

ПОСОБИЕ ПРОШЛО
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ
ОЦЕНКУ ФГБНУ

ФИПИ
ШКОЛЕ

2022

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

ЕГЭ

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ

М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



ПОСОБИЕ ПРОШЛО
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ
ОЦЕНКУ ФГБНУ

ФИПИ
ШКОЛЕ

2022

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

ЕГЭ

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Москва
2022

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», 2022. —
160 с. — (ЕГЭ. ФИПИ — школе).

ISBN 978-5-4454-1546-6.

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

В сборнике представлены:

- 10 типовых экзаменационных вариантов, составленных
в соответствии с проектом демоверсии КИМ ЕГЭ по физике
2022 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 978-5-4454-1546-6

© ООО «Издательство «Национальное
образование», 2022

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.	22
Вариант 3.	32
Вариант 4.	42
Вариант 5.	52
Вариант 6.	61
Вариант 7.	71
Вариант 8.	81
Вариант 9.	91
Вариант 10.	101
Ответы и критерии оценивания	111

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.

В начале варианта представлены два задания интегрированного характера, проверяющие элементы содержания не менее чем из трёх разделов курса физики. Задания 3–21 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.

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, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. В задании 22 нужно записать показания прибора с учётом абсолютной погрешности измерений, а в задании 23 выбрать

две экспериментальные установки, которые можно использовать для проверки заданной гипотезы.

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 расчётных 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 3–5, 9–11, 14–16, 20, 22 и 23 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или две цифры.

Каждое из заданий 7, 8, 13, 18, 19 и 21 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 2 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 1, 6, 12 и 17 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										

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
 А 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 А О О Е Е Е Е Е І і Ů ů ъ ѳ

ВНИМАНИЕ!

Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплексе

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



Код региона	Код предмета	Название предмета	Резерв - 5
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Бланк ответов № 2 (лист 2)			Лист

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

ВНИМАНИЕ! Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 30 заданий.

В заданиях 3–5, 9–11, 14–16 и 20 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/с². - 2 , 5 Бланк

Ответом к заданиям 1, 2, 6–8, 12, 13, 17–19, 21, 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	7

 4 7 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/с². 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, или перьевой ручки.

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

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

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

Желаем успеха!

Справочные данные

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

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

Масса частиц

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

Плотность			
воды	1000 кг/м ³	подсолнечного масла	900 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
		ртути	13 600 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 °С

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. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

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 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.

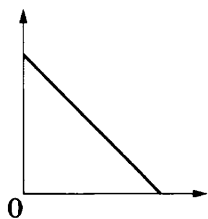
Ответ: _____.

2

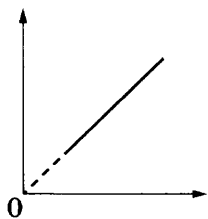
Даны следующие зависимости величин:

- 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

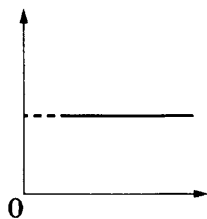
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



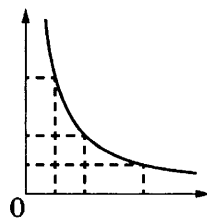
(1)



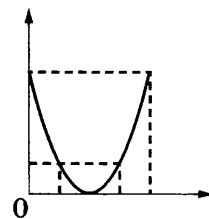
(2)



(3)



(4)

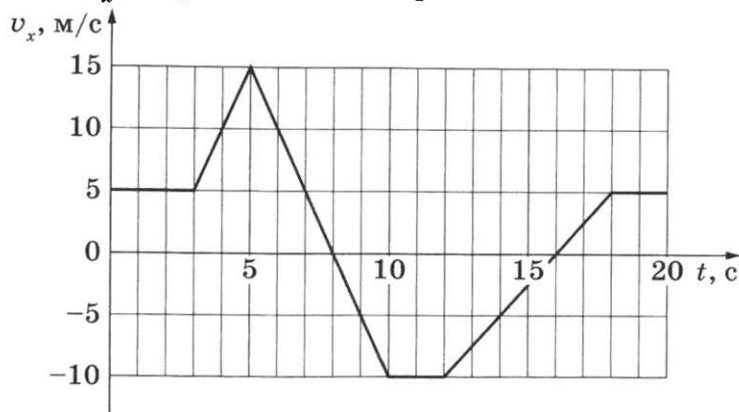


(5)

Ответ:

А	Б	В

3 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.

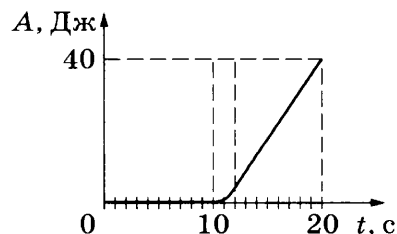
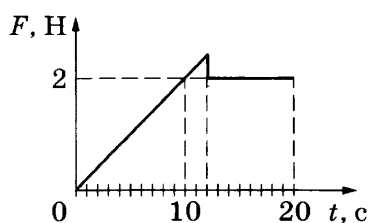
4 Жёсткость пружины равна 1500 Н/м. Какова энергия упругой деформации этой пружины при её растяжении на 2 см?

Ответ: _____ Дж.

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

Ответ: _____ Дж.

6 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: _____.

7

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

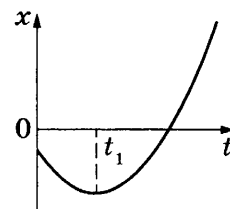
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Центростремительное ускорение	Период обращения спутника вокруг Земли

8

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 .

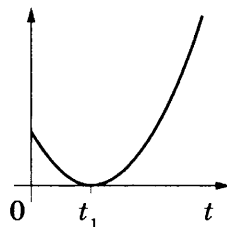


Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

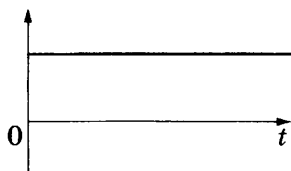
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

А)



Б)



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

9 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.

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

Ответ: _____ %.

11 Какое количество теплоты поглощается в процессе кипения и обращения в пар 0,5 кг воды, происходящем при 100 °С и атмосферном давлении 10^5 Па?

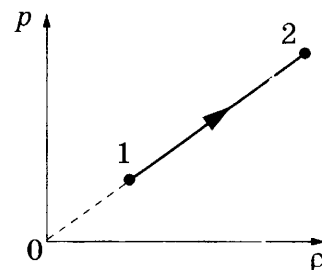
Ответ: _____ кДж.

12 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление p газа пропорционально его плотности ρ (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: _____.

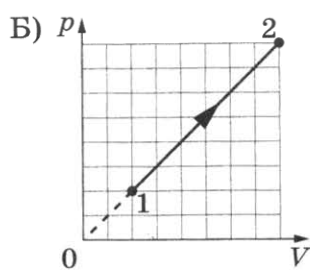
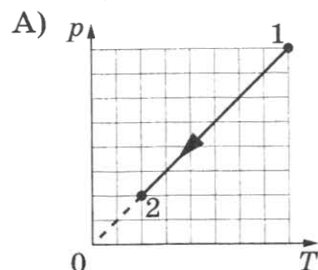


13

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль одноатомного идеального газа, и физическими величинами (ΔU — 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

14

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.

15

На колбе лампы накаливания указано: «60 Вт, 240 В». Найдите силу тока в спирали при включении лампы в сеть с номинальным напряжением.

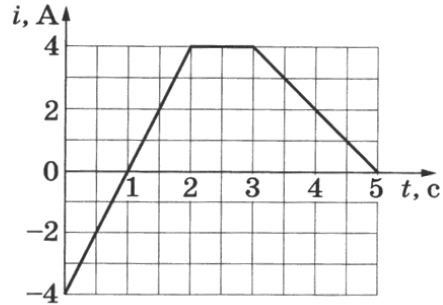
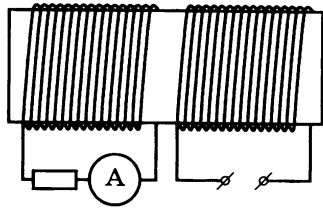
Ответ: _____ А.

16

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: _____.

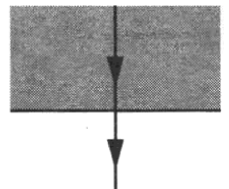
17 На железный сердечник надеты две катушки, как показано на рисунке. По правой катушке пропускают ток, который меняется согласно приведённому графику. На основании этого графика выберите **все** верные утверждения о процессах, происходящих в катушках и сердечнике.



- 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: _____.

18 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

19

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

20

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).

21

Ядро испытывает α -распад. Как при этом изменяются заряд ядра и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличивается

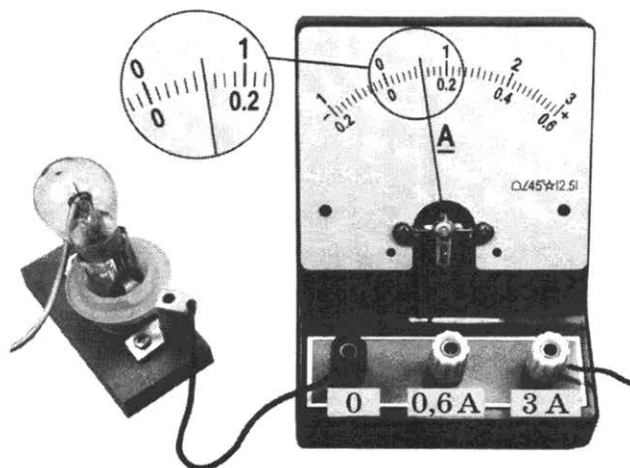
2) уменьшается

3) не изменяется

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

Заряд ядра	Число нейтронов в ядре

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 ³	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:

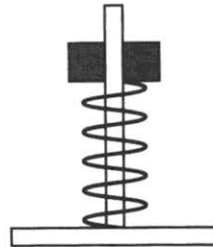
! *Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

Часть 2

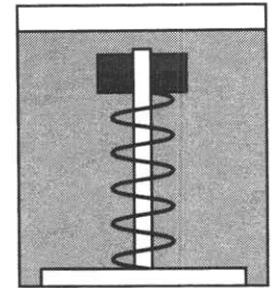
Для записи ответов на задания 24–30 используйте **БЛАНК ОТВЕТОВ № 2**. Запишите сначала номер задания (24, 25 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

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

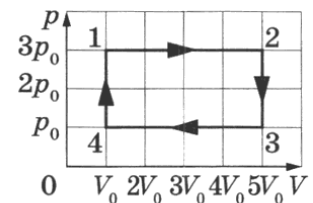


Пирамидка № 2

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 идеальным 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

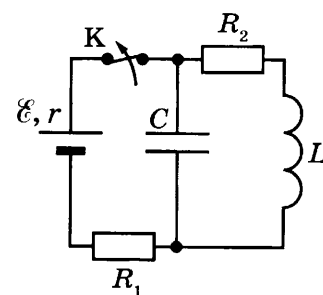
За время $t = 8$ с детектор поглощает $N = 18 \cdot 10^5$ фотонов падающего на него монохроматического света. Поглощаемая мощность $P = 9 \cdot 10^{-14}$ Вт. Какова длина волны падающего света?

27

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 1 кг льда при температуре -20 °С, налили 0,5 кг воды при температуре 5 °С. Определите массу воды в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

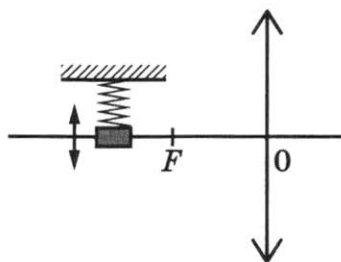
28

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

Груз на пружине совершает гармонические колебания перпендикулярно главной оптической оси собирающей линзы с оптической силой 5 дптр (см. рисунок). С помощью этой линзы получено чёткое изображение груза на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от линзы. Максимальная скорость изображения равна 1 м/с. Определите максимальную скорость самого груза, считая груз материальной точкой.



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 используемых законов к решению 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. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

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.

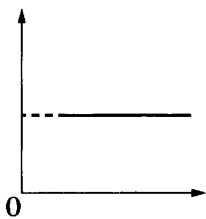
Ответ: _____.

2

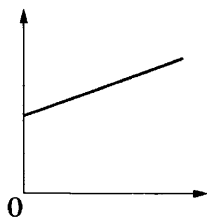
Даны следующие зависимости величин:

- 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

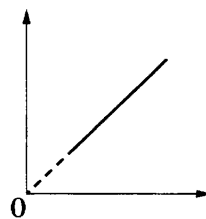
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



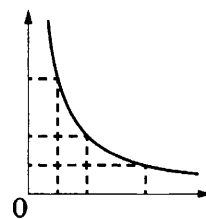
(1)



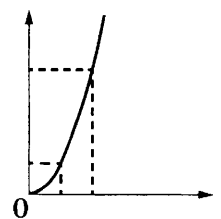
(2)



(3)



(4)

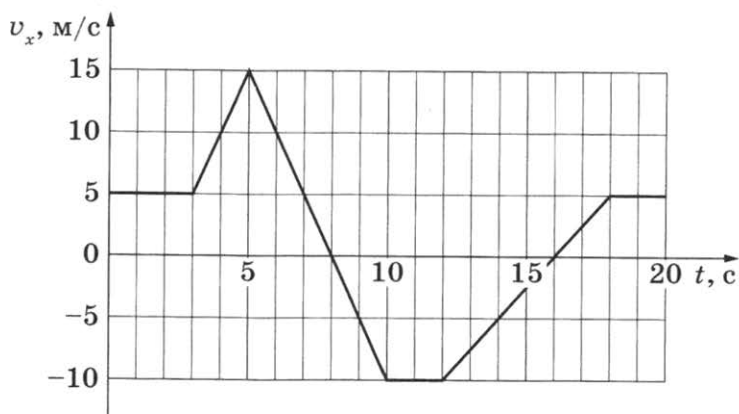


(5)

Ответ:

А	Б	В

- 3 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.

