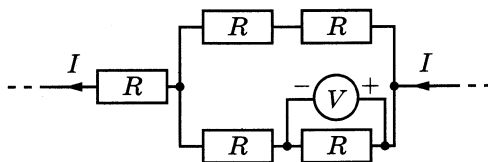
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное холодильнику



12

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.

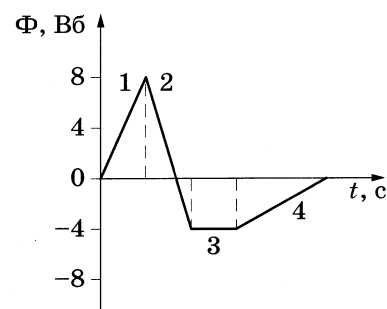
13

Во сколько раз надо увеличить силу тока через катушку индуктивности, чтобы энергия магнитного поля катушки увеличилась в 9 раз?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

14

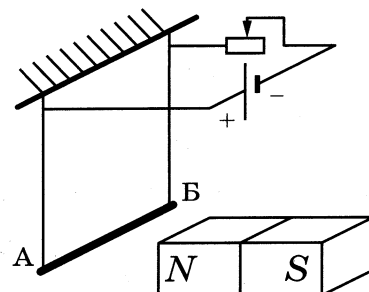
На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, от времени. Какой из участков графика (1, 2, 3 или 4) соответствует минимальной по модулю ЭДС индукции в контуре, не равной нулю?



Ответ: участок \_\_\_\_\_.

15

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



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно наблюдаемых явлений.

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

Ответ: \_\_\_\_\_.

16

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

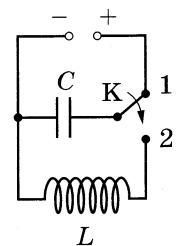
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний излучаемых волн	Длина волны излучения

17

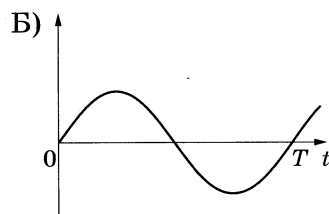
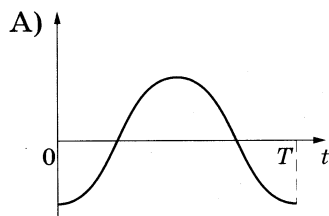
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени  $t$  физических величин, характеризующих возникшие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

18

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: \_\_\_\_\_ %.

19

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 фотона

## ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

20

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

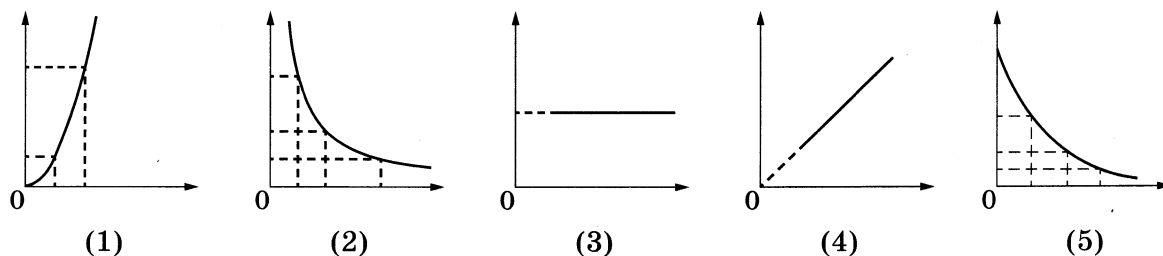
- Силы, с которыми тела действуют друг на друга, равны по модулю и направлены по одной прямой в одну и ту же сторону и имеют разную природу.
- Скорость испарения жидкости при прочих равных условиях зависит от площади её свободной поверхности.
- При взаимодействии заряженных тел в электрически изолированной системе алгебраическая сумма электрических зарядов тел всегда остаётся неизменной.
- Если замкнутый проводящий контур покоится в однородном магнитном поле, то в нём возникает индукционный ток.
- Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и резистора с большим сопротивлением.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**21** Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость скорости тела, движущегося равномерно, от времени движения
- Б) зависимость модуля напряжённости поля точечного электрического заряда  $q$  от величины заряда
- В) зависимость числа нераспавшихся ядер радиоактивного элемента от времени

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



Ответ:

А	Б	В

**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:



**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

Для записи ответов на задания 24–30 используйте **БЛАНК ОТВЕТОВ № 2**. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

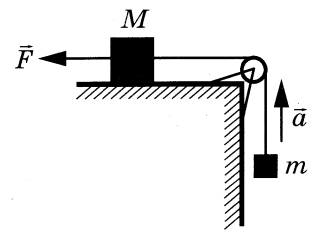
24

После применения водопоглотителя 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 25–30 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.

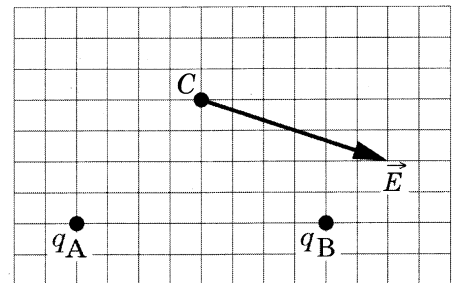
25

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  $2$  м/с<sup>2</sup>, направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен  $0,2$ . Чему равен модуль силы  $\vec{F}$ ?



26

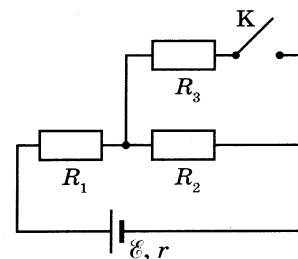
На рисунке изображён вектор напряжённости  $\vec{E}$  электрического поля в точке  $C$ , которое создано двумя точечными зарядами:  $q_A$  и  $q_B$ . Каков заряд  $q_A$ , если заряд  $q_B$  равен  $-5$  нКл? Ответ укажите со знаком.



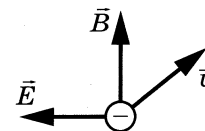
27

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.

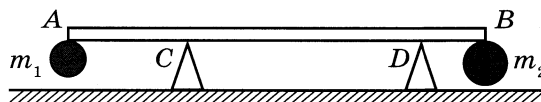
- 28 Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на резисторе  $R_1$ , при замыкании ключа  $K$  (см. рисунок), если  $R_1 = R_2 = R_3 = r = 1$  Ом?



- 29 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?



- 30 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». Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



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



# ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

## Ответы к заданиям части 1

За правильный ответ на каждое из заданий 1–3, 7, 9–12, 18, 22 и 23 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или две цифры.

Каждое из заданий 5, 6, 11, 16, 17 и 19 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если в ответе указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, — 0 баллов.

Задание 21 оценивается в 2 балла, если верно указаны все три элемента верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если два элемента указаны неверно. Если в ответе указано более трёх элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, — 0 баллов.

Каждое из заданий 4, 10, 15 и 20 оценивается в 2 балла, если верно указаны все элементы верного ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка или дополнительно ко всем верным элементам указан один неверный; в 0 баллов — во всех остальных случаях.

№ вар. № зад.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	100	-0,5	3	4	32,5	25	-10	-1,5	12,5	20
2	90	1	3	6	6	0,2	2,5	2	4	4
3	12,5	50	0,125	0,05	0,08	0,01	5	2,5	110	80
4	235	14	134	25	24	35	35	24	124	125
5	12	21	12	12	12	21	32	31	31	32
6	41	23	31	14	12	32	14	32	13	24
7	1	1	200	450	500	150	1,5	400	4	5
8	2,5	15	2	3	1150	4600	0,2	100	500	2
9	25	64	400	200	40	50	8	5	0,75	3
10	123	45	135	24	15	23	145	234	15	24
11	23	33	12	22	12	42	33	33	22	12
12	1,25	40	95	145	3,6	10	10	5	7,5	6
13	0,4	0,125	4	1	6	20	0,004	0,01	4	3
14	6	4	0,25	3	1	1	20	5	3	4
15	23	145	45	123	125	345	25	34	24	35
16	21	12	12	21	31	11	12	23	12	11
17	43	21	31	13	24	21	14	34	41	32
18	36	92	0,15	0,05	78	244	12,5	87,5	93,75	6,25
19	13	41	23	42	22	11	23	13	24	32
20	23	145	235	14	125	135	134	145	12	23
21	241	433	242	153	234	513	124	432	412	345
22	3,60,2	362	1,70,1	3,40,2	0,600,05	0,60,1	111	5,500,25	0,600,05	0,400,05
23	13	12	12	34	25	25	24	15	35	14

## Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 24–30 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 25 и 26 и от 0 до 3 баллов за выполнение заданий 24 и 27–29. За выполнение задания 30 максимальный балл составляет 4.

### Вариант 1

24

#### Возможное решение

1. Левая часть сосуда открыта, в ней находится атмосферный воздух. Первоначально пружина сжата, сила упругости направлена вправо. Поршень находится в равновесии, поэтому равнодействующая сил, действующих на него со стороны газов и пружины, равна нулю:  $p_{\text{АТМ}}S - pS + F_{\text{упр}} = 0$ , где  $p_{\text{АТМ}}$  — атмосферное давление,  $p$  — давление газа в правой части сосуда,  $F_{\text{упр}}$  — сила упругости,  $S$  — площадь поперечного сечения сосуда. Таким образом, давление газа в правой части сосуда больше атмосферного:  $p > p_{\text{АТМ}}$ .

2. Если вынуть пробку, то воздух из правой части сосуда начнёт выходить и давление в ней уменьшится до атмосферного:  $p = p_{\text{АТМ}}$ .

3. Равновесие нарушится, и поршень под действием силы упругости начнёт двигаться вправо. Поскольку трение между поршнем и сосудом отсутствует, то в дальнейшем поршень будет совершать свободные колебания, которые впоследствии затухнут из-за трения в воздухе.

*Для экспертов.* Отсутствие в ответе упоминания о колебаниях поршня и их затухании не влияет на оценку ответа.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>начнёт двигаться вправо и будет совершать затухающие свободные колебания</i> ) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>условие равновесия в начале процесса, равенство конечного давления атмосферному, уменьшение давления в части сосуда с пробкой</i> )	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. В объяснении не указано или не использованы 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.) <b>И (ИЛИ)</b> Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. <b>И (ИЛИ)</b> В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. <b>И (ИЛИ)</b> В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2

Окончание таблицы

Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.  ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.  ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки.  ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

25

**Возможное решение**

Анализируя данные, приведённые в таблице, можно сделать вывод, что тело совершает свободные гармонические колебания. Следовательно, для груза на пружине можно записать закон сохранения механической энергии:  $E_{\text{пmax}} = E_{\text{п}}(t) + E_{\text{к}}(t)$ , где  $E_{\text{п}}(t)$  — потенциальная энергия деформированной пружины и  $E_{\text{к}}(t)$  — кинетическая энергия груза в момент времени  $t$ ,  $E_{\text{пmax}}$  — максимальная потенциальная энергия деформированной пружины.

Используя формулу для потенциальной энергии деформированной пружины, получим  $\frac{kx_{\text{max}}^2}{2} = \frac{k(x(t))^2}{2} + E_{\text{к}}(t)$ .

Таким образом, кинетическая энергия тела в момент времени 0,6 с равна

$$E_{\text{к}}(0,6) = \frac{k[x_{\text{max}}^2 - (x(0,6))^2]}{2} = \frac{200 \cdot [0,2^2 - 0,142^2]}{2} \approx 2 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $E_{\text{к}}(0,6) \approx 2 \text{ Дж.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>формула потенциальной энергии, закон сохранения механической энергии</u> ); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин; 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); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	2



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>формула линзы, формула для увеличения линзы</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин;</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;">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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

27

**Возможное решение**

1. Условие, соответствующее подъёму шара, вытекающее из второго закона Ньютона:  $F_{\text{Арх}} \geq Mg + mg$ , где  $M$  — масса оболочки,  $m$  — масса воздуха внутри оболочки, или  $\rho_0 gV \geq Mg + mg \Rightarrow \rho_0 V \geq M + m$ , где  $\rho_0$  — плотность окружающего воздуха,  $V$  — объём шара.

2. Для воздуха внутри шара запишем уравнение Менделеева — Клапейрона:  $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu} R$ , где  $p$  — атмосферное давление (потому что благодаря отверстию в оболочке давление внутри шара равно атмосферному давлению),  $T$  — температура воздуха внутри шара. Отсюда  $m = \frac{\mu p V}{TR}$ . Из уравнения Менделеева — Клапейрона следует также, что плотность воздуха снаружи  $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$ , где  $T_0$  — температура окружающего воздуха.



Таким образом,  $\frac{\mu V p}{RT_0} \geq M + m \Rightarrow \frac{\mu V p}{RT_0} \geq m \left(1 + \frac{M}{m}\right)$ . С учётом выражения для  $m$  получаем:

$$\frac{\mu V p}{RT_0} \geq \frac{\mu V p}{RT} \left(1 + \frac{M}{m}\right) \Rightarrow \frac{T}{T_0} = 2 \geq 1 + \frac{M}{m}.$$

Таким образом, шар начнёт подниматься при  $\frac{M}{m} = 1$ .

Ответ:  $\frac{M}{m} = 1$ .

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: выражение для силы Архимеда, второй закон Ньютона, условие равенства давления снаружи и внутри шара, связь массы и плотности, уравнение Менделеева – Клапейрона);</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</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
<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>	1



Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>ИЛИ</b> В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

28

**Возможное решение**

1. В батарее конденсаторы  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$  соединены в пары параллельно, а образовавшиеся пары — последовательно. Значит, общая ёмкость системы

$$C_0 = \frac{C_{13} \cdot C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = \frac{(C_1 + C_3) \cdot (C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} = \frac{(2C + 4C) \cdot (C + 2C)}{2C + 4C + C + 2C} = 2C.$$

2. Общий заряд батареи, а также заряд на парах  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$   $q_0 = q_{13} = q_{24} = C_0 \mathcal{E} = 2C\mathcal{E}$ , так как пары соединены последовательно.

Следовательно, на паре  $C_1$  и  $C_3$  напряжение  $U_{13} = \frac{q_0}{C_{13}} = \frac{2C\mathcal{E}}{6C} = \frac{\mathcal{E}}{3}$ .

3. Таким образом, энергия конденсатора  $C_3$ :  $W_3 = \frac{C_3 U_{13}^2}{2} = \frac{4C \cdot \mathcal{E}^2}{2 \cdot 9} = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9}$ .

**Ответ:**  $W_3 = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9}$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>формулы расчёта ёмкости, заряда и напряжения для последовательно и параллельно соединённых конденсаторов; определение ёмкости; формула для энергии заряженного конденсатора</u> ); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу; IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

**Возможное решение**

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта, энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

В электрическом поле на электрон действует сила, направление которой противоположно направлению вектора напряжённости поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны будут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия станет равной

$$\mathcal{E} = \frac{mv^2}{2} + eU, \quad (2)$$

где  $U$  — разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии  $L = 10$  см от неё.