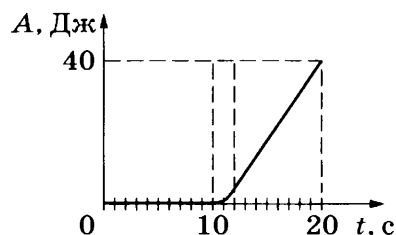
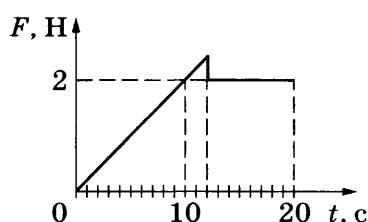
- 4 Жёсткость пружины равна 7500 Н/м. Какова энергия упругой деформации этой пружины при её растяжении на 4 см?

Ответ: _____ Дж.

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

Ответ: _____ Н.

- 6 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: _____.

7

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

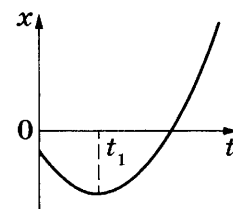
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Центростремительное ускорение	Период обращения спутника вокруг Земли

8

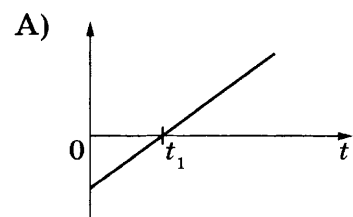
На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t .



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

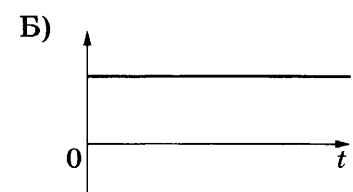
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

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

9 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.

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

Ответ: _____ %.

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

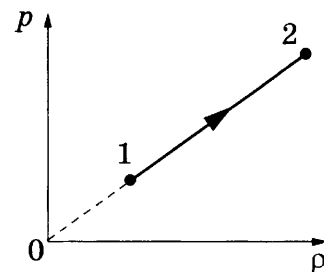
Ответ: _____ кДж.

12 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление p газа пропорционально его плотности ρ (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: _____.



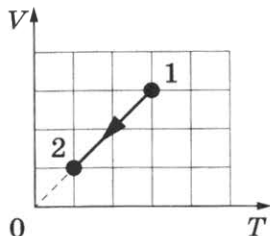
13

Установите соответствие между графиками процессов, в которых участвует 1 моль одноатомного идеального газа, и физическими величинами (ΔU — 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

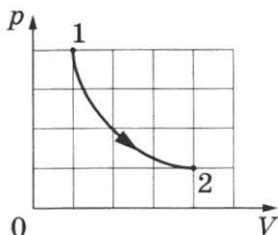
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А)



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

Б)



Ответ:

А	Б

14

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.

15

Какова мощность электрического тока в лампе накаливания, если при напряжении на лампе, равном 220 В, сила тока в лампе 0,2 А?

Ответ: _____ Вт.

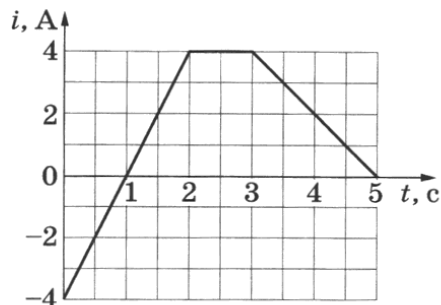
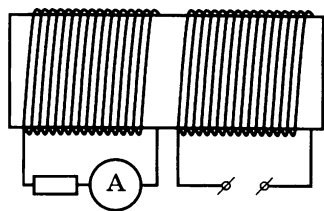
16

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: _____.

17

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.

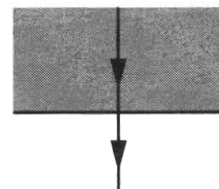


- 1) В промежутке 0–2 с модуль индукции магнитного поля в сердечнике равен 0.
- 2) В промежутке 3–5 с сила тока в левой катушке равномерно уменьшается.
- 3) В промежутке времени 2–3 с сила тока в левой катушке равна нулю.
- 4) Модуль силы тока в левой катушке в промежутке 1–2 с больше, чем в промежутке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

Ответ: _____.

18

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

19

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

20

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.

21

Ядро испытывает электронный β -распад. Как при этом изменяются заряд ядра и число протонов в ядре?

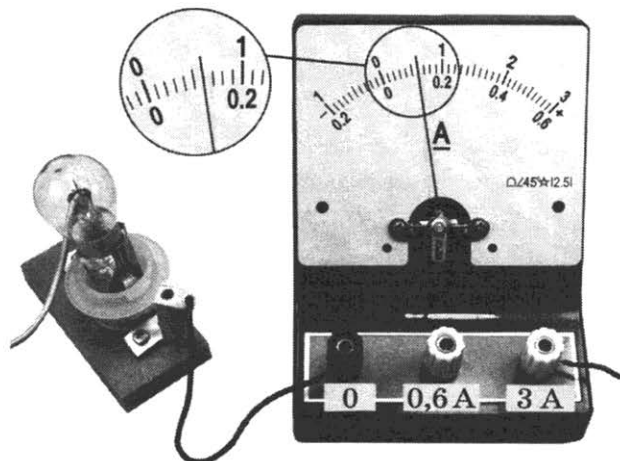
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

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:

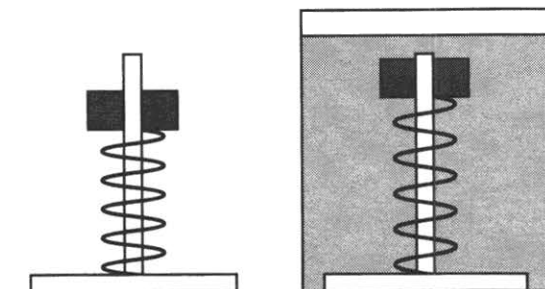
! Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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.

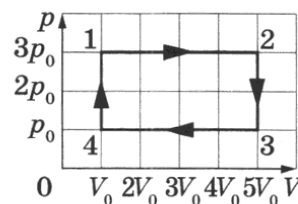


Пирамидка № 1 Пирамидка № 2

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 идеальным 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

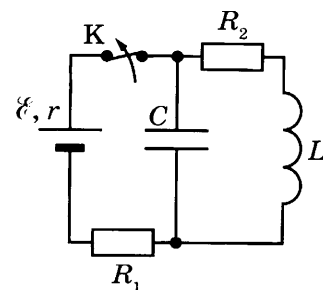
На сетчатку глаза человека за 3 с падает 135 фотонов монохроматического света при мощности поглощённого сетчаткой света $1,98 \cdot 10^{-17}$ Вт. Определите длину волны света.

27

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 0,5 кг льда при температуре -10 °С, налили 1 кг воды при температуре 10 °С. Определите массу воды в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

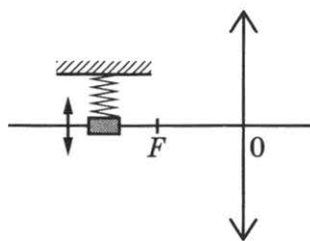
28

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 K длительное время замкнут. После размыкания ключа на резисторе R_2 выделилось количество теплоты, равное 60 мкДж. Какова индуктивность катушки? Активным сопротивлением катушки пренебречь.



29

Груз на пружине совершает гармонические колебания перпендикулярно главной оптической оси собирающей линзы (см. рисунок). С помощью этой линзы получено чёткое изображение груза на экране, находящемся на расстоянии 0,5 м от линзы. Максимальная скорость самого груза 0,7 м/с. Максимальная скорость изображения равна 1 м/с. Определите оптическую силу линзы, считая груз материальной точкой.



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 используемых законов к решению задачи.



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

ВАРИАНТ 3

Часть 1

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

1

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.

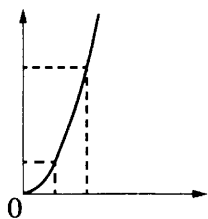
Ответ: _____.

2

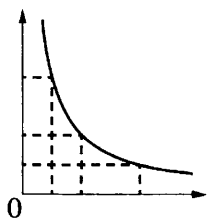
Даны следующие зависимости величин:

- 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

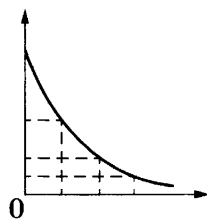
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



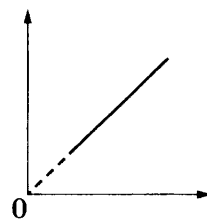
(1)



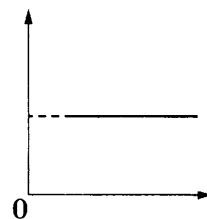
(2)



(3)



(4)

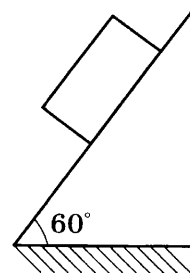


(5)

Ответ:

А	Б	В

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



Ответ: _____ Н.

- 4 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.

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

Ответ: _____ Н.

- 6 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° 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: _____.

7

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

8

Тело, брошенное с горизонтальной поверхности Земли со скоростью v под углом α 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

9

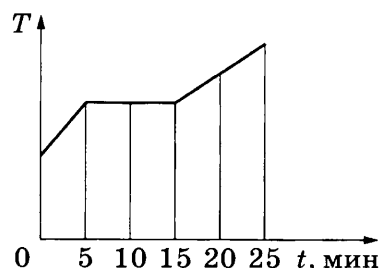
Давление 1 моль водорода в сосуде при абсолютной температуре T_0 равно 100 кПа. Сколько моль кислорода в этом сосуде создадут давление 300 кПа при вдвое большей абсолютной температуре?

Ответ: _____ моль.

10 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.

11 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.

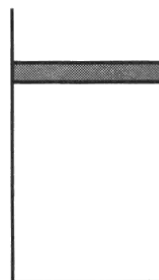
12 В двух сосудах с одинаковыми объёмами находится по 1 моль гелия и неона. В первом сосуде находится гелий при температуре 127 °С; во втором — неон при температуре 200 К.

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: _____.

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



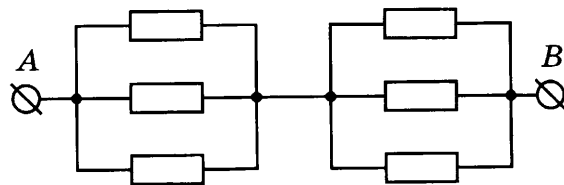
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

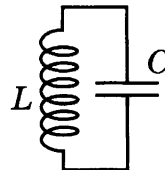
Давление газа	Сила, действующая на дно сосуда со стороны газа

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



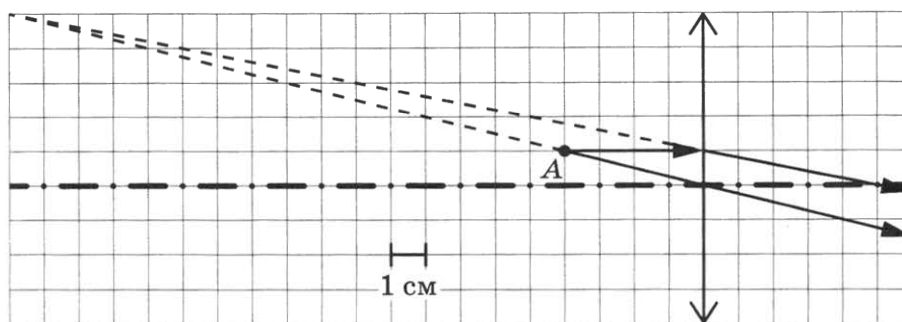
Ответ: _____ Ом.

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



Ответ: _____ с.

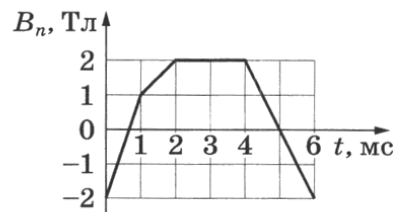
- 16 На рисунке показан ход лучей от точечного источника света A через тонкую линзу.



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

Ответ: _____ дптр.

- 17 Проволочная рамка площадью 60 см² 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 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс оставался равным 12 мВб.
- 3) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.
- 4) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 24 В.
- 5) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку максимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ: _____.

18

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

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

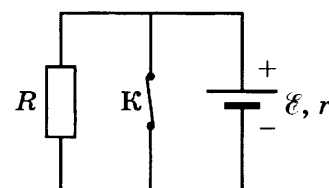
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Радиус орбиты	Частота обращения

19

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



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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

20

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

Ответ: _____ %.

21

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

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

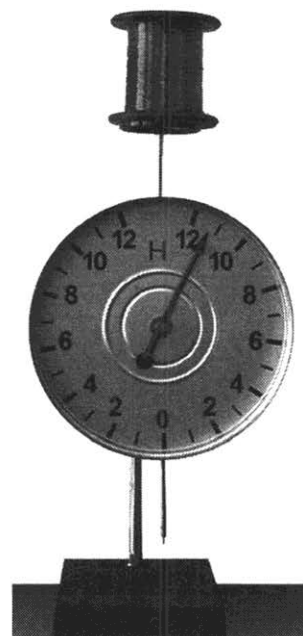
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

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

22

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



Ответ: (_____ \pm _____) Н.

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

23

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

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

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

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ:



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

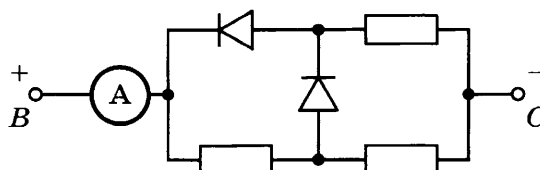
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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.

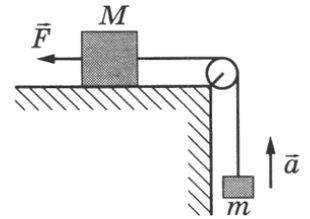
24

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 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.

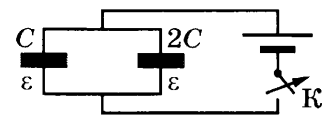
- 25 Груз массой $M = 2$ кг, лежащий на столе, связан с грузом массой $m = 0,25$ кг лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через идеальный блок. На первый груз действует горизонтальная постоянная сила \vec{F} , равная по модулю 10 Н (см. рисунок). При этом второй груз движется с ускорением 2 м/с², направленным вверх. Определите коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола.



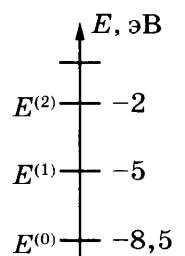
- 26 Плоская монохроматическая световая волна с частотой $4,5 \cdot 10^{14}$ Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 36 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние 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 после сжатия $m = 10$ г водяных паров сконденсировалась. Определите начальную относительную влажность воздуха, если до сжатия в сосуде было $m_0 = 18$ г водяных паров.

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

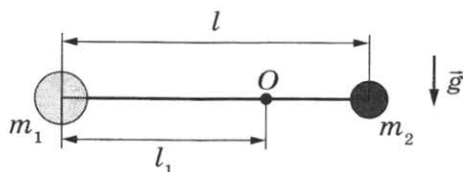


- 29 Схема нижних энергетических уровней атомов некоторого элемента имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(1)}$. Электрон, обладая начальным импульсом $p_0 = 6,5 \cdot 10^{-25}$ кг · м/с, столкнувшись с одним из таких атомов, приобрёл некоторую дополнительную 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 используемых законов к решению задачи.



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

ВАРИАНТ 4

Часть 1

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

1

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 состоит из положительно заряженных протонов и не имеющих заряда нейтронов.

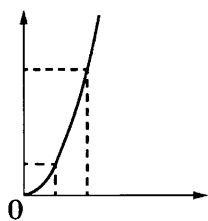
Ответ: _____.

2

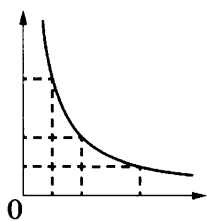
Даны следующие зависимости величин:

- 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

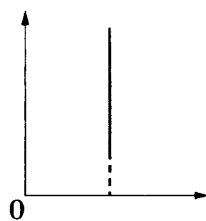
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



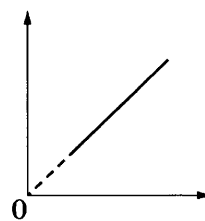
(1)



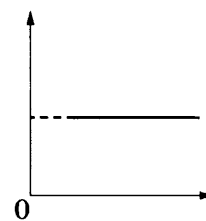
(2)



(3)



(4)

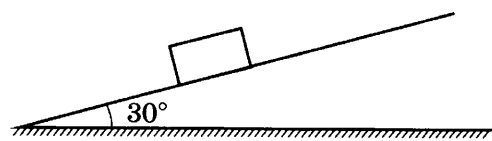


(5)

Ответ:

А	Б	В

- 3 Деревянный брусок массой 0,4 кг покоится на деревянной наклонной плоскости, образующей угол 30° с горизонтом (см. рисунок). Определите силу трения, действующую на брусок.



Ответ: _____ Н.

- 4 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.

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

Ответ: _____ Н.

- 6 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° 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: _____.

7

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

8

Тело, брошенное с горизонтальной поверхности Земли со скоростью v под углом α к горизонту, поднимается на максимальную высоту h над земной поверхностью и затем падает на землю на расстоянии S от места броска. Соппротивлением 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) $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$
- 4) $v \cos \alpha$

Ответ:

А	Б

9

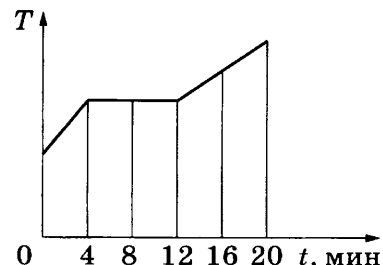
Давление 1 моль водорода в сосуде при абсолютной температуре T_0 равно 200 кПа. Каково давление 4 моль азота в этом сосуде при вдвое меньшей абсолютной температуре?

Ответ: _____ кПа.

10 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.

11 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.

12 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: _____.

13 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:

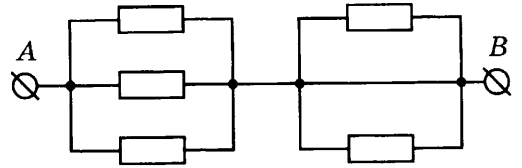
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление газа	Сила, действующая на дно сосуда со стороны газа

14

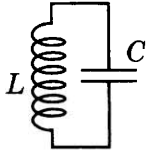
На рисунке приведена схема участка цепи AB . Сопротивление каждого резистора равно 15 Ом . Каково сопротивление всего участка цепи AB ?



Ответ: _____ Ом.

15

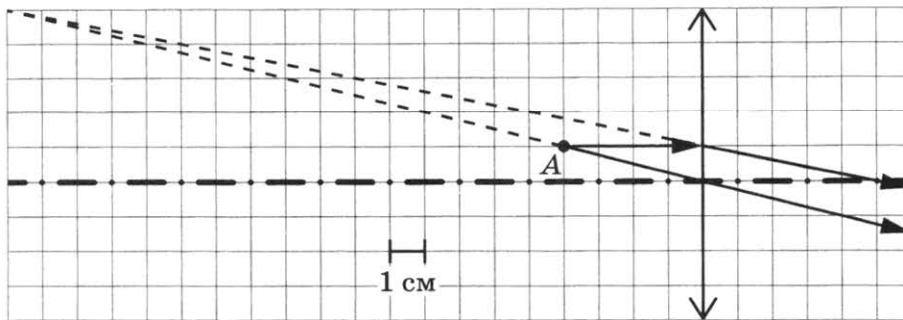
В идеальном колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 2,5 \text{ В}$, $\omega = 200\pi \text{ с}^{-1}$. Определите период колебаний напряжения.



Ответ: _____ с.

16

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

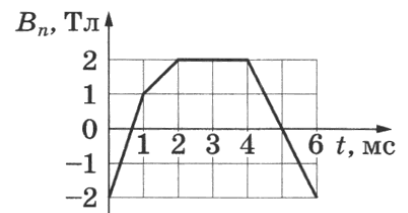


Чему равно фокусное расстояние линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 1 см ?

Ответ: _____ см.

17

Проволочная рамка площадью 60 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 мс.
- 2) Магнитный поток через рамку в интервале времени от 2 до 4 мс оставался равным 6 мВб .
- 3) Индукционный ток, возникающий в рамке, в интервале времени от 2 до 4 мс равен нулю.
- 4) Модуль ЭДС электромагнитной индукции, возникающей в рамке, в интервале времени от 4 до 6 мс равен 12 В .
- 5) Модуль скорости изменения магнитного потока через рамку минимален в интервале времени от 0 до 1 мс.

Ответ: _____.

18 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?

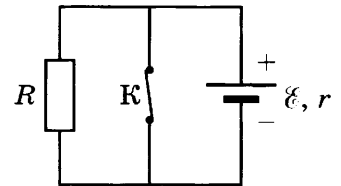
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

19 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

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

Ответ: _____ %.

21

Монохроматический свет с энергией фотонов $E_{\text{ф}}$ 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:

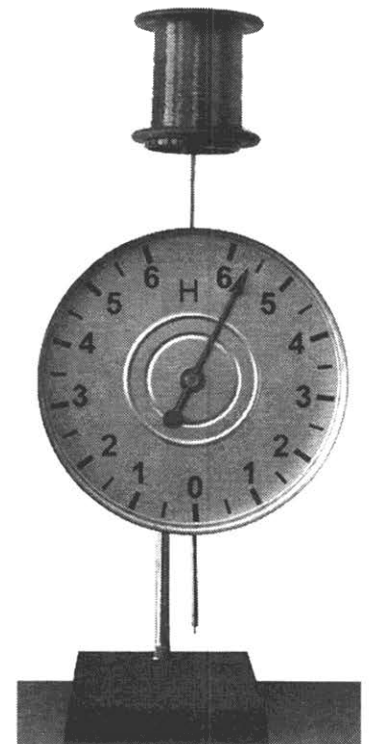
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

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

22

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



Ответ: (_____ \pm _____) Н.

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

23

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

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

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

Запишите в таблицу номера выбранных сосудов.

Ответ:



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

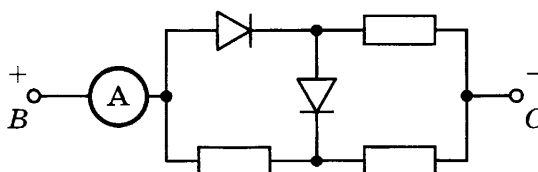
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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

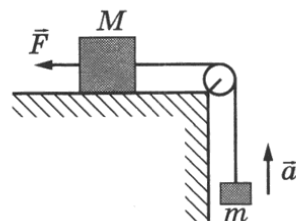
Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода включены в электрическую цепь, показанную на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках В и С. Показания амперметра равны 1,5 А. Определите показания амперметра при смене полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические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



Полное правильное решение каждой из задач 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^2 , направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен 0,2. Какова масса первого груза?



26

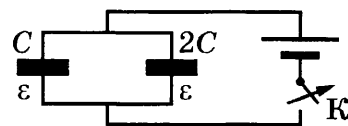
Плоская монохроматическая световая волна с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 360 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между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

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 после сжатия, если до сжатия в сосуде было $m_0 = 12$ г водяных паров?

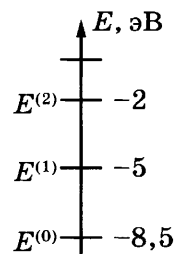
28

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



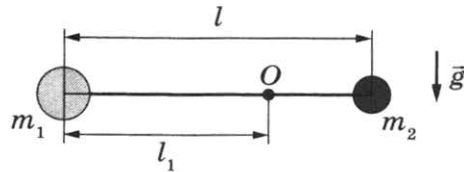
29

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 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_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 используемых законов к решению задачи.



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

ВАРИАНТ 5

Часть 1

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

1

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.

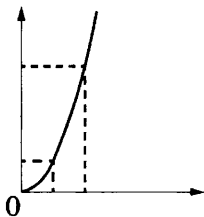
Ответ: _____.

2

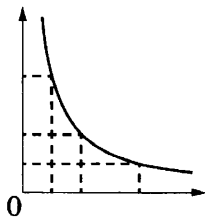
Даны следующие зависимости величин:

- 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

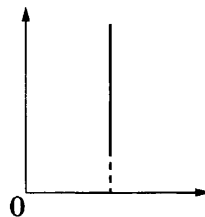
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



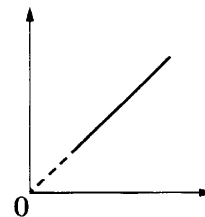
(1)



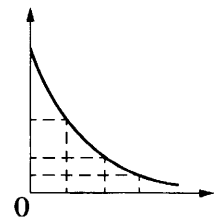
(2)



(3)



(4)

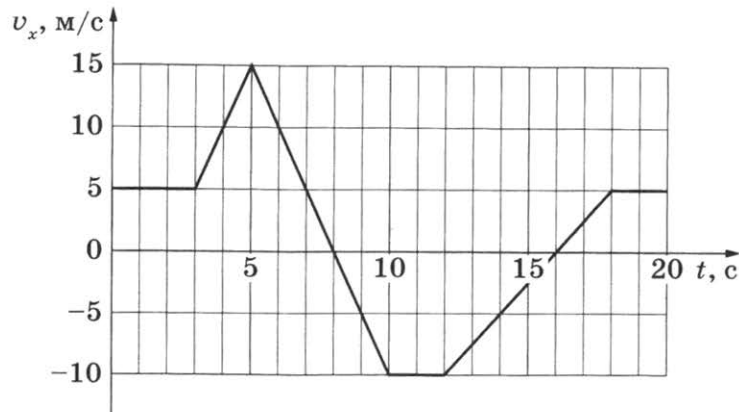


(5)

Ответ:

А	Б	В

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



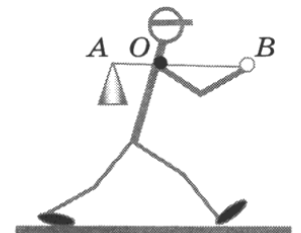
Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 7 до 10 с.

Ответ: _____ м.

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

Ответ: _____ Дж.

5 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.

6 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: _____.

7

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

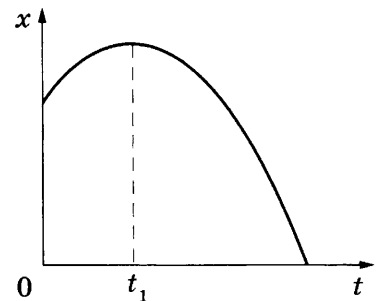
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Сила тяжести, действующая на кубик	Глубина погружения кубика в жидкость

8

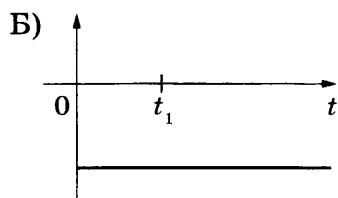
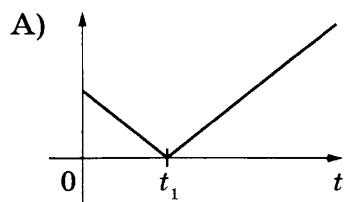
На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox , от времени t . Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t .

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

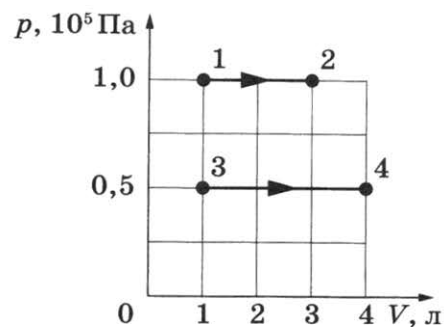
- 1) модуль скорости тела
- 2) проекция импульса тела на ось x
- 3) проекция ускорения тела на ось x
- 4) модуль равнодействующей сил, действующих на тело

9

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

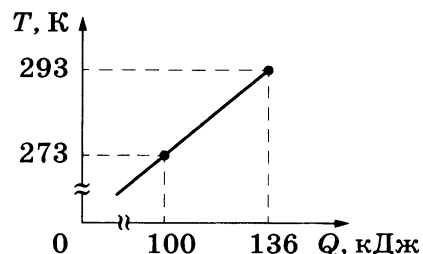
Ответ: в _____ раз(а).

10 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: _____.

11 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).

12 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: _____.

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

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

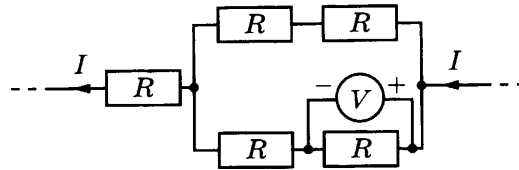
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

КПД тепловой машины	Работа газа за цикл

14

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



Ответ: _____ В.