Поскольку поле однородное и вектор  $\vec{E}$  перпендикулярен пластине, то  $U = EL$ . (3)

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим:  $h\nu = A + \mathcal{E} - eEL$ .

$$\text{Отсюда: } A = h\nu - \mathcal{E} + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 15,9 + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 130 \cdot 0,1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,7 \text{ эВ.}$$

**Ответ:**  $A = 3,7$  эВ.

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>формула для энергии фотона, уравнение Эйнштейна, связь изменения кинетической энергии электрона и ускоряющей разности потенциалов, связь разности потенциалов с напряжённостью однородного поля</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 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 <u>ОДНОЙ</u> 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****Обоснование:**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела считаем материальными точками. Для описания взаимодействия пули и шара использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае проекции внешних сил (силы тяжести и силы натяжения нити) на горизонтальную ось в момент взаимодействия равны нулю. Следовательно, можно использовать закон сохранения импульса в проекциях на эту ось.

Для дальнейшего движения шара с застрявшей в нём пулей будет справедлив закон сохранения механической энергии, поскольку сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а единственная непотенциальная сила, действующая на шар, — сила натяжения нити — при движении шара по окружности совершает работу, равную нулю, поскольку она всюду перпендикулярна скорости движения шара.

Условие минимальности  $v_0$  означает, что шар совершает полный оборот в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке траектории (и только в ней!) обращается в нуль.

**Решение:**

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули  $v_0$  перед ударом со скоростью  $v_1$  составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:  $mv_0 = (m + M)v_1$ , а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью  $v_2$  в верхней точке:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)g \cdot 2l.$$

2. Второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление  $x$  в верхней точке траектории принимает вид

$$(m + M)g = \frac{(m + M)v_2^2}{l}.$$

Выразив отсюда  $v_2^2$  и подставив этот результат в закон сохранения энергии, получим:  $v_1 = \sqrt{5gl}$ .

3. Подставив выражение для  $v_1$  в закон сохранения импульса, получим:

$$M = \frac{m(v_0 - \sqrt{5gl})}{\sqrt{5gl}} = \frac{0,01 \cdot (180 - \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5})}{\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5}} = 0,35 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $M = 0,35$  кг.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 1</b>	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: выбор инерциальной системы отсчёта, модель материальной точки, условия применимости законов сохранения импульса и механической энергии, условие прохождения верхней точки траектории	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка.	0
ИЛИ	
Обоснование отсутствует	

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<b>Критерий 2</b>	
<p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон сохранения импульса, закон сохранения механической энергии, второй закон Ньютона для движения тела по окружности; учтено, что в верхней точке сила натяжения нити обращается в нуль);</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) проведены 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
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <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
<i>Максимальный балл</i>	4



## Вариант 2

24

## Возможное решение

1. Левая часть сосуда открыта, в ней находится атмосферный воздух. Первоначально пружина растянута, сила упругости направлена влево. Поршень находится в равновесии, поэтому равнодействующая сил, действующих на него со стороны газов и пружины, равна нулю:  $p_{\text{АТМ}}S - pS - F_{\text{упр}} = 0$ , где  $p_{\text{АТМ}}$  — атмосферное давление,  $p$  — давление газа в правой части сосуда,  $F_{\text{упр}}$  — сила упругости,  $S$  — площадь поперечного сечения сосуда. Таким образом, давление газа в правой части сосуда меньше атмосферного:  $p < p_{\text{АТМ}}$ .

2. Если вынуть пробку, то атмосферный воздух начнёт заполнять правую часть сосуда, и давление в ней возрастёт до атмосферного:  $p = p_{\text{АТМ}}$ .

3. Равновесие нарушится, и поршень под действием силы упругости начнёт двигаться влево. Поскольку трение между поршнем и сосудом отсутствует, то в дальнейшем поршень будет совершать свободные колебания, которые впоследствии затухнут из-за трения в воздухе.

*Для экспертов.* Отсутствие в ответе упоминания о колебаниях поршня и их затухании не влияет на оценку ответа.

25

## Возможное решение

Анализируя данные, приведённые в таблице, можно сделать вывод, что тело совершает свободные гармонические колебания. Следовательно, для груза на пружине можно записать закон сохранения механической энергии:

$E_{\text{пmax}} = E_{\text{п}}(t) + E_{\text{к}}(t)$ , где  $E_{\text{п}}(t)$  — потенциальная энергия деформированной пружины и  $E_{\text{к}}(t)$  — кинетическая энергия груза в момент времени  $t$ ,  $E_{\text{пmax}}$  — максимальная потенциальная энергия деформированной пружины.

Используя формулу для потенциальной энергии деформированной пружины, получим  $\frac{kx_{\text{max}}^2}{2} = \frac{k(x(t))^2}{2} + E_{\text{к}}(t)$ .

Таким образом, кинетическая энергия тела в момент времени 0,6 с равна

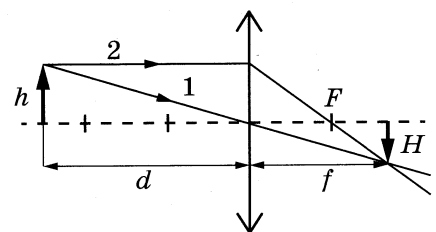
$$E_{\text{к}}(1,4) = \frac{k[x_{\text{max}}^2 - (x(1,4))^2]}{2} = \frac{150 \cdot [0,2^2 - 0,142^2]}{2} \approx 1,5 \text{ Дж.}$$

Ответ:  $E_{\text{к}}(1,4) \approx 1,5$  Дж.

26

## Возможное решение

Для построения изображения предмета, даваемого собирающей линзой, используем два луча: 1 — проходящий через оптический центр линзы; 2 — параллельный главной оптической оси линзы (см. рисунок). Первый луч проходит линзу, не преломляясь, а второй преломляется и проходит через фокус линзы. Пересечение этих лучей даёт точку изображения предмета.





Расстояния от предмета и его изображения до линзы связаны между собой формулой тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{F} = \frac{1}{d} = \frac{1}{f}.$$

Подобие треугольников, образованных главной оптической осью, лучом 1, предметом и его изображением, даёт формулу увеличения линзы:  $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$ , т. е.  $d = f/\Gamma = 2f$ .

Таким образом,  $D = \frac{1}{2f} + \frac{1}{f} = \frac{3}{2f}$ , откуда  $f = \frac{3}{2D} = \frac{3}{2 \cdot 5} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см}$ .

**Ответ:**  $f = 30 \text{ см}$ .

27

### Возможное решение

1. Условие, соответствующее подъёму шара, вытекающее из второго закона Ньютона:  $F_{\text{Арх}} \geq Mg + mg$ , где  $M$  — масса оболочки,  $m$  — масса воздуха внутри оболочки, или  $\rho_0 gV \geq Mg + mg \Rightarrow \rho_0 V \geq M + m$ , где  $\rho_0$  — плотность окружающего воздуха,  $V$  — объём шара.

2. Для воздуха внутри шара запишем уравнение Менделеева — Клапейрона:  $\frac{pV}{T} = \frac{m}{\mu}R$ , где  $p$  — атмосферное давление (потому что благодаря отверстию в оболочке давление внутри шара равно атмосферному давлению),  $T$  — температура воздуха внутри шара. Отсюда  $m = \frac{\mu pV}{TR}$ . Из уравнения Менделеева — Клапейрона следует также, что плотность воздуха снаружи  $\rho_0 = \frac{\mu p}{RT_0}$ , где  $T_0$  — температура окружающего воздуха.

Таким образом,  $\frac{\mu pV}{RT_0} \geq M + m \Rightarrow \frac{\mu pV}{RT_0} \geq m \left(1 + \frac{M}{m}\right)$ . С учётом выражения для  $m$  получаем:

$$\frac{\mu pV}{RT_0} \geq \frac{\mu pV}{RT} \left(1 + \frac{M}{m}\right) \Rightarrow \frac{T}{T_0} - 1 \geq \frac{M}{m} = 1,2.$$

Таким образом, шар начнёт подниматься при  $T = 2,2T_0$ .

**Ответ:**  $T = 2,2T_0$ .

28

### Возможное решение

1. В батарее конденсаторы  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$  соединены в пары параллельно, а образовавшиеся пары — последовательно. Значит, общая ёмкость системы

$$C_0 = \frac{C_{13} \cdot C_{24}}{C_{13} + C_{24}} = \frac{(C_1 + C_3) \cdot (C_2 + C_4)}{C_1 + C_3 + C_2 + C_4} = \frac{(2C + 4C) \cdot (C + 2C)}{2C + 4C + C + 2C} = 2C.$$

2. Общий заряд батареи, а также заряд на парах  $C_1$  и  $C_3$ ,  $C_2$  и  $C_4$   $q_0 = q_{13} = q_{24} = C_0 \mathcal{E} = 2C\mathcal{E}$ , так как пары соединены последовательно.

Следовательно, на паре  $C_2$  и  $C_4$  напряжение  $U_{24} = \frac{q_0}{C_{24}} = \frac{2C\mathcal{E}}{3C} = \frac{2\mathcal{E}}{3}$ .

3. Таким образом, энергия конденсатора  $C_2$ :  $W_2 = \frac{C_2 U_{24}^2}{2} = \frac{C \cdot 4\mathcal{E}^2}{2 \cdot 9} = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9}$ .

**Ответ:**  $W_2 = \frac{2C\mathcal{E}^2}{9}$ .

29

**Возможное решение**

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

В электрическом поле на электрон действует сила, направление которой противоположно направлению вектора напряжённости поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны будут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия

$$\mathcal{E} = \frac{mv^2}{2} + eU, \quad (2)$$

где  $U$  — разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии  $L = 10$  см от неё.

Поскольку поле однородное и вектор  $\vec{E}$  перпендикулярен пластине, то  $U = EL$ . (3)

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим:  $h\nu = A + \mathcal{E} - eEL$ .

$$\text{Отсюда: } \mathcal{E} = h\nu - A + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 3,7 + \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 130 \cdot 0,1}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 15,9 \text{ эВ.}$$

**Ответ:**  $\mathcal{E} = 15,9$  эВ.

30

**Возможное решение****Обоснование:**

Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной. Тела считаем материальными точками. Для описания взаимодействия пули и шара использован закон сохранения импульса системы тел. Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае проекции внешних сил (силы тяжести и силы натяжения нити) на горизонтальную ось в момент взаимодействия равны нулю. Следовательно, можно использовать закон сохранения импульса в проекциях на эту ось.

Для дальнейшего движения шара с застрявшей в нём пулей будет справедлив закон сохранения механической энергии, поскольку сопротивлением воздуха по условию задачи можно пренебречь, а единственная непотенциальная сила, действующая на шар, — сила натяжения нити — при движении шара по окружности совершает работу, равную нулю, поскольку она всюду перпендикулярна скорости движения шара.

Условие минимальности  $v_0$  означает, что шар совершает полный оборот в вертикальной плоскости, но при этом натяжение нити в верхней точке траектории (и только в ней!) обращается в нуль.

**Решение:**

1. Закон сохранения импульса связывает скорость пули  $v_0$  перед ударом со скоростью  $v_1$  составного тела массой  $m + M$  сразу после удара:  $mv_0 = (m + M)v_1$ , а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью  $v_2$  в верхней точке:  $\frac{(m + M)v_1^2}{2} = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)g \cdot 2l$ .

2. Второй закон Ньютона в проекциях на радиальное направление  $x$  в верхней точке траектории принимает вид  $(m + M)g = \frac{(m + M)v_2^2}{l}$ .

Выразив отсюда  $v_2^2$  и подставив этот результат в закон сохранения энергии, получим:  $v_1 = \sqrt{5gl}$ .

3. Подставив выражение для  $v_1$  в закон сохранения импульса, получим:

$$m = \frac{M\sqrt{5gl}}{v_0 - \sqrt{5gl}} = \frac{0,23\sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5}}{120 - \sqrt{5 \cdot 10 \cdot 0,5}} = 0,01 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 10$  г.

## Вариант 3

## 24 Возможное решение

1. Благодаря явлению самоиндукции ток в катушке меняется медленно. После размыкания ключа  $K$  ток через катушку  $L$  является током в образовавшейся замкнутой цепи и медленно уменьшается с значения  $I_2$  до нуля.
2. После размыкания ключа  $K$  резистор и катушка соединены последовательно, поэтому ток через резистор станет таким же, как ток в катушке, т.е. изменит направление на противоположное (слева направо) и быстро достигнет значения около 1,5 А. Затем ток уменьшится до 0.
3. **Ответ:** Ток через резистор после размыкания ключа  $K$  меняет направление на противоположное и быстро достигает значения около 1,5 А. Затем ток уменьшается до 0.

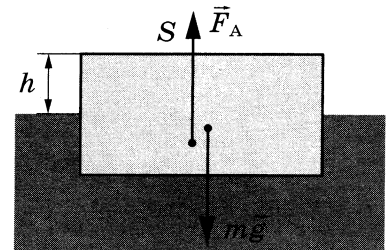
## 25 Возможное решение

Так как льдина плавает,  $F_A = mg$ ,  $\rho_B g(H - h)S = \rho_L gHS$ , где  $\rho_B$  — плотность воды,  $\rho_L$  — плотность льда,  $H$  — толщина льдины.

$$\text{Отсюда } H = \frac{\rho_B h}{\rho_B - \rho_L};$$

$$m = \rho_L SH = \frac{\rho_L \rho_B Sh}{\rho_B - \rho_L} = \frac{900 \cdot 1000 \cdot 2500 \cdot 10^{-4} \cdot 0,02}{1000 - 900} = 45 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 45$  кг.



## 26 Возможное решение

Мощность импульса излучения равна  $P = \frac{E \cdot N}{t}$ , где  $E = \frac{hc}{\lambda}$  — энергия одного фотона,  $N$  — число излучённых фотонов,  $t$  — длительность излучения.

$$\lambda = \frac{hcN}{Pt} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{19}}{1,2 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 5,5 \cdot 10^{-7} = 550 \text{ нм.}$$

**Ответ:**  $\lambda = 550$  нм.

## 27 Возможное решение

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось для столбика ртути в выбранной системе отсчёта в первом случае:  $ma_{ц1} = F_1 - F_0$ , где  $m$  — масса столбика ртути,  $a_{ц1}$  — центростремительное ускорение центра масс столбика ртути,  $F_1$  — сила давления газа, закрытого столбиком ртути,  $F_0$  — сила атмосферного давления на столбик ртути.