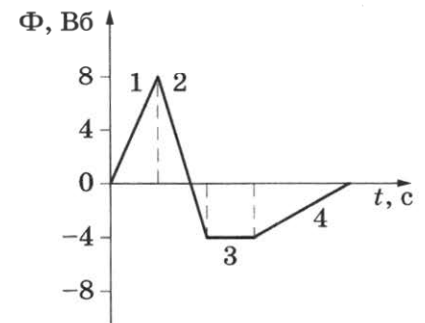
15

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).

16

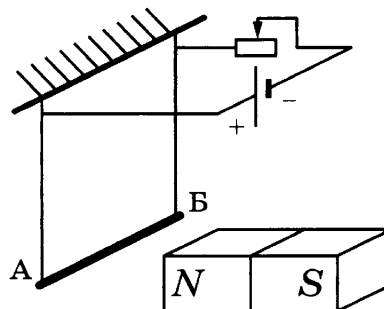
На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, от времени. Какой из участков графика (1, 2, 3 или 4) соответствует ЭДС индукции в контуре, равной нулю?



Ответ: на участке _____.

17

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



Из приведённого ниже списка выберите *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: _____.

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

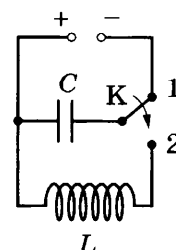
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

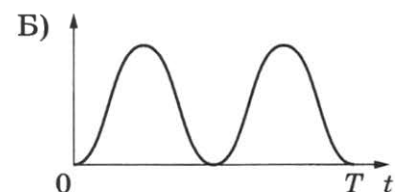
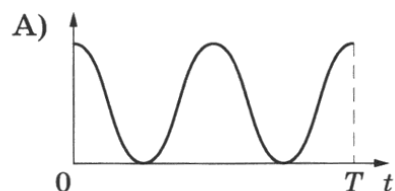
19 Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени t физических величин, характеризующих возникшие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

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

Ответ: _____ %.

21

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (E — энергия фотона; h — постоянная Планка; p — импульс фотона).

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) длина волны фотона
Б) частота фотона

ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

22

Пакет, в котором находится 200 болтов, положили на весы. Весы показали 120 г. Чему равна масса одного болта по результатам этих измерений, если погрешность весов равна ± 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	Объем шарика, см ³	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.

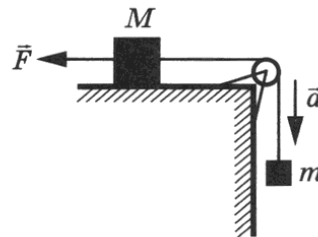
24

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.

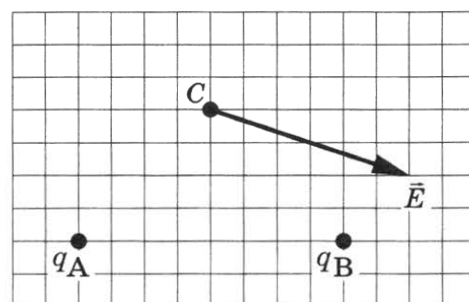
25

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/с², направленным вниз. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы \vec{F} ?



26

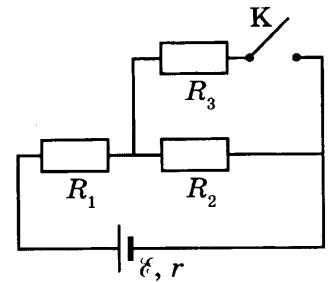
На рисунке изображён вектор напряжённости \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами: q_A и q_B . Каков заряд q_B , если заряд q_A равен $+5$ нКл? Ответ укажите со знаком.



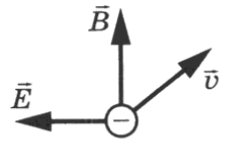
27

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.

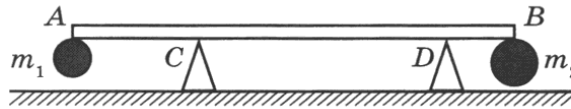
- 28 Во сколько раз уменьшится мощность, выделяемая на резисторе R_2 , при замыкании ключа K (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3 = r = 1 \text{ Ом}$?



- 29 Монохроматический свет частотой $6,2 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ падает на поверхность фотокатода с работой выхода $2,39 \text{ эВ}$. 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 $m_1 = 0,3 \text{ кг}$ и $m_2 = 0,6 \text{ кг}$ закреплены на концах невесомого стержня AB , расположенного горизонтально на опорах C и D (см. рисунок). Длина стержня $L = 1,5 \text{ м}$, а расстояние AC равно $0,2 \text{ м}$. 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 используемых законов к решению задачи.



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

ВАРИАНТ 6

Часть 1

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

1

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

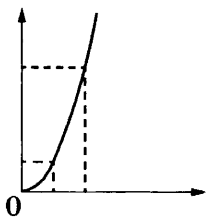
Ответ: _____.

2

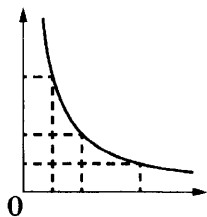
Даны следующие зависимости величин:

- 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

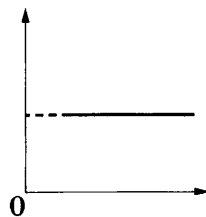
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



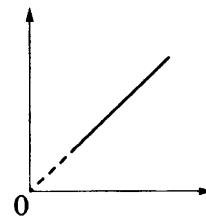
(1)



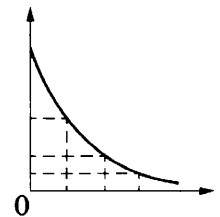
(2)



(3)



(4)

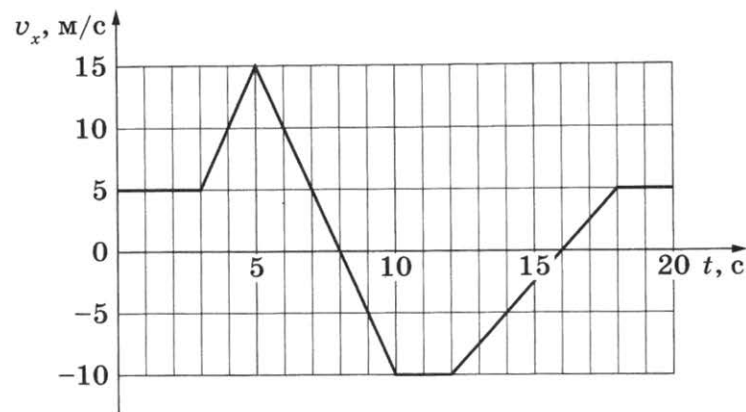


(5)

Ответ:

А	Б	В

- 3 Тело движется вдоль оси Ox . На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



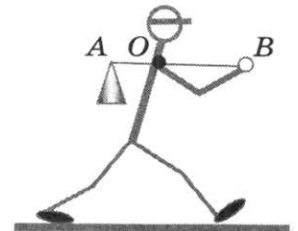
Определите путь, пройденный телом в интервале времени от 14 до 20 с.

Ответ: _____ м.

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

Ответ: _____ Дж.

- 5 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.

- 6 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: _____.

7 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?

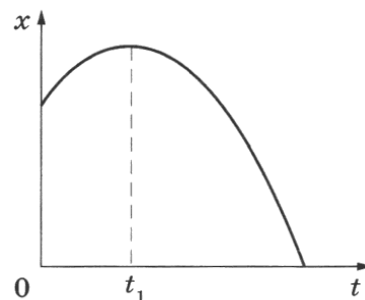
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 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

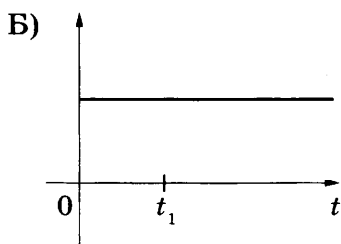
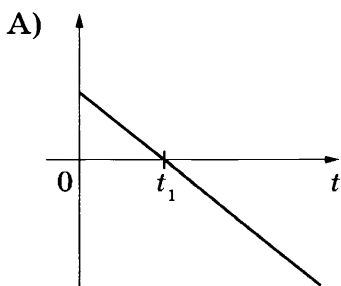
8 На рисунке показан график (ветвь параболы) зависимости координаты x тела, движущегося равноускоренно вдоль оси Ox , от времени t . Графики А и Б отображают зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, от времени t .



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

9

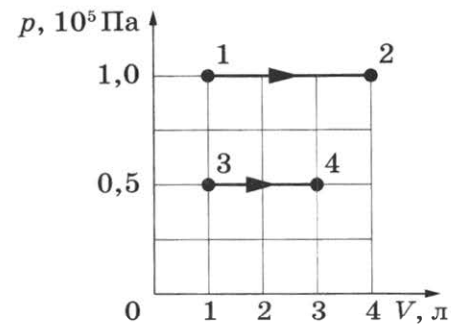
Разреженный водород в количестве 4 моль изотермически сжимают. Во сколько раз увеличится давление газа на стенки сосуда при уменьшении его объема в 5 раз?

Ответ: в _____ раз(а).

10

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.

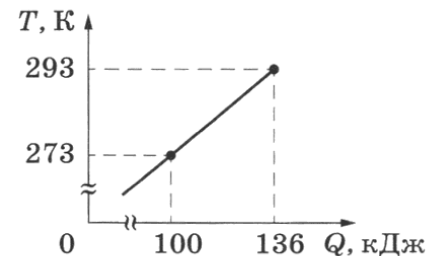
Ответ: _____.



11

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

Ответ: _____ кг.



12

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: _____.

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

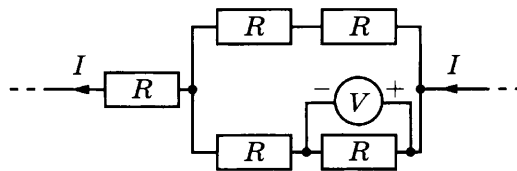
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное холодильнику

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

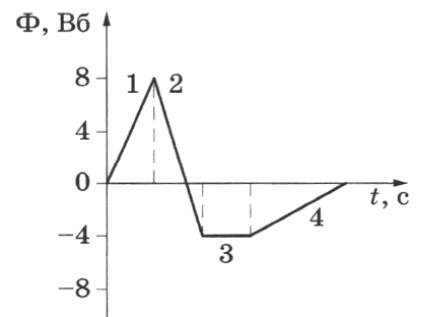


Ответ: _____ А.

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

Ответ: в _____ раз(а).

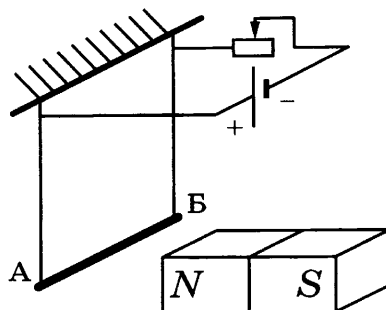
16 На рисунке показан график зависимости магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, от времени. Какой из участков графика (1, 2, 3 или 4) соответствует минимальной по модулю ЭДС индукции в контуре, не равной нулю?



Ответ: на участке _____.

17

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



Из приведённого ниже списка выберите *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: _____.

18

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

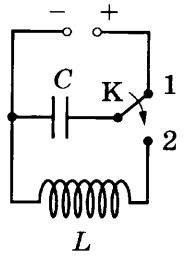
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Период колебаний излучаемых волн	Длина волны излучения

19

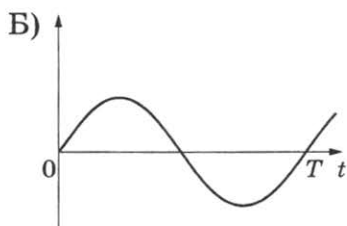
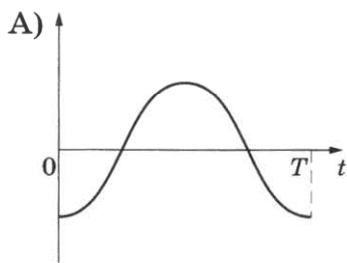
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени t физических величин, характеризующих возникшие после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

20

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

Ответ: _____ %.

21

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ν — 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

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 ± 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 ³	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.

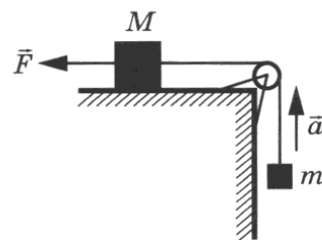
24

После применения влагопоглотителя парциальное давление водяного пара в комнате уменьшилось, при этом температура воздуха не изменилась. Как изменились относительная влажность воздуха и плотность водяных паров в комнате? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 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.

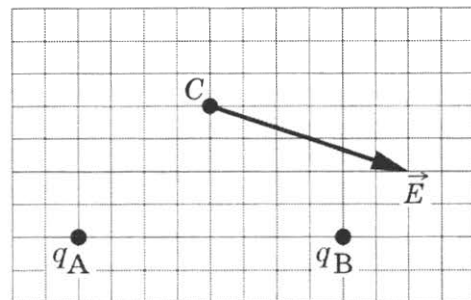
25

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/с², направленным вверх. Коэффициент трения скольжения первого груза по поверхности стола равен $0,2$. Чему равен модуль силы \vec{F} ?



26

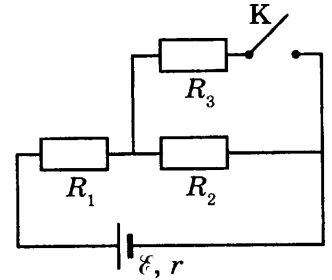
На рисунке изображён вектор напряжённости \vec{E} электрического поля в точке C , которое создано двумя точечными зарядами: q_A и q_B . Каков заряд q_A , если заряд q_B равен -5 нКл? Ответ укажите со знаком.



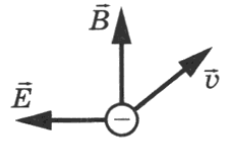
27

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.

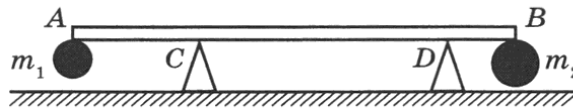
- 28 Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на резисторе R_1 , при замыкании ключа K (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3 = r = 1$ Ом?



- 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 используемых законов к решению задачи.