Аналогично запишем второй закон Ньютона для столбика ртути во втором случае:  $ma_{ц2} = F_2 - F_0$ , где  $a_{ц2}$  — центростремительное ускорение центра масс столбика ртути после увеличения угловой скорости вращения,  $F_2$  — сила давления газа, закрытого столбиком ртути, во втором случае.

2. Учитывая, что  $a_{ц1} = \omega_1^2 r$ ,  $a_{ц2} = \omega_2^2 r$ ,  $F_1 = p_1 S$ ,  $F_2 = p_2 S$ ,  $F_0 = p_0 S$ , получим:

$$m\omega_2^2 r = p_2 S - p_0 S, \quad m\omega_1^2 r = p_1 S - p_0 S,$$

где  $\omega_1, \omega_2$  — угловые скорости вращения в двух случаях,  $S$  — площадь поперечного сечения пробирки,  $p_1, p_2$  — давление газа в пробирке в двух случаях.

3. Масса столбика ртути равна  $m = \rho V = \rho Sh$ , где  $\rho$  — плотность ртути, а  $V$  — объём столбика ртути. Тогда предыдущие уравнения запишем в виде:  $p_1 = p_0 + \rho h \omega_1^2 r$ ,  $p_2 = p_0 + \rho h \omega_2^2 r$ .

4. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для двух случаев:  $p_1 V_0 = \nu RT_1$ ,  $p_2 V_0 = \nu RT_2$ , где  $V_0$  — объём газа в пробирке,  $\nu$  — количество газа, закрытого столбиком ртути.

5. После объединения полученных выше формул получим следующее уравнение:

$$\frac{p_0 + \rho h \omega_2^2 r}{p_0 + \rho h \omega_1^2 r} = \frac{T_2}{T_1}. \quad \text{Откуда следует:}$$

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{p_0 + \rho h \omega_2^2 r}{p_0 + \rho h \omega_1^2 r} = 273 \cdot \frac{10^5 + 13600 \cdot 10^{-2} \cdot 40^2 \cdot 0,2}{10^5 + 13600 \cdot 10^{-2} \cdot 10^2 \cdot 0,2} \approx 381,4 \text{ К.}$$

Ответ:  $T \approx 381,4 \text{ К.}$

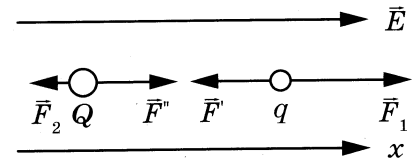
28

### Возможное решение

1. Направим ось  $Ox$  по напряжённости электрического поля  $\vec{E}$ . На заряд  $q$  действуют две электрические силы:  $F_1 = qE$  со стороны однородного поля и сила Кулона  $F' = F = \frac{kq|Q|}{d^2}$  со стороны другого заряда.

На заряд  $Q$  действуют сила  $F_2 = |Q|E$  со стороны однородного поля и сила Кулона  $F'' = F = \frac{kq|Q|}{d^2}$

со стороны заряда  $q$ .



2. В соответствии со вторым законом Ньютона и условием задачи в проекциях на ось  $Ox$  имеем:

$$ma = F_1 - F, \quad (1)$$

$$Ma = -F_2 + F. \quad (2)$$

Тогда из соотношений (1) и (2) получим:  $\frac{F_1 - F}{m} = \frac{F - F_2}{M}. \quad (3)$

3. Подставляя в (3) выражения для электрических сил, получим:

$$E = \frac{kq|Q|(m + M)}{(m|Q| + Mq)d^2} = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot (0,01 + 0,005)}{(0,01 \cdot 1 \cdot 10^{-9} + 0,005 \cdot 5 \cdot 10^{-9}) \cdot 0,5^2} \approx 77 \text{ В/м.}$$

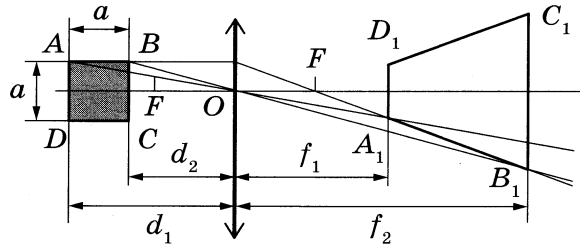
Ответ:  $E \approx 77 \text{ В/м.}$

29

**Возможное решение**

Обозначим вершины квадрата  $ABCD$ , тогда  $AB = AD = a$ .

Для построения изображения квадрата проведём побочные оптические оси  $AO$  и  $BO$ , а также луч  $AB$ , параллельный главной оптической оси, который, преломившись, пройдёт через фокус линзы. В силу симметрии предмета относительно главной оптической оси его изображение также будет симметричным. В результате построений получим изображение квадрата  $ABCD$  в виде равнобедренной трапеции  $A_1B_1C_1D_1$  (см. рисунок).



Согласно формуле оптической силы линзы  $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ м} = 50 \text{ см}$ .

Расстояние от линзы до квадрата равно  $d_2 = d_1 - a = 90 - 20 = 70 \text{ см}$ .

По формуле тонкой линзы определим расстояния от линзы до оснований трапеции:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$  и  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$ . В итоге

$$f_1 = \frac{Fd_1}{d_1 - F} = \frac{50 \cdot 90}{90 - 50} = 112,5 \text{ см} \text{ и } f_2 = \frac{Fd_2}{d_2 - F} = \frac{50 \cdot 70}{70 - 50} = 175 \text{ см}.$$

Высота трапеции  $h = f_2 - f_1 = 175 - 112,5 = 62,5 \text{ см}$ .

Используя формулу увеличения линзы для двух сторон квадрата, получим

$\frac{AD}{d_1} = \frac{A_1D_1}{f_1}$  и  $\frac{BC}{d_2} = \frac{B_1C_1}{f_2}$ . Следовательно,

$$A_1D_1 = \frac{f_1 \cdot AD}{d_1} = \frac{112,5 \cdot 20}{90} = 25 \text{ см} \text{ и } B_1C_1 = \frac{f_2 \cdot BC}{d_2} = \frac{175 \cdot 20}{70} = 50 \text{ см}.$$

Площадь изображения (трапеции) определяется формулой

$$S = \frac{A_1D_1 + B_1C_1}{2} \cdot h = \frac{25 + 50}{2} \cdot 62,5 \approx 2344 \text{ см}^2.$$

Ответ:  $S \approx 2344 \text{ см}^2$ .

30

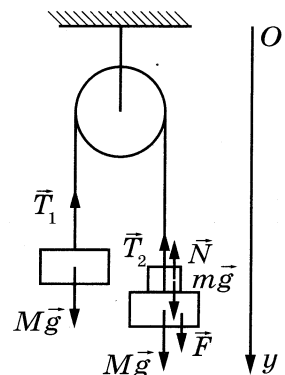
**Возможное решение**

**Обоснование:**

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Бруски и груз будем считать материальными точками. Трением о воздух пренебрежём. Будем считать, что в процессе движения груз не отрывается от бруска.

Так как нить нерастяжима, ускорения брусков равны по модулю и противоположны по направлению:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a, \vec{a}_1 = -\vec{a}_2. \quad (1)$$



На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то силы натяжения нити, действующие на каждый из брусков, одинаковы:

$$\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}. \quad (2)$$

На груз, помимо силы тяжести, действует сила реакции опоры  $\vec{N}$  со стороны бруска. По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна силе  $\vec{F}$ , с которой груз давит на брусок.

**Решение:**

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  выбранной системы отсчёта. С учётом (1) и (2) получим:

$$(M + m)a = (M + m)g - T \quad \text{— брусок с грузом (можно считать одним телом),}$$

$$-Ma = Mg - T \quad \text{— брусок без груза.}$$

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:  $a = \frac{mg}{2M + m}$ .

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза  $m$ . В проекциях на ось  $Oy$  получим:  $ma = mg - N$ .

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:  $N = m(g - a) = \frac{2Mmg}{2M + m}$ .

3. Окончательно получим  $F = N = \frac{2Mmg}{2M + m}$ , откуда

$$m = \frac{2MF}{2Mg - F} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 2}{2 \cdot 0,6 \cdot 10 - 2} = 0,24 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m = 0,24$  кг.



## Вариант 4

## 24 Возможное решение

1. Благодаря явлению самоиндукции ток в катушке меняется медленно. После размыкания ключа  $K$  ток через катушку  $L$  является током в образовавшейся замкнутой цепи и медленно уменьшается с значения  $I_1$  до нуля.
2. После размыкания ключа  $K$  резистор и катушка соединены последовательно, поэтому ток через резистор станет таким же, как ток в катушке, т.е. изменит направление на противоположное (слева направо) и быстро достигнет значения около 0,2 А. Затем ток уменьшится до 0.
3. Ответ: Ток через резистор после размыкания ключа  $K$  меняет направление на противоположное и быстро достигает значения около 0,2 А. Затем ток уменьшается до 0.

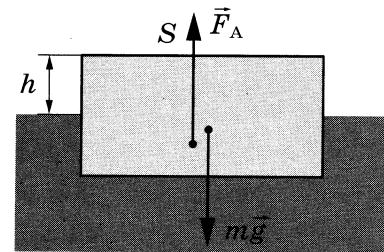
## 25 Возможное решение

Так как льдина плавает,  $F_A = mg$ ,  $\rho_B g(H-h)S = \rho_L gHS$ , где  $\rho_B$  — плотность воды,  $\rho_L$  — плотность льда,  $H$  — толщина льдины.

$$\text{Откуда } H = \frac{\rho_B h}{\rho_B - \rho_L};$$

$$m = \rho_L SH \Rightarrow S = \frac{m(\rho_B - \rho_L)}{\rho_L \rho_B h} = \frac{270 \cdot (1000 - 900)}{900 \cdot 1000 \cdot 0,04} = 0,75 \text{ м}^2.$$

Ответ:  $S = 0,75 \text{ м}^2$ .



## 26 Возможное решение

Мощность импульса излучения равна  $P = \frac{E \cdot N}{t}$ , где  $E = \frac{hc}{\lambda}$  — энергия одного фотона,  $N$  — число излучённых фотонов,  $t$  — длительность излучения.

$$P = \frac{hcN}{\lambda t} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{19}}{600 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^{-3}} = 1100 \text{ Вт}.$$

Ответ:  $P = 1100 \text{ Вт}$ .

## 27 Возможное решение

1. Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную ось для столбика ртути в выбранной системе отсчёта в первом случае:  $ma_{ц1} = F_1 - F_0$ , где  $m$  — масса столбика ртути,  $a_{ц1}$  — центростремительное ускорение центра масс столбика ртути,  $F_1$  — сила давления газа, закрытого столбиком ртути,  $F_0$  — сила атмосферного давления на столбик ртути.

Аналогично запишем второй закон Ньютона для столбика ртути во втором случае:  $ma_{ц2} = F_2 - F_0$ , где  $a_{ц2}$  — центростремительное ускорение центра масс столбика ртути после увеличения угловой скорости вращения,  $F_2$  — сила давления газа, закрытого столбиком ртути, во втором случае.

2. Учитывая, что  $a_{ц1} = \omega_1^2 r$ ,  $a_{ц2} = \omega_2^2 r$ ,  $F_1 = p_1 S$ ,  $F_2 = p_2 S$ ,  $F_0 = p_0 S$ , получим:

$$m\omega_1^2 r = p_1 S - p_0 S, \quad m\omega_2^2 r = p_2 S - p_0 S,$$

где  $\omega_1, \omega_2$  — угловые скорости вращения в двух случаях,  $S$  — площадь поперечного сечения пробирки,  $p_1, p_2$  — давление газа в пробирке в двух случаях.

3. Масса столбика ртути равна  $m = \rho V = \rho Sh$ , где  $\rho$  — плотность ртути, а  $V$  — объём столбика ртути. Тогда предыдущие уравнения запишем в виде:  $p_1 = p_0 + \rho h \omega_1^2 r$ ,  $p_2 = p_0 + \rho h \omega_2^2 r$ .

4. Запишем уравнение Менделеева — Клапейрона для двух случаев:

$$p_1 V_0 = \nu R T_1, \quad p_2 V_0 = \nu R T_2,$$

где  $V_0$  — объём газа в пробирке,  $\nu$  — количество газа, закрытого столбиком ртути.

5. После объединения полученных выше формул получим следующее уравнение:

$$\frac{p_0 + \rho h \omega_2^2 r}{p_0 + \rho h \omega_1^2 r} = \frac{T_2}{T_1}, \quad \text{откуда следует:}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{T_2}{T_1} \cdot \omega_1^2 + \frac{p_0}{\rho h r} \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} - 1\right)} = \sqrt{1,5 \cdot 10^2 + \frac{10^5}{13600 \cdot 0,02 \cdot 0,3} \cdot (1,5 - 1)} \approx 27,6 \text{ с}^{-1}.$$

Ответ:  $\omega_2 \approx 27,6 \text{ с}^{-1}$ .

28

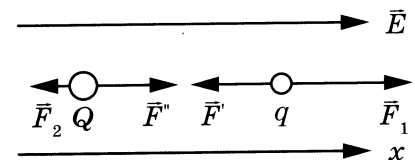
### Возможное решение

1. Направим ось  $Ox$  по напряжённости электрического поля  $\vec{E}$ . На заряд  $q$  действуют две электрические силы:  $F_1 = qE$  со стороны однородного поля и сила

Кулона  $F' = F = \frac{kq|Q|}{d^2}$  со стороны другого заряда.

На заряд  $Q$  действуют сила  $F_2 = |Q|E$  со стороны однородного поля и сила Кулона  $F'' = F = \frac{kq|Q|}{d^2}$

со стороны заряда  $q$ .



2. В соответствии со вторым законом Ньютона и условием задачи в проекциях на ось  $Ox$  имеем:

$$ma = F_1 - F, \quad (1)$$

$$Ma = -F_2 + F. \quad (2)$$

Тогда из соотношений (1) и (2) получим:  $\frac{F_1 - F}{m} = \frac{F - F_2}{M}$ . (3)

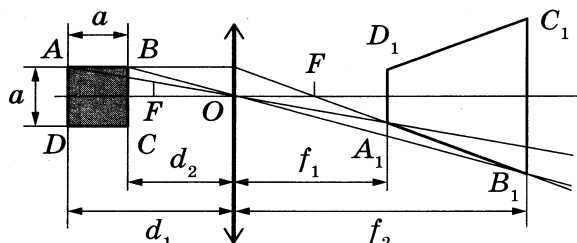
3. Подставляя в (3) выражения для электрических сил, получим:

$$d = \sqrt{\frac{kq|Q|(m+M)}{E(m|Q|+Mq)}} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot (0,01 + 0,005)}{18(0,01 \cdot 1 \cdot 10^{-9} + 0,005 \cdot 5 \cdot 10^{-9})}} \approx 1 \text{ м.}$$

Ответ:  $d \approx 1 \text{ м.}$

**29** **Возможное решение**

Обозначим вершины квадрата  $ABCD$ , тогда  $AB = AD = a$ .  
 Для построения изображения квадрата проведём побочные оптические оси  $AO$  и  $BO$ , а также луч  $AB$ , параллельный главной оптической оси, который, преломившись, пройдёт через фокус линзы. В силу симметрии предмета относительно главной оптической оси его изображение также будет симметричным. В результате построений получим изображение квадрата  $ABCD$  в виде равнобедренной трапеции  $A_1B_1C_1D_1$  (см. рисунок).