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

ВАРИАНТ 7

Часть 1

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

1

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

- 1) Механическим движением называется изменение положения тела или частей тела в пространстве относительно других тел с течением времени.
- 2) Средняя скорость движения броуновской частицы в газе не зависит от температуры газа, но существенно зависит от массы самой частицы.
- 3) Одноимённые точечные электрические заряды притягиваются друг к другу.
- 4) Силой Ампера называют силу, с которой магнитное поле действует на проводник с током.
- 5) Явления интерференции и дифракции могут наблюдаться только для видимого света.

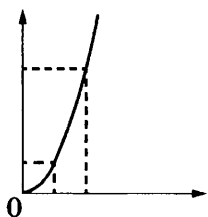
Ответ: _____.

2

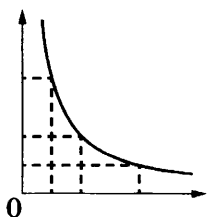
Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от угловой скорости
- Б) зависимость количества теплоты, выделяющегося при сгорании топлива, от массы топлива
- В) зависимость силы тока от сопротивления резистора при постоянном напряжении на резисторе

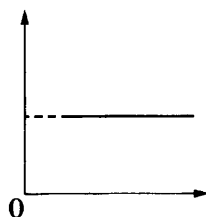
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



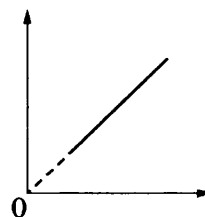
(1)



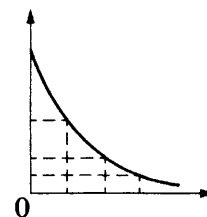
(2)



(3)



(4)

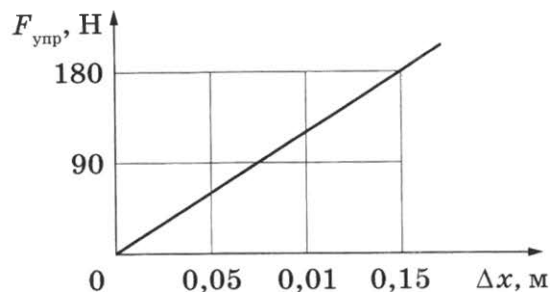


(5)

Ответ:

А	Б	В

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

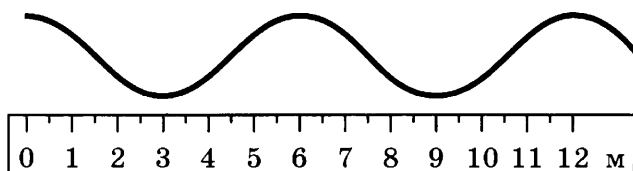


Ответ: _____ Н/м.

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

Ответ: _____.

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



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

Ответ: _____ Гц.

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

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

Ответ: _____.

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

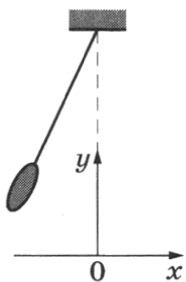
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Давление воды на нижнюю грань кубика	Модуль силы Архимеда

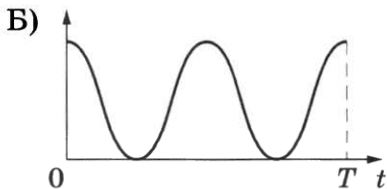
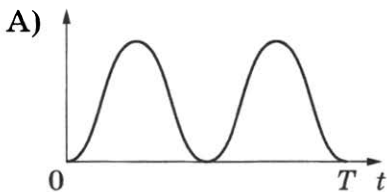
8 Маятник отклонили от положения равновесия (см. рисунок) и отпустили в момент времени $t = 0$ с нулевой начальной скоростью. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение груза маятника после этого.



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

9

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

Ответ: в _____ раз(а).

10

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

Ответ: на _____ Дж.

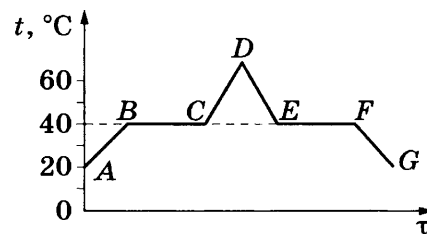
11

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

Ответ: _____ Па.

12

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



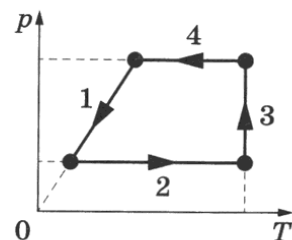
Из приведённого ниже списка выберите **все** утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

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

Ответ: _____.

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

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



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

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) 1
- Б) 4

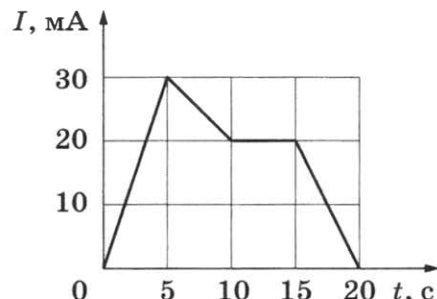
ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

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

Ответ:

А	Б

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



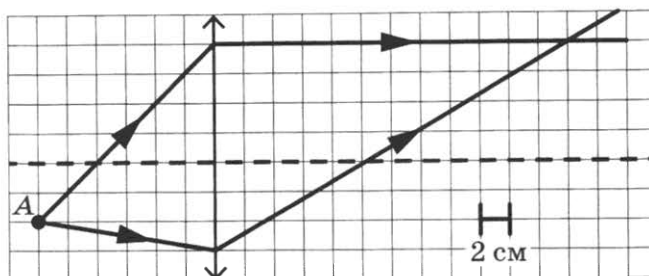
Ответ: _____ мКл.

15 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.

16

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

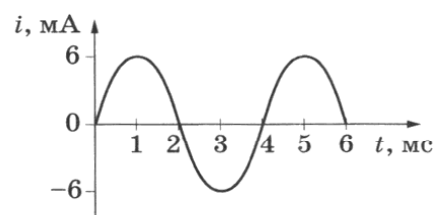


Какова оптическая сила линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 2 см?

Ответ: _____ дптр.

17

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



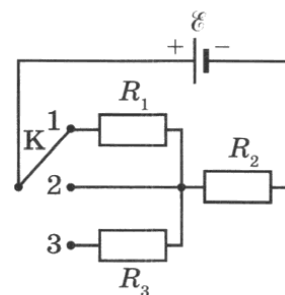
Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения о процессах, происходящих в контуре.

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

Ответ: _____.

18

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



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

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

19

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

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) период обращения α -частицы в магнитном поле

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

Б) радиус окружности, по которой движется α -частица

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

3) qvB

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

Ответ:

А	Б

20

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

Ответ: _____ мг.

21

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

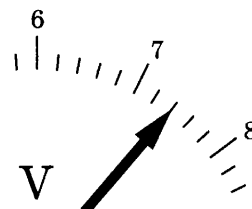
Как изменилась длина волны света, падающего на фотоэлемент, и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

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



Ответ: (_____ ± _____) В.

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

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

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

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

Ответ:

! 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

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

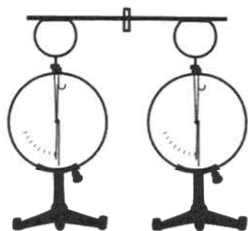


Рис. 1

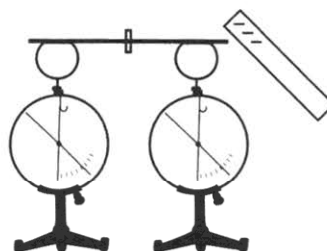


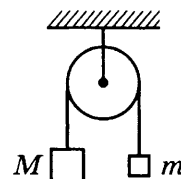
Рис. 2

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

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

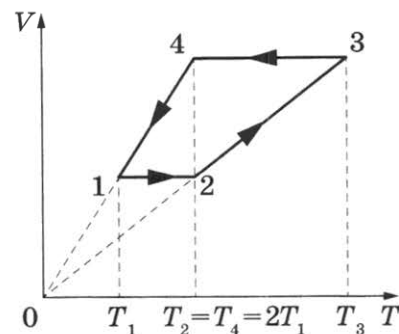
Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через $t = 1$ с после начала движения скорость правого груза направлена вверх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



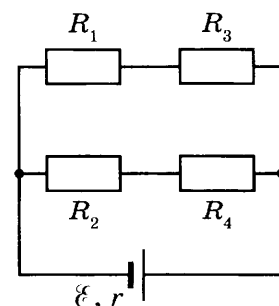
26

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



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



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

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

ВАРИАНТ 8

Часть 1

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

1

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

- 1) Если модуль скорости тела уменьшается, а направление скорости не меняется, то вектор ускорения тела сонаправлен вектору скорости.
- 2) В изотермическом процессе конденсации вещества из пара в жидкость внутренняя энергия вещества увеличивается.
- 3) В цепи постоянного тока на всех параллельно соединённых резисторах напряжение одинаково.
- 4) Электромагнитные волны видимого света имеют бóльшую частоту, чем ультрафиолетовое излучение.
- 5) Заряд ядра в единицах элементарного электрического заряда (зарядовое число ядра) равняется числу протонов в ядре.

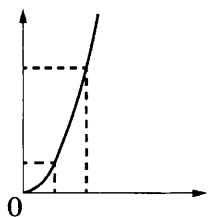
Ответ: _____.

2

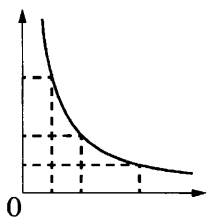
Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от линейной скорости точки
- Б) зависимость количества теплоты, выделяющегося при кристаллизации вещества, от его массы
- В) зависимость ёмкости плоского конденсатора с площадью пластин S от расстояния между пластинами

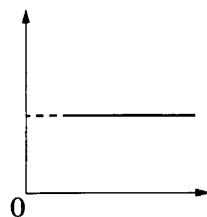
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



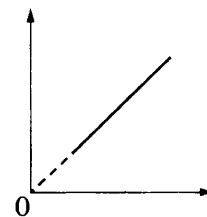
(1)



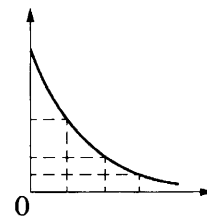
(2)



(3)



(4)



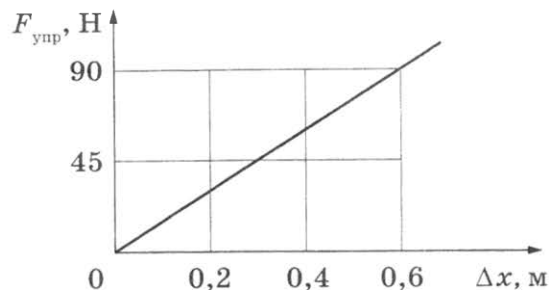
(5)

Ответ:

А	Б	В

3

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



Ответ: _____ Н/м.

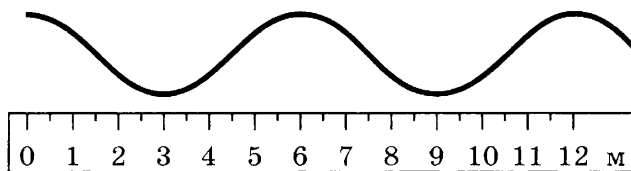
4

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

Ответ: _____.

5

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



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

Ответ: _____ м/с.

6

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

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

Ответ: _____.

7

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

Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

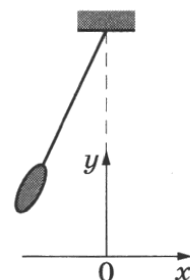
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление керосина на верхнюю грань кубика	Модуль силы натяжения нити

8

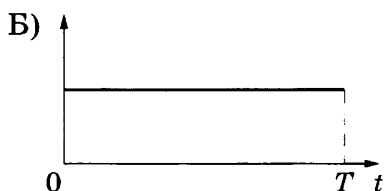
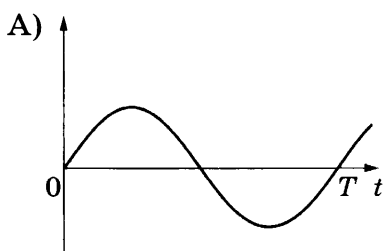
Маятник отклонили от положения равновесия (см. рисунок) и отпустили в момент времени $t = 0$ с нулевой начальной скоростью. Графики А и Б отображают изменение с течением времени физических величин, характеризующих движение груза маятника после этого.



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

9

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

Ответ: в _____ раз(а).

10

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

Ответ: _____ Дж.

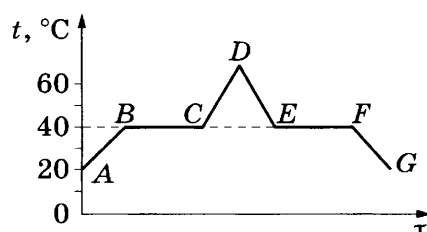
11

В воздухе комнаты при относительной влажности 40 % плотность водяного пара равна $5,8 \text{ г/м}^3$. Определите плотность насыщенного водяного пара при данной температуре.

Ответ: _____ г/м^3 .

12

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



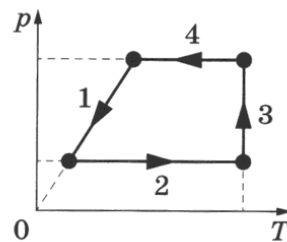
Из приведённого ниже списка выберите **все** утверждения, которые верно отражают результаты этого опыта.

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

Ответ: _____.

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

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



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

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- А) 2
- Б) 3

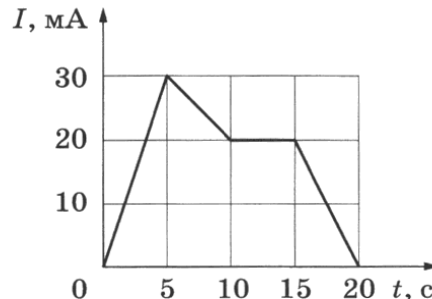
ЗНАЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

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

Ответ:

А	Б

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

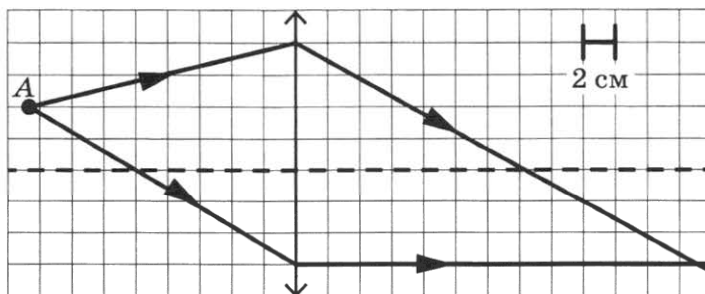


Ответ: _____ мКл.

15 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.

16 На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света А через тонкую линзу.

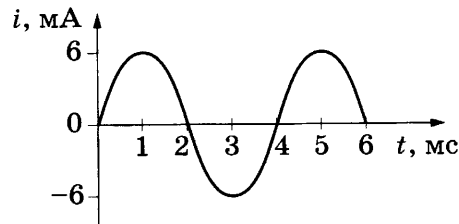


Какова оптическая сила линзы, если одна клетка на рисунке соответствует 2 см?

Ответ: _____ дптр.

17

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



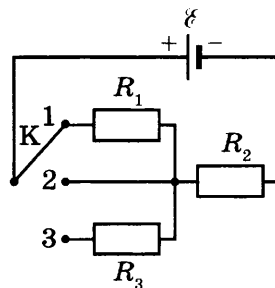
Из приведённого ниже списка выберите *все* верные утверждения о процессах, происходящих в контуре.

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

Ответ: _____.

18

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



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

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

19

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

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль силы, действующей на α -частицу со стороны магнитного поля

Б) частота обращения α -частицы в магнитном поле

ФОРМУЛЫ

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

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

3) qvB

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

Ответ:

А	Б

20

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

Ответ: _____ мг.

21

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

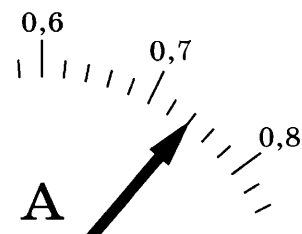
Как изменилась частота света, падающего на фотоэлемент, и «красная граница» фотоэффекта $\nu_{\text{кр}}$ при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Частота света, падающего на фотоэлемент	«Красная граница» фотоэффекта $\nu_{\text{кр}}$

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



Ответ: (_____ ± _____) А.

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

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

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

Запишите в ответе номера выбранных проводников.

Ответ:

! *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

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

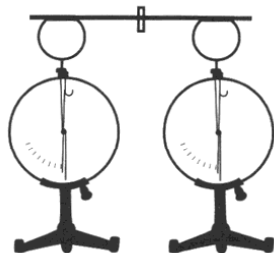


Рис. 1

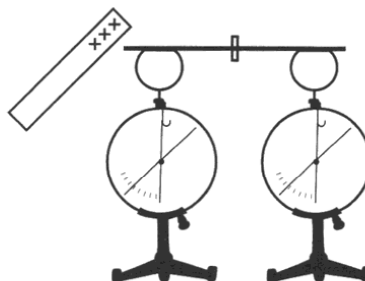


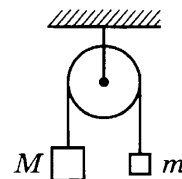
Рис. 2

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

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

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

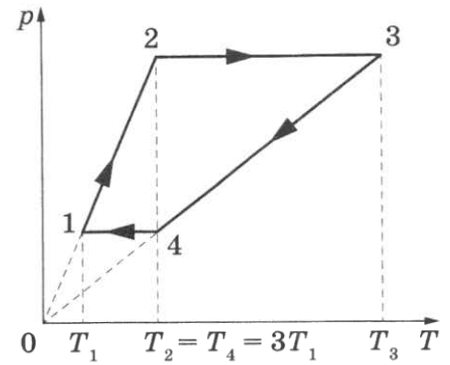


26

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?

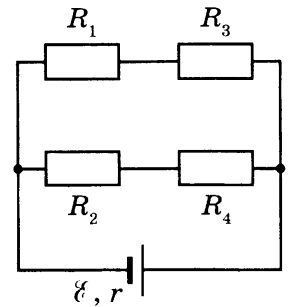
27

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



28

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



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°C , если источник излучает 10^{20} фотонов за 1 с? Считать, что излучение полностью поглощается водой, а теплопотерь в окружающую среду нет.

30

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



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

ВАРИАНТ 9

Часть 1

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

1

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

- 1) Свободным падением называется движение тела под действием только силы тяжести, когда все остальные силы отсутствуют или уравновешивают друг друга.
- 2) В процессе плавления постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Общее сопротивление системы параллельно соединённых резисторов равно сумме сопротивлений всех резисторов.
- 4) Дисперсия света обусловлена зависимостью абсолютного показателя преломления вещества от длины волны света.
- 5) Массовое число ядра равно сумме масс протонов и электронов в ядре.

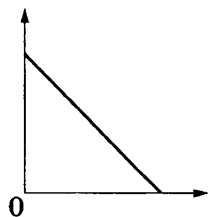
Ответ: _____.

2

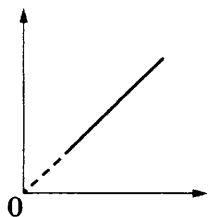
Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости тела, брошенного вертикально вверх, от времени (до момента максимального подъёма тела)
- Б) зависимость внутренней энергии одного моля идеального газа от его температуры
- В) зависимость энергии электрического поля конденсатора ёмкостью C от заряда конденсатора

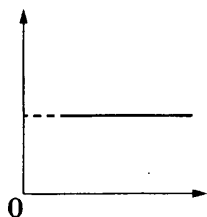
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



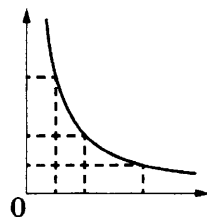
(1)



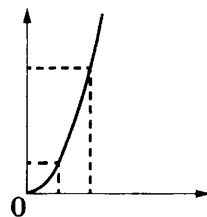
(2)



(3)



(4)



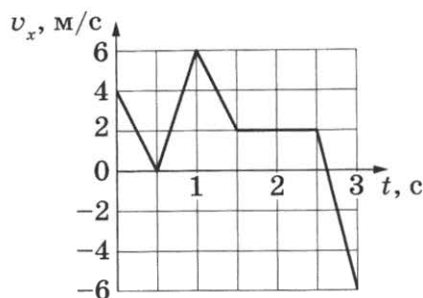
(5)

Ответ:

А	Б	В

3

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



Ответ: _____ м/с².

4

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

Ответ: _____ Дж.

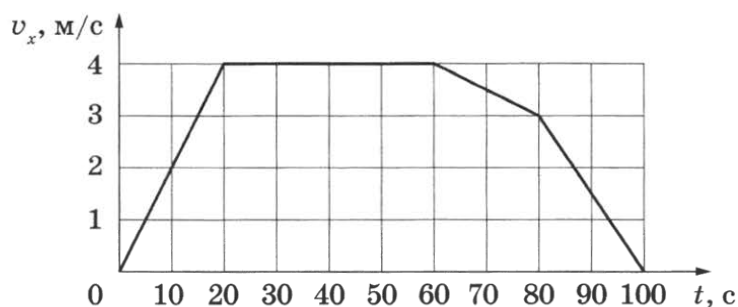
5

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

Ответ: _____ с.

6

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



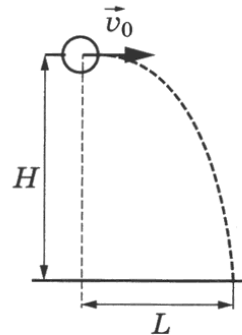
Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения.

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

Ответ: _____.

7

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



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Время полёта шарика до падения на землю	Ускорение шарика

8

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

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) частота обращения
- Б) центростремительное ускорение

ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

А	Б

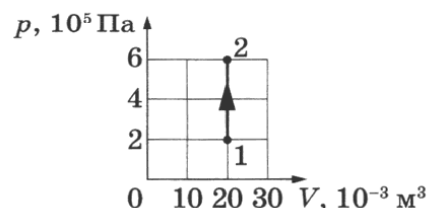
9

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

Ответ: _____ кПа.

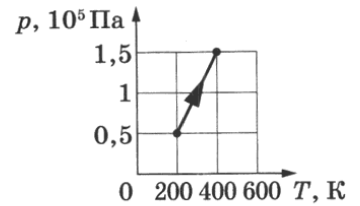
10

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



Ответ: _____ кДж.

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



Ответ: в _____ раз(а).

- 12 В четверг и в пятницу температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере в четверг было больше, чем в пятницу. Из приведённого ниже списка выберите *все* верные утверждения по поводу этой ситуации.

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

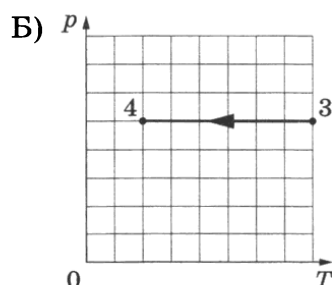
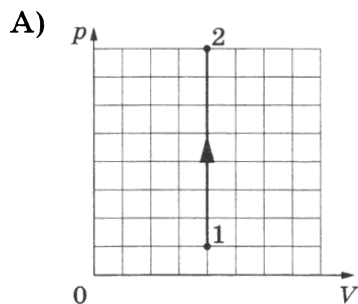
Ответ: _____.

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

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

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

ГРАФИКИ



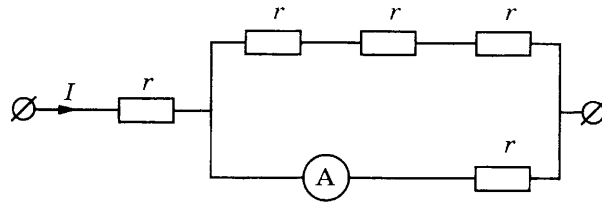
УТВЕРЖДЕНИЯ

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

Ответ:

А	Б

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

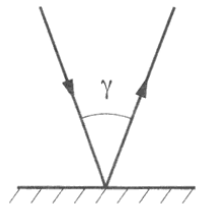


Ответ: _____ А.

- 15 Во сколько раз увеличится частота свободных электромагнитных колебаний в контуре, если площадь пластин конденсатора, входящего в состав контура, уменьшить в 9 раз, а индуктивность катушки увеличить в 4 раза?

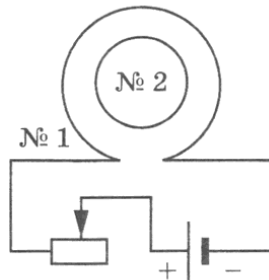
Ответ: в _____ раз(а).

- 16 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен 70° . Каков угол γ между падающим и отражённым лучами (см. рисунок)?



Ответ: _____ градусов.

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



Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата **влево**.

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

Ответ: _____.

18

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

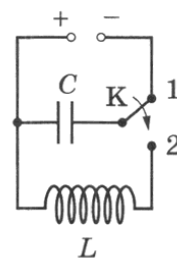
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль силы Лоренца	Период обращения протона

19

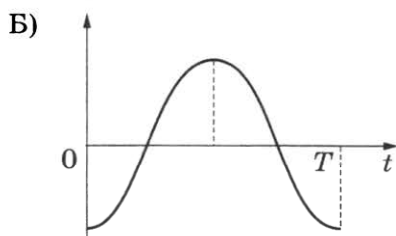
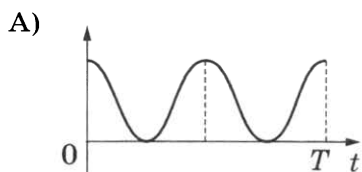
Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре после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



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

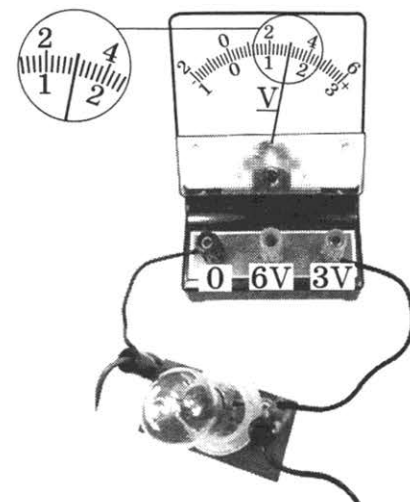
20 Два источника излучают электромагнитное излучение с частотами ν_1 и ν_2 . Найдите отношение $\frac{\nu_1}{\nu_2}$, если отношение импульсов фотонов этих излучений $\frac{P_1}{P_2} = 4$.
 Ответ: _____.

21 Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как при захвате электрона изменяются зарядовое число атомного ядра и число нейтронов в ядре?
 Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:
 1) увеличивается
 2) уменьшается
 3) не изменяется

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

Зарядовое число ядра	Число нейтронов в ядре

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



Ответ: (_____ ± _____) В.

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

23

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

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

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

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:



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

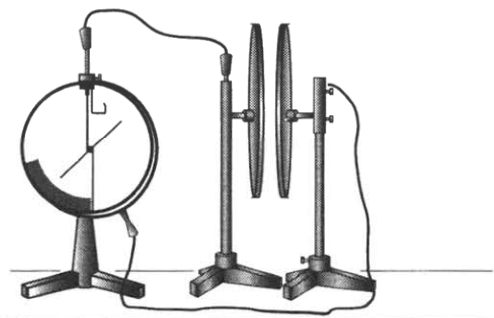
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

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.

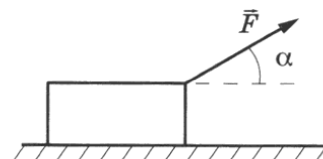
24

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



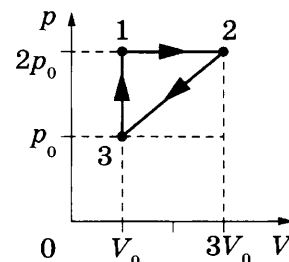
Полное правильное решение каждой из задач 25–30 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

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

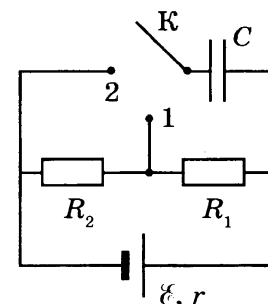


26 Поток фотонов выбивает из металла электроны. Энергия фотона равна 2 эВ. Если частоту падающего излучения увеличить в 2,5 раза, то максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, увеличится в 2 раза. Чему равна максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в первом случае?