Согласно формуле оптической силы линзы  $F = \frac{1}{D} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ м} = 25 \text{ см}$ .

Расстояние от линзы до квадрата равно  $d_2 = d_1 - a = 40 - 10 = 30 \text{ см}$ .

По формуле тонкой линзы определим расстояния от линзы до оснований трапеции:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2}$  и  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$ . В итоге

$$f_1 = \frac{Fd_1}{d_1 - F} = \frac{25 \cdot 40}{40 - 25} \approx 66,7 \text{ см} \text{ и } f_2 = \frac{Fd_2}{d_2 - F} = \frac{25 \cdot 30}{30 - 25} = 150 \text{ см}.$$

Высота трапеции  $h = f_2 - f_1 = 150 - 66,7 = 83,3 \text{ см}$ .

Используя формулу увеличения линзы для двух сторон квадрата, получим  $\frac{AD}{d_1} = \frac{A_1D_1}{f_1}$  и  $\frac{BC}{d_2} = \frac{B_1C_1}{f_2}$ . Следовательно,

$$A_1D_1 = \frac{f_1 \cdot AD}{d_1} = \frac{66,7 \cdot 10}{40} \approx 16,7 \text{ см} \text{ и } B_1C_1 = \frac{f_2 \cdot BC}{d_2} = \frac{150 \cdot 10}{30} = 50 \text{ см}.$$

Площадь изображения (трапеции) определяется формулой

$$S = \frac{A_1D_1 + B_1C_1}{2} \cdot h = \frac{16,7 + 50}{2} \cdot 83,3 \approx 2778 \text{ см}^2.$$

Таким образом, площадь изображения больше площади квадрата в

$$\frac{S}{a^2} \approx \frac{2778}{10^2} = 27,8 \text{ раз}.$$

**Ответ:**  $S / a^2 \approx 27,8$  раз.

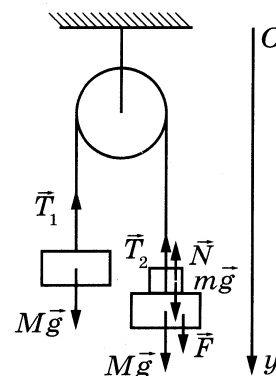
**30** **Возможное решение**

**Обоснование:**

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли. Бруски и груз будем считать материальными точками. Трением о воздух пренебрежём. Будем считать, что в процессе движения груз не отрывается от бруска.

Так как нить нерастяжима, ускорения брусков равны по модулю и противоположны по направлению:

$$|\vec{a}_1| = |\vec{a}_2| = a, \vec{a}_1 = -\vec{a}_2. \tag{1}$$



На рисунке показаны силы, действующие на бруски и груз. Так как блок и нити невесомы, а трение отсутствует, то силы натяжения нити, действующие на каждый из брусков, одинаковы:

$$\vec{T}_1 = \vec{T}_2 = \vec{T}. \quad (2)$$

На груз, помимо силы тяжести, действует сила реакции опоры  $\vec{N}$  со стороны бруска. По третьему закону Ньютона эта сила по модулю равна силе  $\vec{F}$ , с которой груз давит на брусок.

**Решение:**

1. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $Oy$  выбранной системы отсчёта. С учётом (1) и (2) получим:

$$\begin{aligned} (M + m)a &= (M + m)g - T \text{ — брусок с грузом (можно считать одним телом),} \\ -Ma &= Mg - T \text{ — брусок без груза.} \end{aligned}$$

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:  $a = \frac{mg}{2M + m}$ .

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза  $m$ . В проекциях на ось  $Oy$  получим:  $ma = mg - N$ .

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:  $N = m(g - a) = \frac{2Mmg}{2M + m}$ .

3. Окончательно получим  $F = N = \frac{2Mmg}{2M + m} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 10}{2 \cdot 0,5 + 0,1} \approx 0,9 \text{ Н.}$

**Ответ:**  $F \approx 0,9 \text{ Н.}$

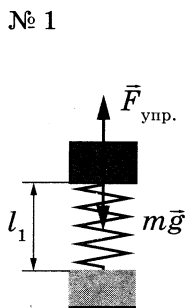
## Вариант 5

24

## Возможное решение

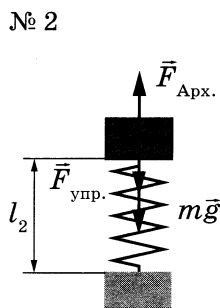
1. Пружина пирамидки № 1 станет длиннее, а пружина пирамидки № 2 станет короче, чем в состоянии, когда пирамидки покоились.

2. Пока пирамидки покоились относительно Земли, пружина пирамидки № 1 под весом кольца была сжата, а пружина пирамидки № 2 была растянута так, чтобы сила упругости и сила тяжести, действующие на деревянное кольцо, скомпенсировали силу Архимеда, равную по модулю весу вытесненной воды.



$$F_{\text{упр}} = mg$$

$$F_{\text{упр}} = k|l_0 - l_1|$$



$$F_{\text{Арх.}} = F_{\text{упр.}} + mg$$

$$F_{\text{упр.}} = F_{\text{Арх.}} - mg = k|l_2 - l_0|$$

$m$  — масса кольца,  $l_0$  — длина недеформированной пружины.

3. При свободном падении тело испытывает состояние невесомости, невесомы стали и кольцо, и вода. Сила Архимеда стала равна нулю.

4. При равном нулю весе всех предметов обе пружины перестали быть деформированными, при этом первоначально сжатая пружина № 1 увеличила свою длину, а растянутая № 2 сократила.

25

## Возможное решение

1. КПД идеальной тепловой машины рассчитывается по формуле  $\eta = \frac{A_{\text{цикл.}}}{Q_{\text{получ.}}} \cdot 100\%$ ,

где  $A_{\text{цикл.}}$  — работа, совершённая газом за цикл,  $Q_{\text{получ.}}$  — количество теплоты, переданное газу как рабочему телу за цикл.

2. Работа за цикл численно равна площади, ограниченной графиком циклического процесса в координатах  $p$ - $V$ :

$$A_{\text{цикл.}} = 2p_0 \cdot 4V_0 = 8p_0V_0.$$

В то же время работа газа при изобарном расширении на участке 1–2 равна  $A = 3p_0 \cdot 4V_0 = 12p_0V_0$ .

Таким образом,  $A_{\text{цикл.}} = \frac{2}{3}A = 0,8$  кДж.

$$3. \eta = \frac{A_{\text{цикл.}}}{Q_{\text{получ.}}} = \frac{0,8}{3,3} \cdot 100\% \approx 24\%.$$

Ответ:  $\eta \approx 24\%$ .

**26** Возможное решение

Запишем формулу дифракционной решетки:  $d \sin \alpha = k \lambda = k \frac{c}{v}$ , где период решетки

$d = \frac{1 \text{ мм}}{N} = \frac{10^{-3} \text{ м}}{500} = 2 \cdot 10^{-6}$  м. Максимальный порядок спектра  $k$  определяется максимальным углом отклонения от нормали  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha = 1$ , и округляется до ближайшего целого в меньшую сторону. Таким образом,

$$k = \frac{d v \sin \alpha}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6,5 \cdot 10^{14} \cdot 1}{3 \cdot 10^8} \approx 4,33 = 4.$$

Ответ:  $k_{\max} = 4$ .

**27** Возможное решение

1. Определим конечное состояние смеси лёд — вода, для чего сравним количество теплоты  $Q_1$ , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты  $Q_2$ , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:

$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1) = 2100 \cdot 1 \cdot (0 - (-20)) = 42\,000$  Дж, где  $t_1$ ,  $c_1$  и  $m_1$  — начальная температура, удельная теплоёмкость и масса льда соответственно;

$Q_2 = c_2 m_2 t_2 = 4200 \cdot 0,5 \cdot 5 = 10\,500$  Дж, где  $t_2$ ,  $c_2$  и  $m_2$  — начальная температура, удельная теплоёмкость и масса воды соответственно.

$Q_1 > Q_2$ , следовательно, вода остынет до  $0^\circ\text{C}$  и начнёт кристаллизоваться.

2. Для того чтобы полностью превратиться в лёд, воде необходимо отдать количество теплоты  $Q_3 = \lambda m_2 = 330\,000 \cdot 0,5 = 165\,000$  Дж.

Так как  $Q_1 < Q_2 + Q_3$ , только часть воды массой  $m_3$  превратится в лёд, и в сосуде установится конечная температура  $t_k = 0^\circ\text{C}$ .

3. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_1 m_1 (0 - t_1) + c_2 m_2 (0 - t_2) - \lambda m_3 = 0.$$

Таким образом, масса кристаллизовавшейся воды

$$m_3 = -\frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{\lambda} = -\frac{2100 \cdot 1 \cdot (-20) + 4200 \cdot 0,5 \cdot 5}{330\,000} \approx 0,095 \text{ кг.}$$

В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться  $M = m_2 - m_3 \approx 0,5 - 0,095 = 0,405$  кг воды.

Ответ:  $M \approx 0,4$  кг.

**28** Возможное решение

1. До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и катушку  $L$ . Согласно закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{24}{8 + 3 + 1} = 2 \text{ А. При этом напряжение на конденсаторе } U = IR_2 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ В.}$$

2. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 36}{2} = 36 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 36 \text{ мкДж,}$$

а в катушке индуктивности —  $W_L = \frac{LI^2}{2} = \frac{12 \cdot 10^{-6} \cdot 4}{2} = 24 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 24 \text{ мкДж.}$



3. После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде количества теплоты на резисторе  $R_2$ :

$$Q = W_C + W_L = 36 + 24 = 60 \text{ мкДж.}$$

Ответ:  $Q = 60 \text{ мкДж.}$

**29** **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:  $\Delta t = 30 \text{ }^\circ\text{C.}$

**30** **Возможное решение**

**Обоснование:**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). Тело описываем моделью материальной точки, так как его размеры малы по сравнению с радиусом сферы.
2. При движении тела  $m$  по поверхности сферы на тело действуют потенциальная сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$  со стороны сферы, перпендикулярная поверхности сферы (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы  $\vec{N}$  при движении тела по поверхности сферы равна нулю. Следовательно, механическая энергия тела при его движении по поверхности сферы сохраняется.
3. Поскольку тело описывается моделью материальной точки, условие отрыва этого тела от поверхности сферы формулируется на основе второго закона Ньютона. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ .

**Решение:**

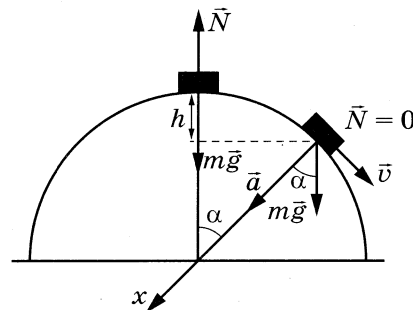
1. Запишем закон сохранения энергии для двух состояний тела (на вершине сферы и в момент отрыва):

$$mgR = mg(R - h) + \frac{mv^2}{2}, \tag{1}$$

где  $m$  — масса тела,  $v$  — скорость тела в момент отрыва.

2. Запишем в точке отрыва второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$ :

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos \alpha. \tag{2}$$





3. Используя (1), (2) и условие  $\cos\alpha = \frac{(R-h)}{R}$ , получим:  $h = \frac{R}{3}$ ,  $\cos\alpha = \frac{2}{3}$  и  $v^2 = \frac{2gR}{3}$ .

$$v = \sqrt{\frac{2gR}{3}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 2,5}{3}} \approx 4 \text{ м/с.}$$

Ответ:  $v \approx 4$  м/с.

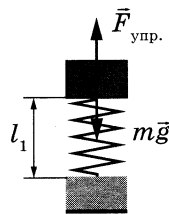
### Вариант 6

#### 24 Возможное решение

1. Пружины пирамидок № 1 и № 2 станут длиннее, чем в состоянии, когда пирамидки покоились.

2. Пока пирамидки покоились относительно Земли, пружина пирамидки № 1 под весом кольца была сжата, а пружина пирамидки № 2 была сжата так, чтобы сила упругости и сила Архимеда, действующие на кольцо, скомпенсировали силу тяжести.

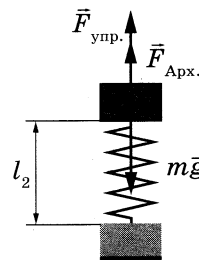
№ 1



$$F_{\text{упр}} = mg$$

$$F_{\text{упр}} = k|l_0 - l_1|$$

№ 2



$$mg = F_{\text{упр}} + F_{\text{арх}}$$

$$F_{\text{упр}} = mg - F_{\text{арх}} = k|l_0 - l_2|$$

$m$  — масса кольца,  $l_0$  — длина недеформированной пружины.

3. При свободном падении тело испытывает состояние невесомости, невесомы стали и кольцо, и вода. Сила Архимеда стала равна нулю.

4. При равном нулю весе всех предметов обе пружины перестали быть деформированными, при этом первоначально сжатые пружины увеличили свою длину.

#### 25 Возможное решение

1. КПД идеальной тепловой машины рассчитывается по формуле  $\eta = \frac{A_{\text{цикл.}}}{Q_{\text{получ.}}} \cdot 100\%$ ,

где  $A_{\text{цикл.}}$  — работа, совершённая газом за цикл,  $Q_{\text{получ.}}$  — количество теплоты, переданное газу как рабочему телу за цикл.

2. Работа за цикл численно равна площади, ограниченной графиком циклического процесса в координатах  $p$ - $V$ :

$$A_{\text{цикл.}} = 2p_0 \cdot 4V_0 = 8p_0V_0.$$

В то же время работа газа при изобарном расширении на участке 1–2 равна  $A = 3p_0 \cdot 4V_0 = 12p_0V_0$ .

Таким образом,  $A_{\text{цикл.}} = \frac{2}{3}A = 1,6$  кДж.

$$3. Q_{\text{получ.}} = \frac{A_{\text{цикл.}}}{\eta} = \frac{1,6}{0,24} \approx 6,7 \text{ кДж.}$$

Ответ:  $Q_{\text{получ.}} \approx 6,7$  кДж.

### 26 Возможное решение

Запишем формулу дифракционной решетки:  $d \sin \alpha = k\lambda$ , где период решетки  $d = \frac{1 \text{ мм}}{N} = \frac{10^{-3} \text{ м}}{500} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ . Максимальный порядок спектра  $k$  определяется максимальным углом отклонения от нормали  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\sin \alpha = 1$ , и округляется до ближайшего целого в меньшую сторону. Таким образом,

$$k = \frac{d \sin \alpha}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{550 \cdot 10^{-9}} \approx 3,64 = 3.$$

Ответ:  $k_{\text{max}} = 3$ .

### 27 Возможное решение

1. Определим конечное состояние смеси лёд — вода, для чего сравним количество теплоты  $Q_1$ , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты  $Q_2$ , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:

$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1) = 10500$  Дж, где  $t_1$ ,  $c_1$  и  $m_1$  — начальная температура, удельная теплоёмкость и масса льда соответственно;

$Q_2 = c_2 m_2 t_2 = 42000$  Дж, где  $t_2$ ,  $c_2$  и  $m_2$  — начальная температура, удельная теплоёмкость и масса воды соответственно.

$Q_1 < Q_2$ , следовательно, лёд нагреется до  $0^\circ\text{C}$  и начнёт плавиться.

2. Для того чтобы полностью расплавить лёд, воде необходимо отдать количество теплоты  $Q_3 = \lambda m_1 = 330\,000 \cdot 0,5 = 165\,000$  Дж.

Так как  $Q_2 < Q_1 + Q_3$ , только часть льда массой  $m_3$  превратится в воду, и в сосуде установится конечная температура  $t_k = 0^\circ\text{C}$ .

3. Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_2 m_2 t_2 - c_1 m_1 (0 - t_1) - \lambda m_3 = 0.$$

Таким образом, масса льда, который расплавится,

$$m_3 = \frac{c_2 m_2 t_2 - c_1 m_1 (0 - t_1)}{\lambda} = \frac{42000 - 10500}{330\,000} \approx 0,095 \text{ кг.}$$

В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться  $M = 1 + 0,095 = 1,095$  кг воды.

Ответ:  $M \approx 1,095$  кг.

28

**Возможное решение**

1. До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые резисторы  $R_1$ ,  $R_2$  и катушку  $L$ . Согласно закону Ома для полной цепи  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{24}{8 + 3 + 1} = 2$  А. При этом напряжение на конденсаторе  $U = IR_2 = 2 \cdot 3 = 6$  В.

2. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия

$$W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 36}{2} = 36 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} = 36 \text{ мкДж},$$

а в катушке индуктивности —  $W_L = \frac{LI^2}{2}$ .

3. После размыкания ключа вся накопленная в элементах цепи энергия выделится в виде количества теплоты на резисторе  $R_2$ :

$$Q = W_L + W_C.$$

Следовательно,  $L = \frac{2(Q - W_C)}{I^2} = \frac{2(60 - 36) \cdot 10^{-6}}{4} = 12 \cdot 10^{-6}$  Гн.

**Ответ:**  $L = 12$  мкГн.

29

**Возможное решение**

Энергия фотона связана с длиной волны электромагнитного излучения  $\lambda$  соотношением  $E_\phi = \frac{hc}{\lambda}$ .

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:  $m = \frac{hc n \tau}{c_{\text{уд}} \lambda \Delta t} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 70}{4200 \cdot 3,3 \cdot 10^{-7} \cdot 10} = 0,1$  кг.

**Ответ:**  $m = 0,1$  кг.

30

**Возможное решение****Обоснование:**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО). Тело описываем моделью материальной точки, так как его размеры малы по сравнению с радиусом сферы.

2. При движении тела  $m$  по поверхности сферы на тело действуют потенциальная сила тяжести  $m\vec{g}$  и сила реакции опоры  $\vec{N}$  со стороны сферы, перпендикулярная поверхности сферы (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы  $\vec{N}$  при движении тела по поверхности сферы равна нулю. Следовательно, механическая энергия тела при его движении по поверхности сферы сохраняется.

3. Поскольку тело описывается моделью материальной точки, условие отрыва этого тела от поверхности сферы формулируется на основе второго закона Ньютона. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры  $\vec{N}$ .

**Решение:**

1. Запишем закон сохранения энергии для двух состояний тела (на вершине сферы и в момент отрыва):

$$mgR = mg(R-h) + \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

где  $m$  — масса тела,  $v$  — скорость тела в момент отрыва.

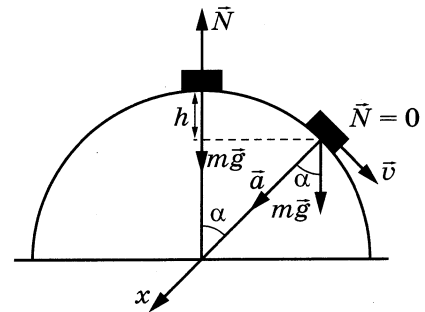
2. Запишем в точке отрыва второй закон Ньютона в проекциях на ось  $x$ :

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos \alpha. \quad (2)$$

3. Используя (1), (2) и условие  $\cos \alpha = \frac{(R-h)}{R}$ , получим:  $h = \frac{R}{3}$ ,  $\cos \alpha = \frac{2}{3}$  и  $v^2 = \frac{2gR}{3}$ .

$$\text{Отсюда } R = \frac{3v^2}{2g} = \frac{3 \cdot 25}{2 \cdot 10} = 3,75 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $R = 3,75$  м.



## Вариант 7

24

## Возможное решение

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

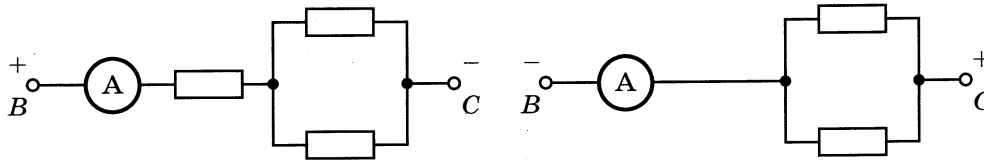


Рис. 1

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 левый 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,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}}}$ , получим, что сила тока через амперметр увеличилась в 3 раза и стала равна 6 А.

25

## Возможное решение

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

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

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

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

В итоге получим:

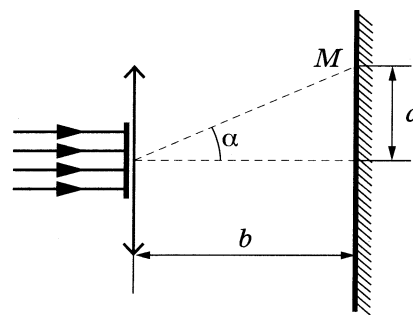
$$\mu = \frac{F - m(a + g) - Ma}{Mg} = \frac{10 - 0,25 \cdot (2 + 10) - 2 \cdot 2}{2 \cdot 10} = 0,15.$$

Ответ:  $\mu = 0,15$ .

26

**Возможное решение**

После прохождения светом дифракционной решётки и линзы на экране будет формироваться дифракционный спектр, представляющий собой симметричные относительно центра повторяющиеся светлые полосы. В точке  $M$  (см. рисунок) под углом  $\alpha$  к нормали к решётке будет наблюдаться  $k$ -й максимум в соответствии с условием  $d \sin \alpha = k\lambda$ . Так как угол  $\alpha$  по условию можно считать малым, то  $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$ .



Для первого максимума:  $a_1 = \frac{\lambda b}{d}$ ; для второго максимума:  $a_2 = \frac{2\lambda b}{d}$ .

Вычтем из второго уравнения первое и, учитывая, что  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , получим выражение для периода решётки:

$$d = \frac{cb}{\nu(a_2 - a_1)} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 0,36}{4,5 \cdot 10^{14} \cdot 0,03} = 0,008 \text{ мм.}$$

Отсюда число штрихов на 1 мм:

$$N = \frac{1}{0,008} = 125 \text{ мм}^{-1}.$$

Ответ:  $N = 125 \text{ мм}^{-1}$ .

27

**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:  $\varphi = 75\%$ .



28

**Возможное решение**

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

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

где  $3C = C + 2C$  — 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  $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \sim \varepsilon$ , то суммарная ёмкость конденсаторов станет равной  $C + 2C/\varepsilon$ , а напряжение на конденсаторах будет равно  $U_1$ , так что

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

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

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

29

**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.

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

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

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

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

30

**Возможное решение****Обоснование:**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Невесомый стержень и грузы  $m_1$  и  $m_2$  образуют твёрдое тело (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Изменение механической энергии твёрдого тела в ИСО равно работе ВНЕШНИХ непотенциальных сил. На твёрдое тело «стержень и грузы  $m_1$  и  $m_2$ » действуют следующие ВНЕШНИЕ силы:  $\vec{N}$  со стороны оси, на которой вращается стержень, и потенциальные силы тяжести  $m_1\vec{g}$  и  $m_2\vec{g}$ . Работа силы  $\vec{N}$  равна нулю, так как по условию трение отсутствует. Поэтому механическая энергия твёрдого тела «стержень и грузы  $m_1$  и  $m_2$ » сохраняется.

4. Искомая сила  $\vec{F}$  связана третьим законом Ньютона с силой  $\vec{T}$ , с которой стержень действует на груз  $m_1$ :  $\vec{F} = -\vec{T}$ .

5. Груз  $m_1$  считаем материальной точкой и находим силу  $\vec{T}$  из второго закона Ньютона для  $m_1$ .

### 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

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

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 в любой момент времени угловая скорость вращения грузов 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 в проекциях на вертикальную ось второй закон Ньютона для момента прохождения грузом  $m_1$  положения равновесия:  $m_1 a = T - m_1 g$ , 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  $v_1^2 = \frac{8}{9}gl$ . Подставим 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:**  $F = 1,4 \text{ Н.}$

## Вариант 8

24

## Возможное решение

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

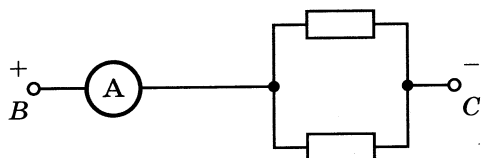


Рис. 1

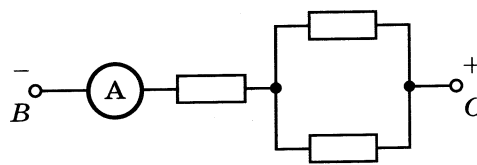


Рис. 2

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 соотношение для вычисления сопротивления параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы в первом 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, будет 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 левый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя соотношения для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы во втором 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,  $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}}}$ , получим, что сила тока через амперметр уменьшится в 3 раза и станет равной 0,5 А.

25

## 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:

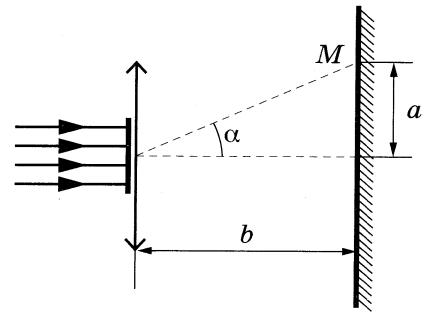
$$M = \frac{F - m(a + g)}{a + \mu g} = \frac{9 - 0,25 \cdot (2 + 10)}{2 + 0,2 \cdot 10} = 1,5 \text{ кг.}$$

Ответ:  $M = 1,5$  кг.

**26** **Возможное решение**

После прохождения светом дифракционной решётки и линзы на экране будет формироваться дифракционный спектр, представляющий собой симметричные относительно центра повторяющиеся светлые полосы. В точке  $M$  (см. рис.) под углом  $\alpha$  к нормали к решётке будет наблюдаться  $k$ -й максимум в соответствии с условием  $d \sin \alpha = k\lambda$ . Так как угол  $\alpha$  по условию можно считать малым,

$$\text{то } \sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}.$$



Для второго максимума:  $a_2 = \frac{2\lambda b}{d}$ ; для третьего максимума:  $a_3 = \frac{3\lambda b}{d}$ .

Вычтем из второго уравнения первое и, учитывая, что  $\lambda = \frac{c}{\nu}$ , получим выражение для периода решётки:

$$d = \frac{cb}{\nu(a_3 - a_2)} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 3,6}{6,0 \cdot 10^{14} \cdot 0,03} = 60 \text{ мкм.}$$

**Ответ:**  $d = 60$  мкм.

**27** **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.

28

**Возможное решение**

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

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

где  $3C = C + 2C$  — 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  $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \sim \varepsilon$ , то суммарная ёмкость конденсаторов станет равной  $(C/\varepsilon + 2C)$ , а напряжение на конденсаторах будет равно  $U_2$ , так что

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

Решая систему уравнений (1)–(2), получим:  $U_2 = \frac{3\varepsilon}{1+2\varepsilon} U$ .

Ответ:  $U_2 = \frac{3\varepsilon}{1+2\varepsilon} U$ .

29

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

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

30

**Возможное решение****Обоснование:**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Невесомый стержень и грузы  $m_1$  и  $m_2$  образуют твёрдое тело (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).

3. Изменение механической энергии твёрдого тела в ИСО равно работе ВНЕШНИХ непотенциальных сил. На твёрдое тело «стержень и грузы  $m_1$  и  $m_2$ » действуют следующие ВНЕШНИЕ силы:  $\vec{N}$  со стороны оси, на которой вращается стержень, и потенциальные силы тяжести  $m_1 \vec{g}$  и  $m_2 \vec{g}$ . Работа силы  $\vec{N}$  равна нулю, так как по условию трение отсутствует. Поэтому механическая энергия твёрдого тела «стержень и грузы  $m_1$  и  $m_2$ » сохраняется.

4. Искомая сила  $\vec{F}$  связана третьим законом Ньютона с силой  $\vec{T}$ , с которой стержень действует на груз  $m_2$ :  $\vec{F} = -\vec{T}$ .

5. Груз  $m_2$  считаем материальной точкой и находим силу  $\vec{T}$  из второго закона Ньютона для  $m_2$ .

**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 в любой момент времени угловая скорость вращения грузов 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 в проекциях на вертикальную ось второй закон Ньютона для момента прохождения грузом  $m_2$  положения равновесия:

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

$T$  — сила, с которой стержень действует на второй 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  $v_2^2 = \frac{v_1^2}{4} = \frac{2}{9}gl$ .

Подставим полученное выражение в п. 4:

$$F = T = m(g - a) = mg \left(1 - \frac{2}{9}\right) = \frac{mg}{3} = \frac{0,03 \cdot 10}{3} = 0,1 \text{ Н.}$$

**Ответ:**  $F = 0,1 \text{ Н.}$



## Вариант 9

24

## Возможное решение

1. Относительная влажность воздуха и плотность водяных паров увеличились.
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 растёт. Следовательно, относительная влажность увеличивается.
5. С увеличением парциального давления водяного пара при постоянной температуре, по уравнению Менделеева — Клапейрона, плотность водяных паров также увеличивается:  $\rho = \frac{P_{\text{пара}} \mu}{RT}$ .