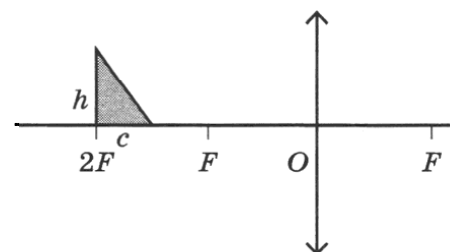
27 Одноатомный идеальный газ совершает циклический процесс, показанный на рисунке. Масса газа постоянна. За цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты $|Q_x| = 8 \text{ кДж}$. Какое количество теплоты газ получает при переходе из состояния 1 в состояние 2?



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



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



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

30

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



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

ВАРИАНТ 10

Часть 1

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

1

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

- 1) Ускорение тела является векторной величиной и показывает, как быстро тело меняет свою скорость.
- 2) В процессе кипения вещества его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Теплопередача посредством электромагнитного излучения возможна только в вакууме.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред частота волны остаётся неизменной.
- 5) Ядро любого атома состоит из положительно заряженных протонов и отрицательно заряженных электронов.

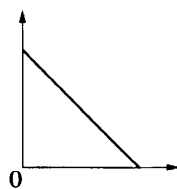
Ответ: _____.

2

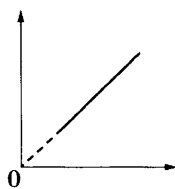
Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля ускорения равноускоренно движущегося тела от времени
- Б) зависимость давления идеального газа с концентрацией частиц n от абсолютной температуры
- В) зависимость энергии электрического поля конденсатора ёмкостью C от напряжения между обкладками конденсатора

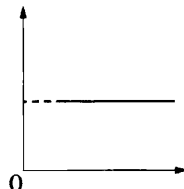
Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



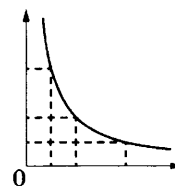
(1)



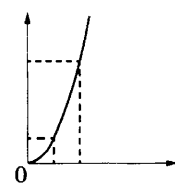
(2)



(3)



(4)

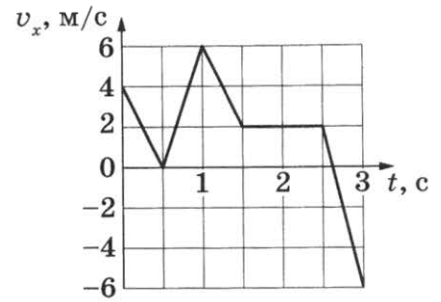


(5)

Ответ:

А	Б	В

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



Ответ: _____ м/с².

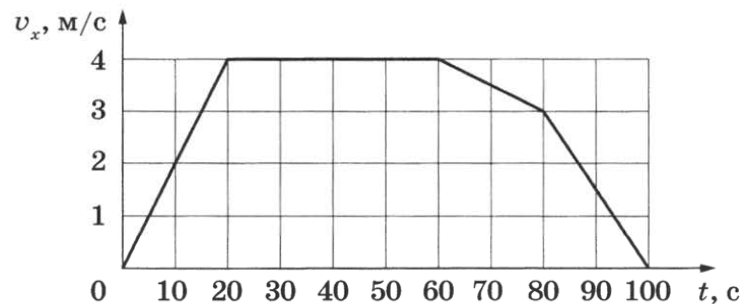
- 4 Кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью 3 м/с, равна 4,5 Дж. Чему равна масса тела?

Ответ: _____ кг.

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

Ответ: _____ с.

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



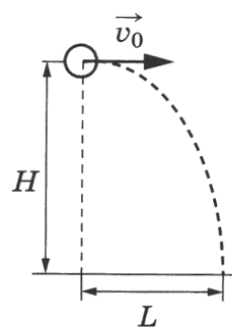
Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения.

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

Ответ: _____.

7

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



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Время полёта шарика до падения на землю	Ускорение шарика

8

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

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

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) период обращения
- Б) угловая скорость движения

ФОРМУЛЫ

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

Ответ:

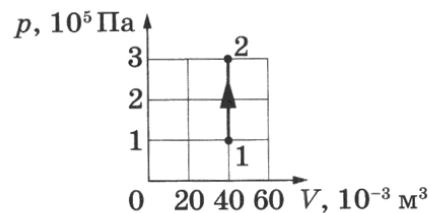
А	Б

9

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

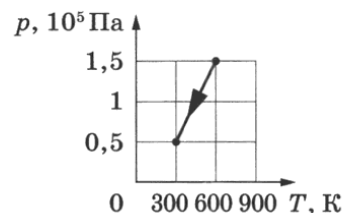
Ответ: _____ К.

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



Ответ: _____ кДж.

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



Ответ: в _____ раз(а).

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

Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения по поводу этой ситуации.

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

Ответ: _____.

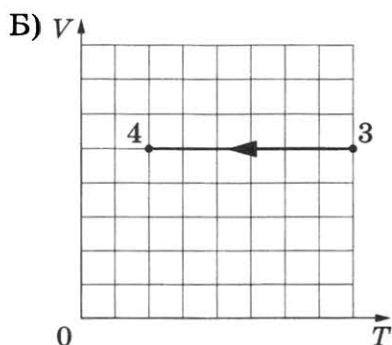
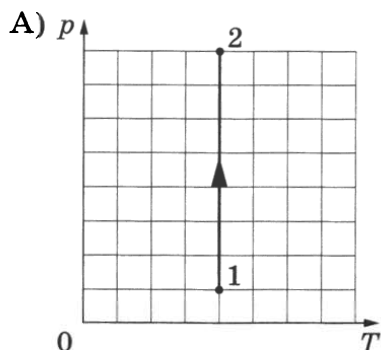
13

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

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

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

ГРАФИКИ



УТВЕРЖДЕНИЯ

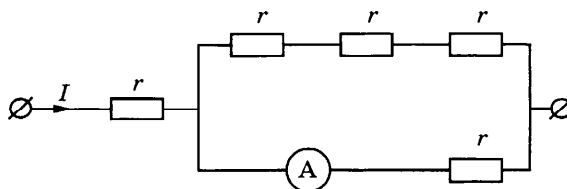
- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом он не совершает работу.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
- 3) Газ отдаёт положительное количество теплоты, при этом внешние силы совершают над ним положительную работу.
- 4) Газ получает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

Ответ:

А	Б

14

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



Ответ: _____ А.

15

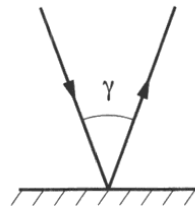
Во сколько раз увеличится период свободных электромагнитных колебаний в контуре, если расстояние между пластинами конденсатора, входящего в состав контура, уменьшить в 9 раз, а индуктивность катушки уменьшить в 4 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

16

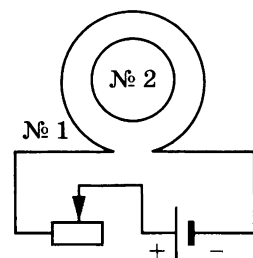
Луч света падает на плоское зеркало. Угол между отраженным лучом и зеркалом равен 80° . Каков угол γ между падающим и отраженным лучами (см. рисунок)?

Ответ: _____ градусов.



17

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



Из приведённого ниже списка выберите **все** верные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата **вправо**.

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

Ответ: _____.

18

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения

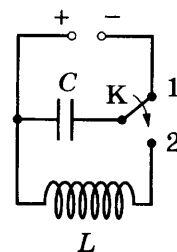
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Модуль силы Лоренца	Частота обращения α -частицы

19

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



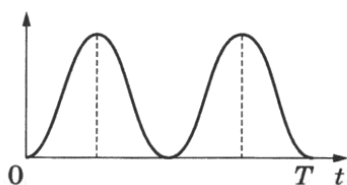
Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ

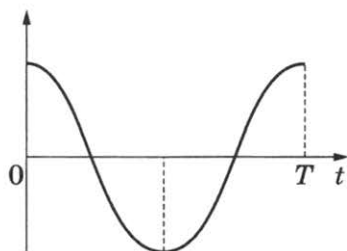
ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А)



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

Б)



Ответ:

А	Б

20

Два источника излучают электромагнитное излучение с длинами волн λ_1 и λ_2 . Найдите отношение $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, если отношение импульсов фотонов этих излучений $\frac{p_1}{p_2} = 4$.

Ответ: _____.

21

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

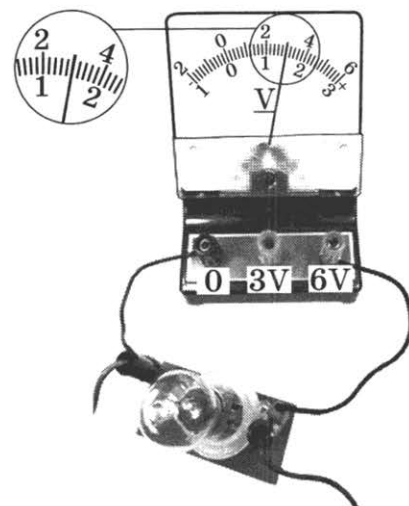
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Массовое число ядра	Число протонов в ядре

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



Ответ: (_____ ± _____) В.

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

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

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

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

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

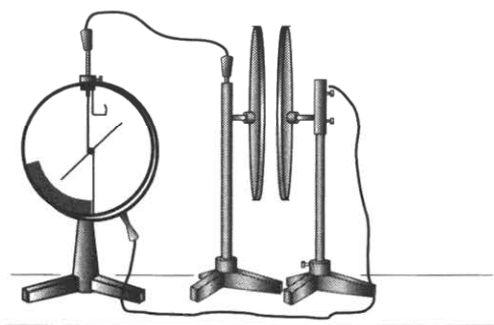
! *Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

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

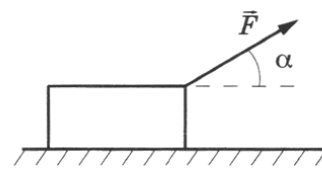
Две плоские пластины конденсатора, закреплённые на изолирующих штативах, расположили на небольшом расстоянии друг от друга и соединили одну пластину с заземлённым корпусом, а другую — со стержнем электрометра (см. рисунок). Затем пластину, соединённую со стержнем электрометра, зарядили. Объясните, опираясь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



Полное правильное решение каждой из задач 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

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

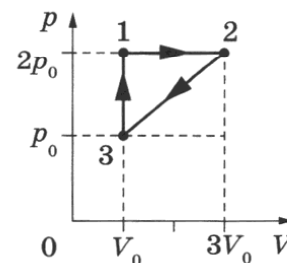


26

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

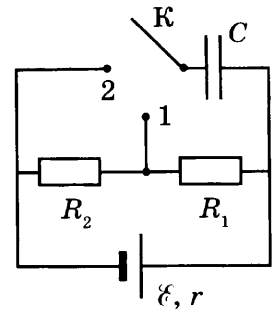
27

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



28

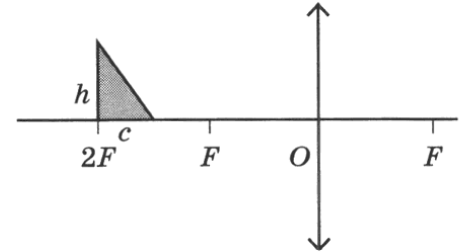
В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор C изначально не заряжен. Ключ K переводят в положение 1. Затем, спустя большой промежуток времени, ключ переводят в положение 2 и снова ждут в течение большого промежутка времени. В результате перевода ключа из положения 1 в положение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



29

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

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



30

Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы радиуса $R = 1$ м. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите скорость пули непосредственно перед попаданием в тело, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы, $h = 0,7$ м. Высота отсчитывается от основания полусферы. Обоснуйте применимость используемых законов к решению 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 3–5, 9–11, 14–16, 20, 22 и 23 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число или две цифры.

Каждое из заданий 7, 8, 13, 18, 19 и 21 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 2 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 1, 6, 12 и 17 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	125	135	134	145	12	23	14	35	124	124
2	234	513	124	432	412	345	142	142	125	325
3	32,5	25	2,5	2	12,5	20	1200	150	–8	–16
4	0,3	6	5	2,5	6,4	16	0,5	0,125	5,4	1
5	0,08	0,01	0,08	0,5	110	80	4	15	1	0,25
6	24	35	35	24	124	125	24	35	124	235
7	12	21	32	31	31	32	23	13	33	33
8	12	32	14	32	13	24	21	43	12	34
9	500	150	1,5	400	4	5	4,5	2	400	1000
10	40	50	8	5	0,75	3	450	500	12	0
11	1150	4600	0,2	100	500	2	2000	14,5	2	2
12	15	23	145	234	15	24	15	23	25	34
13	12	42	33	33	22	12	23	43	13	31
14	3,6	10	10	5	7,5	6	150	200	12	4,5
15	0,25	44	0,004	0,01	4	3	20	6	1,5	1,5
16	1	1	20	5	3	4	12,5	10	40	20
17	125	345	25	34	24	35	124	135	15	13
18	31	11	12	23	12	11	11	22	32	32
19	24	21	14	34	41	32	24	31	31	42
20	78	244	12,5	87,5	93,75	6,25	90	7,5	4	0,25
21	22	11	23	13	24	32	12	13	21	32
22	0,600,05	0,60,1	111	5,500,25	0,600,05	0,400,05	7,40,2	0,740,02	1,50,1	3,00,2
23	25	25	24	15	35	14	13	25	34	45

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

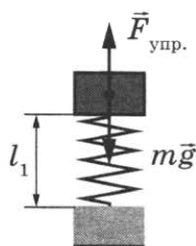
Решения заданий 24–30 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за выполнение задания 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. 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.

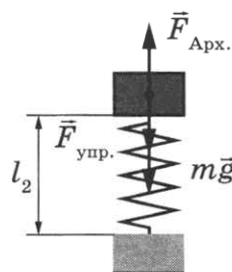
№ 1



$$F_{\text{упр}} = mg$$

$$F_{\text{упр}} = k|l_0 - l_1|$$

№ 2



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

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

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.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <i>п. 1</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>сила Архимеда, условие равновесия кольца, невесомость</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</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 решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

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: $\eta \approx 24\%$.

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>работа, совершаемая газом за цикл; КПД тепловой машины</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) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи. Но имеются 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, 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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

26

Возможное решение

Поглощаемая мощность $P = \frac{E}{t}$, где E энергия N поглощаемых фотонов — $E = \frac{Nhc}{\lambda}$.