25

## 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:  $F = 0,8 \text{ Н.}$

26

## Возможное решение

Согласно принципу суперпозиции, вектор напряжённости результирующего электрического поля равен:  $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$ .

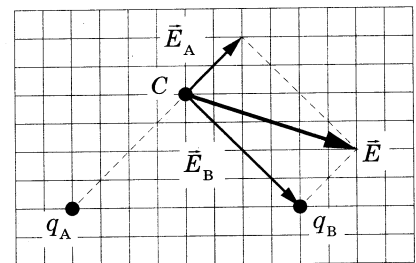
Построим векторы напряжённости электрических полей в точке  $C$  от точечных зарядов, расположенных в точках  $A$  и  $B$  (см. рисунок). Сложение векторов  $\vec{E}_A$  и  $\vec{E}_B$  производится по правилу параллелограмма, вектор  $\vec{E}$  является его диагональю.

Из рисунка видно, что  $E_B = 2E_A$ , т. к. длина вектора  $\vec{E}_B$  в 2 раза больше длины  $\vec{E}_A$ .

Напряжённость полей точечных зарядов определяется формулами  $E_A = k \frac{q_A}{r_A^2}$

и  $E_B = k \frac{q_B}{r_B^2}$ . Поскольку  $r_A = r_B$ , то  $|q_B| = 2q_A$ . Вектор  $\vec{E}_B$  направлен в сторону заряда  $q_B$ , значит,  $q_B < 0$ . В итоге:  $q_B = -10 \text{ нКл.}$

Ответ:  $q_B = -10 \text{ нКл.}$



27

**Возможное решение**

1. При изобарном сжатии над аргоном совершается работа:

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

где  $p$  — давление аргона 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.

28

**Возможное решение**

Мощность  $P = I^2 R$ .

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

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

2. Ключ замкнут.  $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{R}{2}$ ;  $I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}$ .

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

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

29

**Возможное решение**

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электрического поля,

$$|\vec{F}_э| = eE. \quad (1)$$

Модуль силы Лоренца

$$|\vec{F}_л| = evB. \quad (2)$$

Для того чтобы электроны отклонялись на восток, должно быть

$$|\vec{F}_э| > |\vec{F}_л|. \quad (3)$$

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.

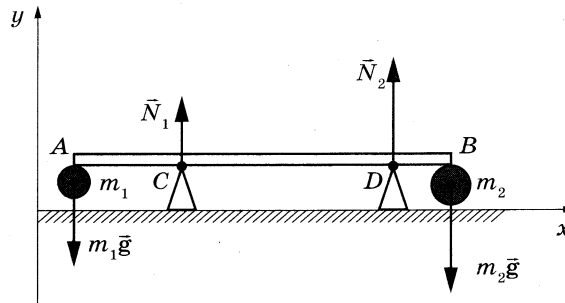
30

**Возможное решение****Обоснование:**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Невесомый стержень  $AB$  и шары  $m_1$  и  $m_2$  образуют твёрдое тело (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движения. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два: одно для поступательного движения, другое — для вращательного движения.
4. Сумма приложенных к твёрдому телу внешних сил равна нулю (условие равновесия твёрдого тела относительно поступательного движения). Поэтому сумма моментов этих сил относительно любых двух параллельных осей одна и та же. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку  $A$ .
5. Силы давления стержня на опоры связаны с силами давления опор на стержень третьим законом Ньютона.

**Решение:**

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют внешние 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.

## Вариант 10

## 24 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:  $\rho = \frac{P_{\text{пара}} \mu}{RT}$ .

## 25 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:

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

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:  $F = 9,2 \text{ Н.}$

## 26 Возможное решение

Согласно принципу суперпозиции, вектор напряжённости результирующего электрического поля равен:  $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$ .

Построим векторы напряжённости электрических полей в точке  $C$  от точечных зарядов, расположенных в точках  $A$  и  $B$  (см. рис.). Сложение векторов  $\vec{E}_A$  и  $\vec{E}_B$  производится по правилу параллелограмма, вектор  $\vec{E}$  является его диагональю.

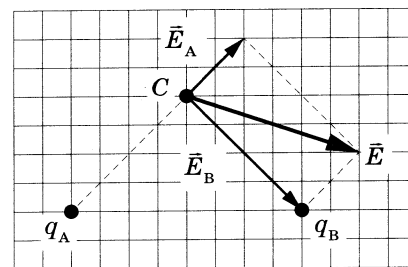
Из рисунка видно, что  $E_B = 2E_A$ , т. к. длина вектора  $\vec{E}_B$  в 2 раза больше длины  $\vec{E}_A$ .

Напряжённость полей точечных зарядов определяется формулами  $E_A = k \frac{|q_A|}{r_A^2}$

и  $E_B = k \frac{|q_B|}{r_B^2}$ . Поскольку  $r_A = r_B$ , то  $|q_A| = |q_B|/2 = 2,5 \text{ нКл}$ . Вектор  $\vec{E}_A$  направлен

от заряда  $q_A$ , значит,  $q_A > 0$ . В итоге:  $q_A = +2,5 \text{ нКл}$ .

Ответ:  $q_A = +2,5 \text{ нКл}$ .



27

**Возможное решение**

1. При изобарном сжатии над аргоном совершается работа:

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

где  $p$  — давление аргона 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.

28

**Возможное решение**

Мощность  $P = I^2 R$ .

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

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

2. Ключ замкнут.  $R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{R}{2}$ ;  $I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}$ .

Мощность, выделяемая на резисторе  $R_1$ ,  $P_{II} = \frac{4\mathcal{E}^2 R}{(3R + 2r)^2}$ .

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.



29

**Возможное решение**

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электрического поля,

$$|\vec{F}_э| = eE. \quad (1)$$

Модуль силы Лоренца

$$|\vec{F}_л| = evB. \quad (2)$$

Для того чтобы электроны отклонялись на запад, должно быть

$$|\vec{F}_э| < |\vec{F}_л|. \quad (3)$$

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:

$$E < B \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}} = 10^{-3} \sqrt{\frac{2(6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 6,2 \cdot 10^{14} - 2,39 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19})}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 243 \text{ В/м.}$$

**Ответ:**  $E < E_0 \approx 243 \text{ В/м.}$

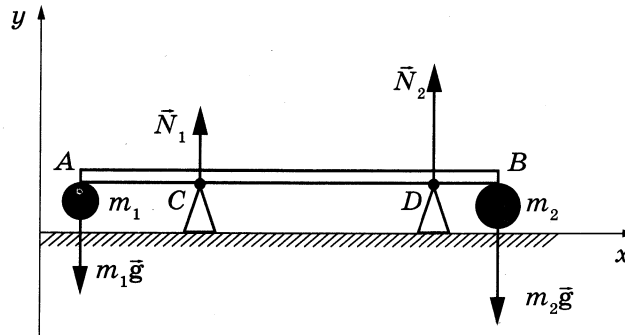
30

**Возможное решение****Обоснование:**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Невесомый стержень  $AB$  и шары  $m_1$  и  $m_2$  образуют твёрдое тело (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Любое движение твёрдого тела является суперпозицией поступательного и вращательного движения. Поэтому условий равновесия твёрдого тела в ИСО ровно два; одно для поступательного движения, другое — для вращательного движения.
4. Сумма приложенных к твёрдому телу внешних сил равна нулю (условие равновесия твёрдого тела относительно поступательного движения). Поэтому сумма моментов этих сил относительно любых двух параллельных осей одна и та же. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через точку  $A$ .
5. Силы давления стержня на опоры связаны с силами давления опор на стержень третьим законом Ньютона.

**Решение:**

1. На твёрдое тело, образованное стержнем и двумя шарами, действуют внешние 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:

$$\begin{cases} N_1 + N_2 - m_1 g - m_2 g = 0 & \text{— центр масс не движется вдоль оси } Oy; \\ N_1 x + N_2 (l + x) - m_2 g L = 0 & \text{— нет вращения вокруг оси, проходящей} \\ & \text{перпендикулярно рисунку через точку } A. \end{cases}$$

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

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

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

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.

Издание для дополнительного образования  
**ЕГЭ. ФИПИ — ШКОЛЕ**  
**ЕГЭ. ФИЗИКА**  
**ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ**  
**10 ВАРИАНТОВ**

Под редакцией *Марины Юрьевны Демидовой*

Главный редактор *И. Федосова*  
Ответственный редактор *О. Чеснокова*  
Редактор *П. Вяткина*  
Художественный редактор *О. Медведева*  
Технический дизайнер *В. Дронов*  
Компьютерная вёрстка *Т. Серeda*  
Корректор *А. Полякова*

Подписано в печать 12.09.2022. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Усл. печ. л. 20,0. Печать офсетная. Бумага типографская.  
Тираж 8000 экз. Заказ № 857.

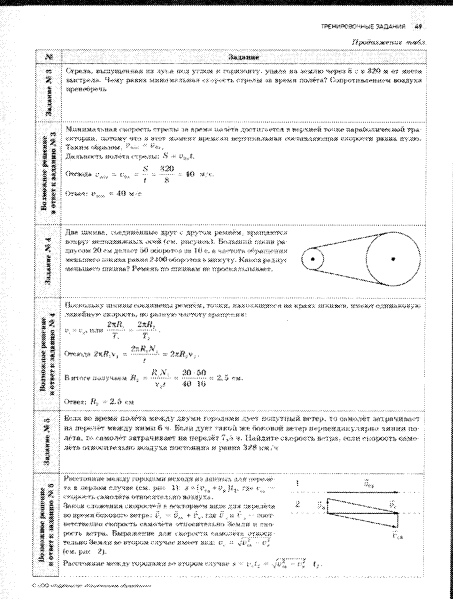
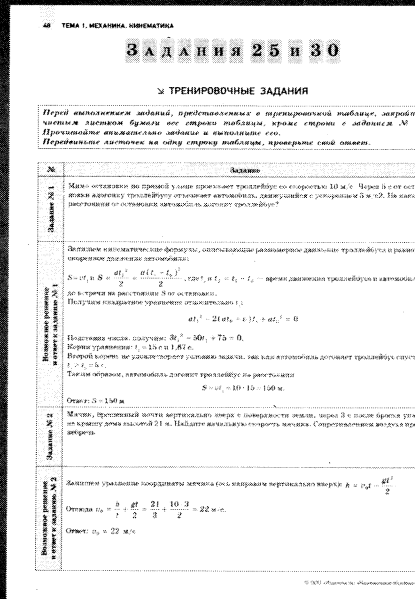
ООО «Издательство «Национальное образование»  
119021, Москва, ул. Россолимо, д. 17, стр. 1, тел.: +7 (495) 788-00-75(76)

Свои пожелания и предложения по качеству и содержанию книг  
Вы можете направлять по эл. адресу: [editorial@nabr.ru](mailto:editorial@nabr.ru)

Отпечатано в ООО «Типография «Миттель Пресс»  
Адрес: 127254, г. Москва, ул. Руставели, д. 14, стр. 6  
Тел./факс: +7 (495) 619-08-30, 647-01-89  
E-mail: [mittelpress@mail.ru](mailto:mittelpress@mail.ru) [www.mittelpress.ru](http://www.mittelpress.ru)

# ЕГЭ. ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ. УЧЕБНАЯ КНИГА

Книги серии «ЕГЭ. ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ. УЧЕБНАЯ КНИГА» предназначены для использования в урочной и внеурочной деятельности, а также в дополнительном образовании и самообразовании детей для активизации и обобщения знаний по предмету за курс средней школы, совершенствования умений и навыков выполнения типовых экзаменационных заданий единого государственного экзамена 2023 года, развития творческих способностей старшеклассников.



Учебная книга содержит материалы, созданные разработчиками контрольных измерительных материалов ЕГЭ по физике, по каждой теме, проверяемой в ЕГЭ демоверсии 2023 года:

- характеристику каждого типа заданий;
- примеры выполнения всех типовых заданий ЕГЭ с комментариями и ответами;
- теорию, необходимую для выполнения всех типов заданий по теме;
- тренировочные материалы к каждому типу заданий ЕГЭ в рамках темы, включая диагностические работы из типовых заданий ЕГЭ;
- критерии оценивания и ответы ко всем заданиям;
- встроенный бланк ответа для тренировки навыков его правильного заполнения;
- дополнительные тренировочные материалы по темам на онлайн-ресурсе [ege.plus](http://ege.plus).

## В УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКТ ВХОДЯТ УЧЕБНЫЕ ИЗДАНИЯ:

ЕГЭ. Физика. Типовые экзаменационные варианты. 10 ВАРИАНТОВ

ЕГЭ. Физика. Типовые экзаменационные варианты. 30 ВАРИАНТОВ

ЕГЭ. Физика. Отличный результат. УЧЕБНАЯ КНИГА



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ  
[www.nobr.ru](http://www.nobr.ru)

Онлайн-  
поддержка  
**НИКО**



Учебно-методическое сопровождение  
АНО ДПО «Национальный  
институт качества образования»  
[niko.institute](http://niko.institute)



# МОДУЛЬНЫЙ ТРИАКТИВ-КУРС

## АКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ — ОТЛИЧНЫЙ РЕЗУЛЬТАТ

Пособия серии позволяют добиться значительного повышения результативности в освоении школьного курса и подготовке к государственной итоговой аттестации (ОГЭ и ЕГЭ).

В каждом пособии выделены три блока:

- учебно-диагностическая книга,
- тренировочные задания,
- итоговые проверочные работы.

Материалы изданий серии активизируют работу обучающихся по ТРЕМ направлениям:

- актуализация и систематизация знаний;
- развитие умений и навыков практического применения знаний при выполнении типовых экзаменационных заданий в формате тренинга и контроля/самоконтроля;
- формирование универсальных учебных действий, необходимых для успешного выполнения экзаменационных работ.

### УНИКАЛЬНАЯ СЕРИЯ УЧЕБНО-ПРАКТИЧЕСКИХ КНИГ

**ТЕОРИЯ**

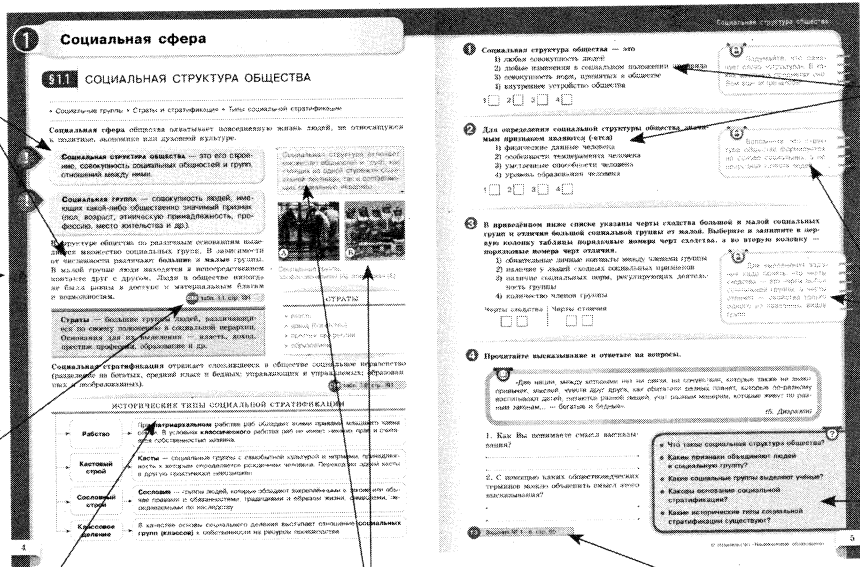
Основной текст с выделением ключевых элементов содержания

Фон поля — навигационный элемент

Ссылки на справочные материалы или на другие параграфы книги

Блок-схемы и таблицы

**ПРАКТИКА**



«Помощники» — рекомендации по выполнению заданий или дополнительная информация к ним

Вопросы на закрепление материала параграфа

Ссылка на тренировочные задания к параграфу

Обучающие задания в формате ОГЭ/ЕГЭ с полями для фиксации ответов

### ОСОБЕННОСТИ ПОСОБИЙ СЕРИИ:

- универсальность;
- тесная взаимосвязь компонентов каждого блока;
- модульная структура;
- систематизация большого объема теоретических сведений в иллюстративно-схематичной форме;
- лаконичность и жесткая структурированность текстового материала книги;
- единый принцип представления учебного материала для УМК по всем предметам;
- удобство навигационной системы;
- современный дизайн.



Котова О. А., Лискова Т. Е.  
**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
8 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
160 стр.

ISBN 978-5-4454-1366-0



Котова О. А., Лискова Т. Е.  
**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
9 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
232 стр.

ISBN 978-5-4454-1501-5



Котова О. А., Лискова Т. Е.  
**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
10 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
224 стр.

ISBN 978-5-4454-1611-1



Котова О. А., Лискова Т. Е.  
**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
11 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
256 стр.

ISBN 978-5-4454-1672-2



Кириллов В. В.,  
Бравина М. А.  
**ИСТОРИЯ РОССИИ**  
10-11 КЛАССЫ  
От Древней Руси  
до конца XVII века  
Модульный  
триактив-курс  
208 стр.

ISBN 978-5-4454-1601-2



Кириллов В. В.,  
Бравина М. А.  
**ИСТОРИЯ РОССИИ**  
10-11 КЛАССЫ  
XVIII-XIX века  
Модульный  
триактив-курс  
288 стр.

ISBN 978-5-4454-1200-7



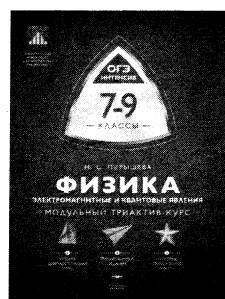
Кириллов В. В.,  
Бравина М. А.  
**ИСТОРИЯ РОССИИ**  
10-11 КЛАССЫ  
XX век –  
начало XXI века  
Модульный  
триактив-курс

ISBN 978-5-4454-1355-6



Пурышева Н. С.  
**ФИЗИКА**  
7-9 КЛАССЫ  
Механика.  
Тепловые явления  
Модульный  
триактив-курс  
208 стр.

ISBN 978-5-4454-1413-1



Пурышева Н. С.  
**ФИЗИКА**  
7-9 КЛАССЫ  
Электромагнитные,  
световые  
и квантовые явления  
Модульный  
триактив-курс

ISBN 978-5-4454-1597-8



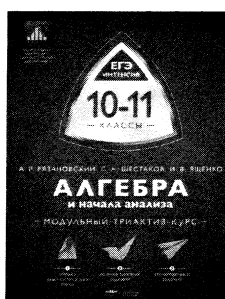
Рохлов В. С.,  
Никишова Е. А.  
**БИОЛОГИЯ**  
10 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
192 стр.

ISBN 978-5-4454-1337-0



Рохлов В. С.,  
Никишова Е. А.  
**БИОЛОГИЯ**  
11 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
272 стр.

ISBN 978-5-4454-0376-0



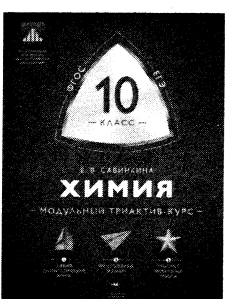
Рязановский А. Р.,  
Шестаков С. А.,  
Яценко И. В.  
**АЛГЕБРА И НАЧАЛА  
АНАЛИЗА**  
10-11 КЛАССЫ  
Модульный  
триактив-курс  
360 стр.

ISBN 978-5-4454-0312-8



Савинкина Е. В.  
**ХИМИЯ**  
8-9 КЛАССЫ  
Модульный  
триактив-курс  
208 стр.

ISBN 978-5-4454-0391-3



Савинкина Е. В.  
**ХИМИЯ**  
10 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
160 стр.

ISBN 978-5-4454-0389-0



Савинкина Е. В.  
**ХИМИЯ**  
11 КЛАСС  
Модульный  
триактив-курс  
192 стр.

ISBN 978-5-4454-0390-6



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**  
www.nobr.ru

Онлайн-  
поддержка  
**НКО**



Учебно-методическое сопровождение  
АНО ДПО «Национальный  
институт качества образования»  
niko.institute



# ФГОС. ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ



ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА



ПРАКТИКУМ



САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА



КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА



ПРОЕКТ

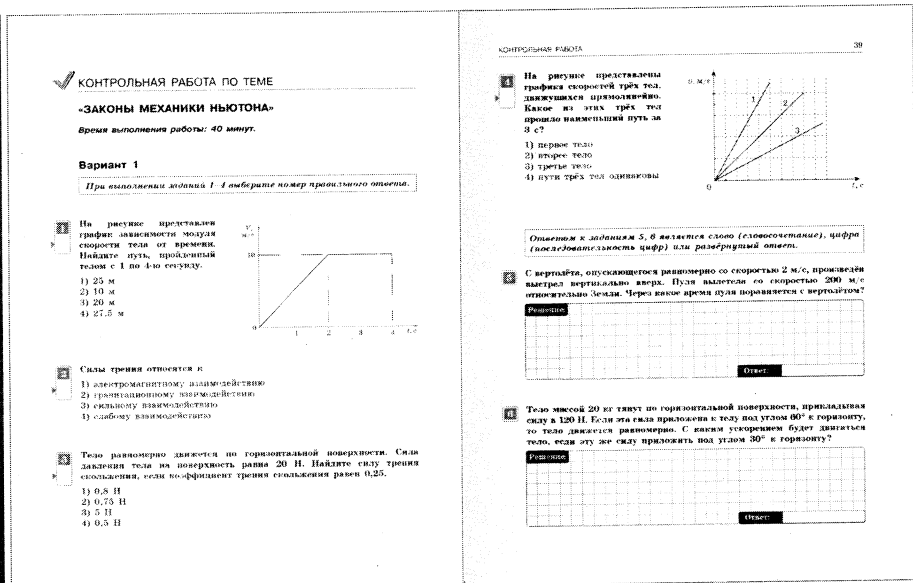
Серия подготовлена с участием разработчиков контрольных измерительных материалов ОГЭ и ЕГЭ.

Издания серии позволяют реализовать деятельностный подход в обучении школьников в контексте требований Федерального государственного образовательного стандарта.

Каждое издание включает:

- рабочую тетрадь;
- приложение с ответами и критериями оценивания.

Пособие содержит материал для текущего, тематического и итогового контроля результатов обучения в форме самостоятельных, контрольных, лабораторных работ, практикумов, проектов и пр.



Соколова С. А. | ФИЗИКА. Тематический контроль | 10 класс | 256 стр.

## ОСОБЕННОСТИ СЕРИИ:

- охват основных тем предметного курса;
- возможность проведения проверочных работ разного типа в течение всего учебного года;
- возможность организации систематической подготовки обучающихся к государственной итоговой аттестации;
- наличие четкой системы оценивания результатов;
- возможность проведения самоанализа выполненных работ и самооценки.



**РУССКИЙ ЯЗЫК**  
Тематический контроль  
5 класс

Под редакцией  
И. П. Цыбулько

240 стр.

ISBN 978-5-4454-1201-4



**РУССКИЙ ЯЗЫК**  
Тематический контроль  
6 класс

Под редакцией  
И. П. Цыбулько

176 стр.

ISBN 978-5-4454-1202-1



**РУССКИЙ ЯЗЫК**  
Тематический контроль  
7 класс

Под редакцией  
И. П. Цыбулько

176 стр.

ISBN 978-5-4454-1203-8



**РУССКИЙ ЯЗЫК**  
Тематический контроль  
8 класс

Под редакцией  
И. П. Цыбулько

240 стр.

ISBN 978-5-4454-1216-8



**РУССКИЙ ЯЗЫК**  
Тематический контроль  
9 класс

Под редакцией  
И. П. Цыбулько

176 стр.

ISBN 978-5-4454-1217-5



**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
Тематический контроль  
5-6 классы

144 стр.

Лобанов И. А.

ISBN 978-5-4454-0911-3



**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
Тематический контроль  
7 класс

112 стр.

Лобанов И. А.

ISBN 978-5-4454-1143-7



**ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ**  
Тематический контроль  
8 класс

176 стр.

Лобанов И. А.

ISBN 978-5-4454-1077-5



**АЛГЕБРА**  
Тематический контроль  
7 класс

192 стр.

Черняева М. А.,  
Анпилогова О. В.,  
Карапетян А. К.

ISBN 978-5-4454-1261-8



**АЛГЕБРА**  
Тематический контроль  
8 класс

176 стр.

Черняева М. А.,  
Анпилогова О. В.,  
Карапетян А. К.

ISBN 978-5-4454-0071-4

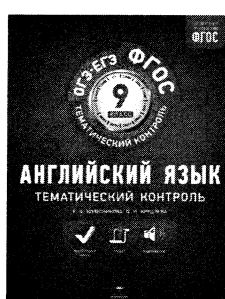


**АЛГЕБРА**  
Тематический контроль  
9 класс

208 стр.

Черняева М. А.,  
Анпилогова О. В.,  
Карапетян А. К.

ISBN 978-5-4454-0069-1



**АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК**  
Тематический контроль  
9 класс

96 стр. + CD

Колесникова Е. А.,  
Кирдяева О. И.

ISBN 978-5-4454-1333-2



**ВСЕОБЩАЯ ИСТОРИЯ**  
Тематический контроль  
5 класс

240 стр.

Саплина Е. В.

ISBN 978-5-4454-0778-2



**ИСТОРИЯ РОССИИ**  
Тематический контроль  
9 класс

240 стр.

Артасов И. А.,  
Войцик Ю. Г.

ISBN 978-5-4454-0724-9



**ХИМИЯ**  
Тематический контроль  
8-9 классы

160 стр.

Каверина А. А.,  
Молчанова Г. Н.,  
Снастина М. Г.

ISBN 978-5-4454-1338-7



ИЗДАТЕЛЬСТВО  
**НАЦИОНАЛЬНОЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**

www.nobr.ru

Онлайн-  
поддержка  
**НИКО**



Учебно-методическое сопровождение  
АНО ДПО «Национальный  
институт качества образования»  
niko.institute



# Все книги издательства можно приобрести в книжных магазинах:

**Федеральные интернет-магазины**  
Интернет-магазин «Озон»  
www.ozon.ru

Интернет-магазин «Вайлдберриз»  
www.wildberries.ru

Интернет-магазин «Книжный Лабиринт»  
www.labirint.ru

**Москва**  
ООО «ТК «Абрис»  
www.textbook.ru  
(495) 139-89-40

ООО «Развитие»  
razvitie.ltd  
e-mail: zakaz@razvitie.ltd  
(495) 989-14-38, (498) 647-55-66

Межрегиональный центр «Глобус»  
www.roslit.ru  
e-mail: sales@roslit.ru  
(499) 391-74-67, (495) 728-01-54

Книжный магазин «Библио-Глобус»  
ул. Мясницкая, д. 6/3, стр. 1  
bgshop.ru  
(495) 781-19-00

ООО «Дидактик»  
г. Долгопрудный, Новое шоссе, д. 38  
e-mail: mdir@didactik.ru  
(495) 788-01-41

ГУП г. Москвы «Объединенный центр «Московский дом книги»  
ул. Новый Арбат, д. 8  
www.bearbooks.ru  
(495) 789-35-91, (495) 648-17-68

ООО «ТД «Образование»  
ул. Кашицкая, д. 22, корп. 1, стр. 5,  
5-й эт., пом. IX  
e-mail: zakaz@tdobr.ru  
(495) 266-65-81

Дом книги «Медведково»  
пр-д Заревый, д. 12  
www.bearbooks.ru  
(499) 476-16-90, (495) 656-92-97

ООО «Новое качество образования»  
пр-д Одовского, д. 3, корп. 1  
(800) 201-54-98

ООО «Иглика-Пресс»  
www.iglika.press.ru  
e-mail: iglika.press@yandex.ru  
(8 499) 136-62-62, 8 (800) 770-74-86

Интернет-магазин «Рослит»  
www.roslit.ru  
(495) 795-09-07, (495) 728-01-54

ИП Сергеев. Интернет-магазин  
ул. 1-я Останкинская, д. 55  
www.bookschool.ru  
(926) 542-01-35

Интернет-магазин «Амिता!»  
www.amital.ru  
(473) 223-00-02

**Санкт-Петербург**  
ООО «УЧТОР»  
пр-т Железнодорожный, д. 20  
e-mail: info@prosv-spb.ru  
(812) 612-11-03, 327-04-50

Магазин «Учебники» ДК им. Крупской  
пр-т Обуховской обороны, д. 105,  
пав. № 43  
(812) 335-01-61

ООО «Школьная книга»  
пр-т Заневский, д. 51  
www.sbooks.ru  
(812) 336-16-65

ИП Александров, «Учебная книга»  
(812) 341-04-58, (812) 342-41-05

**Абакан**  
ГАОУ РХ ДПО «Хакасский институт развития образования и повышения квалификации»  
ул. Хакасская, д. 73А  
(3902) 22-70-12

**Альметьевск**  
Сеть магазинов «Дом Книги»  
ул. Ленина, д. 60  
e-mail: lych@kazanbooks.ru  
(8 8553) 32-72-75

**Астрахань**  
Магазин «Глобус»  
ул. Красная Набережная, д. 96Б  
(908) 612-77-93

**Барнаул**  
Представительство «Библионики»  
ул. Деповская, 7, оф. А1-106  
e-mail: kulik\_ibiblionik.ru  
+7 (3852) 36-37-90

**Белгород**  
ООО «Новое качество образования»  
пр-т Б. Хмельницкого, 132-А  
(800) 201-54-98

ООО «Амिता!»  
б-р Народный, 806  
(4722) 42-48-42

**Бердск**  
Склад ООО «Библионик»  
ул. Барнаульская, д. 6  
+7 (383) 336-46-01, +7 (913) 457-33-58  
e-mail: zakaz@biblionik.ru

**Благовещенск**  
Книжный магазин «Оптика»  
ул. Горького, д. 155  
(4162) 51-27-30

**Братск**  
ООО «Книголюб»  
ул. Наймушина, д. 34  
e-mail: bookisland@mail.ru  
(3953) 40-99-63

**Бугульма**  
Магазин «Дом Книги»  
ул. М. Джалля, д. 7, ТД «Цум»  
+7 (987) 211-13-13

**Великий Новгород**  
ООО «Канцеляр»  
ул. Державина, д. 11  
e-mail: Marina601802@mail.ru  
8 (921) 022-72-62

**Владивосток**  
ООО «Дальгест»  
ул. Шефнера, д. 2  
8 (914) 705-60-36

Сеть магазинов «Глобус»  
ул. Овчинникова, д. 10  
globusbooks.ru  
(4232) 36-26-13

**Владикавказ**  
Магазин «Книги»  
ул. Бородинская, д. 12  
www.kmv-book.ru  
(8672) 44-54-26

**Владимир**  
Владимирский областной МЦ «Глобус»  
пр-т Ленина, д. 2  
www.globus-kniga.ru  
e-mail: vladimir@globus-kniga.ru  
(4922) 38-02-58

**Волгоград**  
МЦ «Глобус»  
ул. Аллея Героев, 3  
e-mail: 19126123@mail.ru  
e-mail: volgograd@globus-kniga.ru  
(8442) 49-23-69, (8442) 59-23-69

ИП Некрасова М. Ю.  
e-mail: rusobr@internet.ru  
e-mail: nekrasov@niko.institute  
+7 (961) 320-70-00

**Вологда**  
ООО «Учебная литература»  
ул. Гончарная, д. 2  
(8172) 51-18-48, (8172) 51-57-10,  
(8172) 51-94-10

**Воронеж**  
ООО «Амिता!»  
пр-т Ленинский, д. 153  
www.amital.ru  
(473) 223-17-02

**Грозный**  
Магазин «Атлас»  
ТЦ «Беркат», блок автостанции, 3-й эт.  
(989) 904-92-59

**Екатеринбург**  
ООО «Умная сова»  
пр-т Ленина, д. 99, цоколь  
(922) 152-85-01

Торговая компания «Люмна»  
ул. Студенческая, д. 1В  
www.lumna.ru  
(343) 228-10-70, (343) 228-10-91

**Ессентуки**  
Магазин «Твоя книга»  
ул. Кисловодская, д. 73  
(922) 704-93-87

**Зеленодольск**  
Магазин «Дом Книги»  
ул. Комсомольская, д. 8  
(84371) 5-64-62

**Иваново**  
Ивановский областной МЦ «Глобус»  
ул. Великая, д. 70  
www.globus-kniga.ru  
e-mail: ivanovo@globus-kniga.ru  
(4932) 58-55-74

**Иркутск**  
ООО «Продалит»  
ул. Ракитная, 12а/1  
e-mail: prodalit\_order@prodalit.ru  
e-mail: realiz@prodalit.ru  
(3952) 50-08-39, (3952) 48-60-36

ООО «СибВерк-Байкал»  
ул. Тракторная, д. 35  
e-mail: Sibverk-baikal@mail.ru  
(3952) 482-190

**Казань**  
ООО «Пега»  
ул. Гвардейская, д. 9А  
www.booksazan.ru  
(843) 272-72-73

**Калуга**  
Калужский областной МЦ «Глобус»  
ул. Баумана, д. 5  
www.globus-kniga.ru  
e-mail: kaluga@globus-kniga.ru  
(4842) 77-45-99

ООО «Школьный мир»  
ул. Достоевского, д. 29, пом. 6б  
(4842) 57-58-51

**Каменск-Уральский**  
ООО «Умная сова»  
пр-т Победы, д. 87  
(912) 623-68-59, (902) 150-90-68

**Кемерово**  
Филиал ООО «Книжный мир»  
пр-т Кузнецкий, д. 102  
e-mail: skazka@kmr.ru  
(3842) 21-14-88

**Киселевск**  
ООО «КиселевскКнига»  
пер. Транспортный, д. 2  
e-mail: kisbook1@yandex.ru  
(384-64) 223-52

**Комсомольск-на-Амуре**  
ООО «Планета»  
пр-т Первостроителей, д. 21  
(4217) 27-43-96

**Краснодар**  
ООО «Ремикс»  
ул. Восточный обход, д. 10  
(861) 227-74-57

Дом книги «Когорта»  
ул. Красная, д. 45  
(861) 262-99-20

ИП Некрасова М. Ю.  
e-mail: rusobr@internet.ru  
e-mail: nekrasov@niko.institute  
+7 (961) 320-70-00

**Красноярск**  
«Красноярский краевой институт повышения квалификации»  
пр-т Мира, д. 76  
(391) 227-90-00

ООО «СибКонтинент»  
ул. Спандарьяна, д. 12  
e-mail: c-book@scn.ru  
(391) 201-85-81

Книжный магазин «Территория»  
ул. Белинского, 8,  
ТРК «КомсомоЛЛ», 2-й эт.  
e-mail: 2194746@yandex.ru  
(391) 219-47-46, (913) 832-93-91

ООО «СибКнига»  
ул. 9 Мая, д. 10  
магазин «Яр Книга»  
яркнига24.рф  
e-mail: yarkniga@mail.ru  
(391) 22-33-500

ООО «Школьный мир»  
ул. Молокова, д. 40  
(391) 272-83-34

**Курск**  
ООО «Аистенок»  
ул. Щепкина, 22-24  
www.aistenok-kursk.ru  
(4712) 52-86-10

ООО «Амिता!»  
пр. Хрущева, д. 5А  
(4712) 51-91-15

**Липецк**  
ООО «Амिता!»  
пл. Плеханова, д. 7  
(4742) 47-02-53, (4742) 27-31-15

**Махакалла**  
Магазин «Алифба»  
ул. Ирчи Казака, д. 49/47, рынок,  
10-й ряд

Книготорговая компания  
«Дагкингсервис»  
ул. Белинского, д. 11Б;  
пр-т Имама Шамиля, 1 «г»  
(8722) 56-87-37

**Междуреченск**  
МУП «Междуреченский головной книжный магазин»  
п. Коммунистический, д. 10  
e-mail: book@rkt.ru  
(3847) 52-32-18

**Минеральные Воды**  
Магазин «Твоя Книга»  
ул. Карла Маркса, д. 51  
(928) 704-93-87

**Набережные Челны**  
Магазин «Книга+»  
пр-т Мира, д. 3, ТРЦ «Торговый квартал»  
(8552) 44-66-50

**Назрань**  
Магазин «Твоя Книга»  
ул. Фабричная, д. 26  
(928) 920-20-67

**Нальчик**  
Магазин «Твоя Книга»  
ул. Кирова, д. 353  
8 (928) 704-93-87

**Нижний Новгород**  
Книжный магазин «Учебная книга»  
пр-т Ленина, д. 1  
(831) 245-11-98

**Новороссийск**  
«Книжная лавка студента»  
ул. Южная, д. 5  
ул. Исаева, д. 6  
ул. Революции 1905 г., д. 21  
лавка-студента.рф  
shop.lavkastudenta.com

**Новосибирск**  
ООО «Академия школы»  
ул. Кривошеиной, оф. 106  
e-mail: dremlugova\_z@biblionik.ru  
(383) 375-52-59, 233-55-65;  
8 (913) 943-93-99

Книжный магазин «Академия школы»  
ул. Геодзическая, 4/1,  
ТЦ «Амстердам», эт. -2  
e-mail: savinykh\_s@biblionik.ru  
(383) 233-47-46, (383) 286-47-46

ООО «СибВерк»  
ул. Линейная, д. 114/3  
book.sibverk.ru  
(383) 200-01-55, (383) 200-06-29,  
(383) 347-88-20

**Новый Уренгой**  
ООО «Библиосфера»  
ул. Буккина, д. 5  
(3494) 94-55-84

**Новыйрок**  
Магазин «Дом Книги»  
пр-т Мира, д. 75А  
(3496) 34-16-42, (3496) 35-40-96

**Оленегорск**  
МУП «Кругозор»  
пр-т Ленинградский, д. 7  
(921) 165-64-54

**Омск**  
Книжный магазин «Учебная литература»  
ул. Ленина, д. 10, оф. 20, 2-й эт.  
(3812) 24-45-37, (3812) 23-83-36

**Оренбург**  
ООО «Фолиант»  
ул. Советская, д. 24  
(3532) 77-46-92, (3532) 77-20-24,  
(3532) 77-25-52

**Пенза**  
ОАО «Пензенский областной учебколлектор»  
ул. Рахманинова, д. 11  
(8412) 95-54-59, (8412) 52-07-26

**Пермь**  
Пермский краевой МЦ «Глобус»  
ул. Мира, 78А  
www.globus-kniga.ru  
e-mail: perm@globus-kniga.ru  
e-mail: kniga.perm@yandex.ru  
(342) 212-34-26, 8 (912) 58-20-010,  
8 (912) 88-10-110

**Петропавловск-Камчатский**  
ООО «Новое качество образования»  
ул. Кавказская, д. 40  
(800) 201-54-98

**Пятигорск**  
Оптовое-розничное предприятие «Твоя книга»  
ул. Бергеговая, д. 14  
www.kmv-book.ru  
(8793) 39-02-53, (928) 285-02-46

**Республика Крым, Симферополь**  
ООО «Торговая компания «Абрис»  
ул. Крылова, 172  
e-mail: znanie@textbook.ru  
(3652) 788-365, +7 (978) 091-05-91

Магазин «Школьный Мир»  
ул. Караминская, 23-В  
(978) 982-96-39

Розница: ул. Гагарина, д. 1;  
ул. Кирова, 19;  
опт: ул. Гагарина, д. 14А  
(800) 770-74-86

**Россошь**  
ООО «Амита!»  
ул. Труда, д. 26А  
(47396) 5-28-05

**Ростов-на-Дону**  
Сеть книжных магазинов «Магистр»  
ул. Б. Садовая, д. 67  
https://www.booka.ru  
e-mail: site@booka.ru  
(863) 279-39-11, (863) 248-01-68

ООО «Фэтон-пресс»  
ул. Нансена, д. 149  
https://faeton-press.ru  
e-mail: faeton\_svetlana@mail.ru  
(863) 240-83-25, (863) 240-74-88,  
(863) 322-12-84

ИП Некрасова М. Ю.  
e-mail: rusobr@internet.ru  
e-mail: nekrasov@niko.institute  
+7 (961) 320-70-00

**Рязань**  
Магазин «Учебники»  
ул. Халтурина, д. 1Б  
(4912) 44-67-75, (4912) 45-82-04

**Самара**  
«Книжный магазин»  
ул. Чернореченская, д. 21  
(846) 278-45-01, (917) 153-90-87

Сеть магазинов «Чаконна»  
www.chaconne.ru  
(846) 331-22-33

**Саратов**  
Сеть магазинов «Моя книга»  
ул. Осипова, д. 10А  
(8452) 72-65-65

Книготорговая компания «Полиграфист»  
ул. Чернышевского, д. 57А  
(8452) 29-42-98

**Смоленск**  
ООО «Книжный мир»  
ул. Октябрьской революции, д. 7  
(4812) 38-19-25

**Ставрополь**  
Магазин «Мир знаний»  
ул. Лермонтова, 1915  
(8652) 24-28-77, 8 (909) 756-66-85

**Старый Оскол**  
ООО «Амिता!»  
мкр-н Олимпийский, д. 62  
8 (4725) 39-00-10

**Сургут**  
Магазин «Живое слово»  
ул. Университетская, д. 29

**Сыктывкар**  
ООО «Бук-Регион»  
www.book-region.ru  
(8212) 57-04-05, (904) 862-73-97

**Тамбов**  
ТАМБОВКНИГА  
ул. Интернациональная, д. 52А  
(4752) 72-00-47

**Томск**  
ООО «Элион+»  
ул. Сергея Лазо, д. 24  
8 (923) 406-09-86, 8 (913) 801-58-31

ООО «Чисервис»  
ул. Пушкина, д. 27Ж  
(3822) 46-86-24  
e-mail: tomuchservice@gmail.com

**Тула**  
Магазин «Книжгород»  
ул. Максима Горького, д. 33  
(4872) 47-09-14

**Тюмень**  
ЗАО «Фолиант»  
ул. Республики, д. 137  
(3452) 32-34-86

Магазин «Книжный мир»  
ул. Рижская, д. 64, корп. 1  
(3452) 20-08-11

**Улан-Удэ**  
Магазин «Полином»  
www.polinom03.ru  
(3012) 44-07-28, (347) 241-07-70

ООО «Аганга»  
ул. Ранжурова, д. 10, пом. 3  
(924) 359-78-88

**Ульяновск**  
Ульяновский областной МЦ «Глобус»  
ул. Пушкинская, д. 15А  
www.globus-kniga.ru  
e-mail: simbirsk@globus-kniga.ru  
(8422) 67-55-77

**Уфа**  
ООО «Учебно-методический центр «Эдвис»  
ул. 50 лет СССР, д. 12  
www.edvisrb.ru  
(347) 282-52-01, (347) 282-56-30

Сеть книжных магазинов «Планета»  
www.planetabook.ru  
8-800-5000-338

**Челябинск**  
МУП «Учебколлектор»  
Минобразования Чувашии  
пр-т Школьный, д. 6А  
(8352) 56-24-75, (8352) 56-08-55

Книжный магазин «Библио-Глобус»  
ул. Молдавская, д. 16, 4-й эт.,  
ТРЦ «Фокус»  
(351) 799-22-05, (351) 799-21-76

ООО «ИнтерСервис ЛТД»  
8 (800) 550-21-29  
e-mail: info@fkniga.ru

**Чита**  
Сеть магазинов «Генезис»  
ул. Ангарская, д. 17  
(3022) 21-10-34

**Элиста**  
Книготорговая сеть «Учитель»  
ул. Ленина, д. 247/20  
(84722) 2-86-42

**Якутск**  
ООО «Книжный маркет»  
ул. Ярославского, д. 16/1  
(4112) 34-20-47, (4112) 34-10-30,  
(4112) 42-40-27

**Ярославль**  
ООО «Компания «Школьный проект»  
ул. М. Пролетарская, д. 18А, оф. 23А  
www.schoolprojekt76.ru  
(4852) 58-37-56, (4852) 58-37-57;  
8 (900) 111-63-53

Магазин «Школьники»  
ул. Светлая, д. 34  
(4852) 41-09-40, (4852) 41-09-54