Следовательно, для длины волны падающего света получим:

$$\lambda = \frac{Nhc}{Pt} = \frac{18 \cdot 10^5 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{9 \cdot 10^{-14} \cdot 8} = 495 \text{ нм.}$$

Ответ: $\lambda = 495 \text{ нм.}$

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 поглощаемой мощности, формула для энергии фотона</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) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, 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 имеются 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, 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>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	2

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°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.

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: формулы для количества теплоты, необходимого для нагревания, охлаждения, кристаллизации тела; уравнение теплового баланса);</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, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном 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>	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p 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 align="center">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 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 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>	3

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: $Q = 60 \text{ мкДж.}$

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 расчёта сопротивления последовательно соединённых резисторов, законы Ома для полной цепи и участка цепи, формула энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки с током, закон сохранения энергии, равенство напряжений на конденсаторе и параллельно соединённом резисторе</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) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном 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> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

29

Возможное решение

1. Циклическая частота колебаний груза и циклическая частота колебаний его изображения одинаковы и равны ω .
2. Максимальные скорости груза и его изображения связаны с амплитудами их колебаний следующим образом:

$$v_{\text{гр. макс.}} = \omega A_{\text{гр.}} \quad \text{и} \quad v_{\text{из. макс.}} = \omega A_{\text{из.}}$$

Следовательно, $v_{\text{гр. макс.}} = \frac{A_{\text{гр.}}}{A_{\text{из.}}} v_{\text{из. макс.}}$.

3. $\frac{A_{\text{из.}}}{A_{\text{гр.}}} = \Gamma$, где Γ — увеличение, даваемое тонкой линзой.

$\Gamma = \frac{f}{d}$ с учётом того, что и изображение, и предмет действительные.

4. Найдём увеличение, используя формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = D, \quad \text{откуда} \quad d = \frac{f}{fD - 1}, \quad \text{а} \quad \Gamma = fD - 1.$$

Окончательно: $v_{\text{гр. макс.}} = \frac{v_{\text{из. макс.}}}{(fD - 1)} = \frac{1}{(0,5 \cdot 5 - 1)} \approx 0,67 \text{ м/с.}$

Ответ: $v_{\text{гр. макс.}} \approx 0,67 \text{ м/с.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула тонкой линзы; формулы увеличения линзы, максимальной скорости гармонических колебаний, оптической силы линзы; равенство циклических частот колебаний груза и его изображения</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) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном 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

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</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

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):

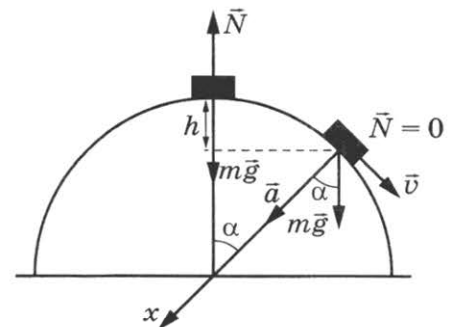
$$mgR = mg(R - h) + \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

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 $v^2 = \frac{2gR}{3}$.



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

Ответ: $v \approx 4$ м/с.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей)	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
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 — закон сохранения механической энергии; второй закон Ньютона для движения точки по окружности; формула центростремительного ускорения; учтено, что в точке отрыва сила реакции опоры обращается в нуль); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. 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.	1

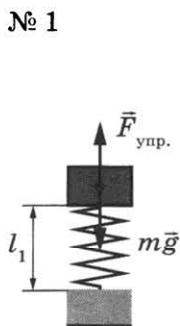
Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<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> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Сделаны только правильные рисунки, на которых построены изображения двух источников, с указанием хода лучей в линзе</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	4

Вариант 2

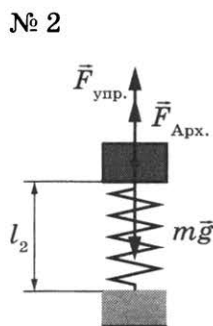
24 Возможное решение

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.



$$F_{\text{упр}} = mg$$

$$F_{\text{упр}} = k|l_0 - l_1|$$



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

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

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**

Поглощаемая мощность $P = \frac{E}{t}$, где E энергия N поглощаемых фотонов — $E = \frac{Nhc}{\lambda}$.

Следовательно, для длины волны падающего света получим:

$$\lambda = \frac{Nhc}{Pt} = \frac{135 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,98 \cdot 10^{-17} \cdot 3} = 450 \text{ нм.}$$

Ответ: $\lambda = 450$ нм.

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 °С и начнёт плавиться.

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

Так как $Q_2 < Q_1 + Q_3$, только часть льда массой m_3 превратится в воду, и в сосуде установится конечная температура $t_k = 0$ °С.

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,

$$m_3 = \frac{c_2 m_2 t_2 - c_1 m_1 (0 - t_1)}{\lambda} = \frac{42000 - 10500}{330000} \approx 0,095 \text{ кг.}$$

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

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

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 — $W_L = \frac{LI^2}{2}$.

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

1. Циклическая частота колебаний груза и циклическая частота колебаний его изображения одинаковы и равны ω .

2. Максимальные скорости груза и его изображения связаны с амплитудами их колебаний следующим образом:

$$v_{\text{гр. макс.}} = \omega A_{\text{гр.}} \quad \text{и} \quad v_{\text{из. макс.}} = \omega A_{\text{из.}}$$

Следовательно, $\frac{v_{\text{из. макс.}}}{v_{\text{гр. макс.}}} = \frac{A_{\text{из.}}}{A_{\text{гр.}}}$.

3. $\frac{A_{\text{из.}}}{A_{\text{гр.}}} = \Gamma$, где Γ — увеличение, даваемое тонкой линзой.

$\Gamma = \frac{f}{d}$ с учётом того, что и изображение, и предмет действительные.

4. Найдём увеличение, используя формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = D, \quad \text{откуда} \quad d = \frac{f}{fD - 1}, \quad \text{а} \quad \Gamma = fD - 1.$$

Окончательно: $D = \frac{\Gamma + 1}{f} = \frac{\frac{v_{\text{изобр. макс.}}}{v_{\text{гр. макс.}}} + 1}{\frac{1}{0,7} + 1} = \frac{0,7 + 1}{0,5} \approx 4,9$ дптр.

Ответ: $D \approx 4,9$ дптр.

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.

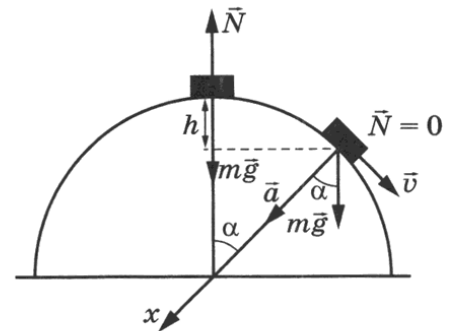
2. Запишем в точке отрыва второй закон Ньютона в проекциях на ось x :

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

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

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

Ответ: $R = 3,75$ м.



Вариант 3

24 Возможное решение

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

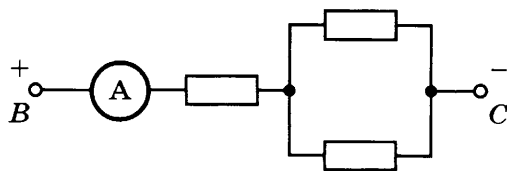


Рис. 1

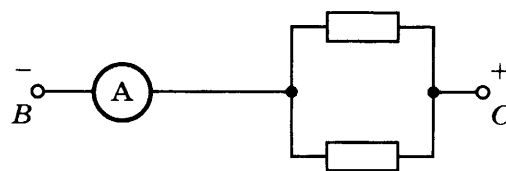


Рис. 2

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 первый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя соотношения для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы в первом случае:

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

где R — сопротивление каждого из резисторов.

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

4. Таким образом, общее сопротивление участка цепи уменьшилось в 3 раза. Используя закон Ома для полной цепи, $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{Общ}}}$, 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

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

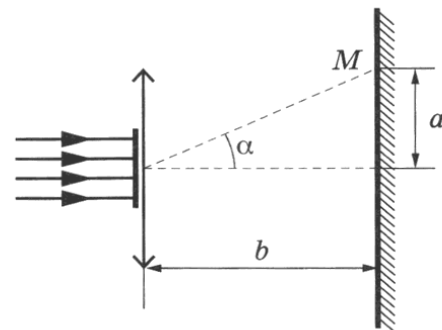
В итоге получим:

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

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 α к нормали к решётке будет наблюдаться k -й максимум в соответствии с условием $d \sin \alpha = k\lambda$. Так как угол α 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 $3C$ — суммарная ёмкость параллельно включённых конденсаторов, когда оба они заполнены жидким диэлектриком. После вытекания диэлектрика из правого конденсатора суммарный заряд конденсаторов останется прежним. Так как для плоского конденсатора $C \sim \varepsilon$, 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,

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

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

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

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

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_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 $v_1^2 = \frac{8}{9}gl$. Подставив полученное выражение в п. 4:

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

Ответ: $F = 1,4 \text{ Н.}$

Вариант 4

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.

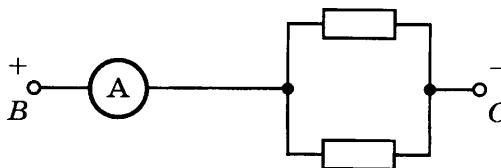


Рис. 1

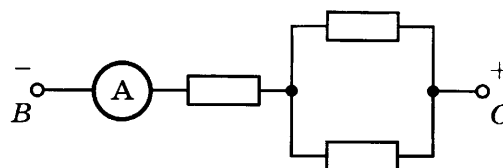


Рис. 2

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 соотношения 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, станет включён в прямом направлении, его сопротивление будет нулевым, а значит, он пропускает электрический ток. Эквивалентная электрическая схема для второго случая примет вид, представленный на рис. 2. Получается, что первый резистор соединён последовательно с двумя другими, соединёнными параллельно друг другу. Используя соотношения для вычисления сопротивления последовательно и параллельно подключённых резисторов, получим общее сопротивление схемы 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:

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

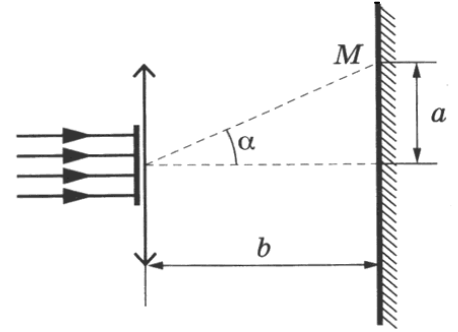
Ответ: $M = 1,5$ кг.

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 α к нормали к решётке будет наблюдаться k -й максимум в соответствии с условием $d \sin \alpha = k\lambda$. Так как угол α 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 $3C$ — суммарная ёмкость параллельно включённых конденсаторов, когда оба они заполнены жидким диэлектриком. После вытекания диэлектрика из левого конденсатора суммарный заряд конденсаторов останется прежним. Так как для плоского конденсатора $C \sim \varepsilon$, 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: $U_1 = \frac{3\varepsilon}{1+2\varepsilon}U$.

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

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_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

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

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 $v_2^2 = \frac{v_1^2}{4} = \frac{2}{9}gl$.

Подставив полученное выражение в п. 4:

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

Ответ: $F = 0,1 \text{ Н.}$

Вариант 5

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:

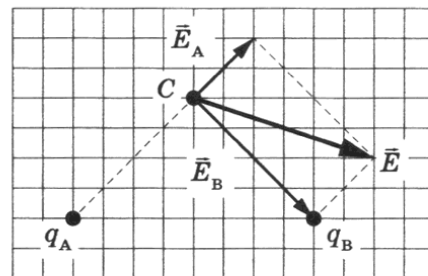
$$F = mg - \mu Mg - (M + m)a = 0,5 \cdot 10 - 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10 - (0,8 + 0,5) \cdot 2 = 0,8 \text{ Н.}$$

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 напряжённостей 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 гелием совершается работа:

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

где p — давление гелия в этом процессе, ΔV — 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. $R_{23} = \frac{R}{2}$; $I_{II} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_{23} + r} = \frac{\mathcal{E}}{\frac{3}{2}R + r}$.

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

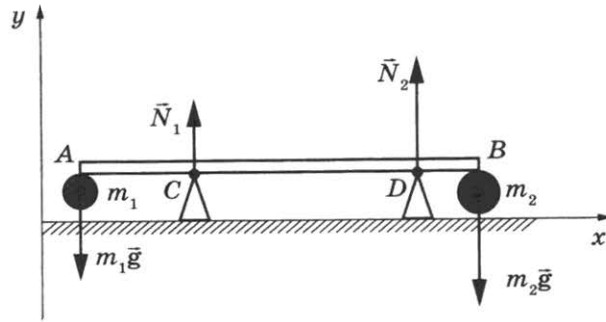
30 **Возможное решение**

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_1 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 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 6

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: $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B$.

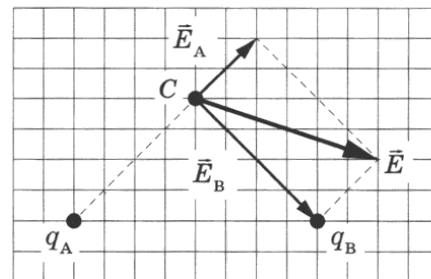
Построим векторы напряжённостей электрических полей в точке C от точечных зарядов, расположенных в точках A и B (см. рис.). Сложение векторов \vec{E}_A и \vec{E}_B производится по правилу параллелограмма, вектор \vec{E} является его диагональю.

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, ΔV — 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 $I_{\text{I}} = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + r} = \frac{\mathcal{E}}{2R + r}$, где $R = R_1 = R_2 = R_3$. Мощность, выделяемая на резисторе R_1 ,

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

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

Мощность, выделяемая на резисторе R_1 , $P_{\text{II}} = \frac{4\mathcal{E}^2 R}{(3R + 2r)^2}$.

Отношение мощностей $\frac{P_{\text{I}}}{P_{\text{II}}} = \frac{(3R + 2r)^2}{4(2R + r)^2} = \frac{(3 + 2)^2}{4(2 + 1)^2} = \frac{25}{36}$.

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:

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

где $\nu_{\max} = \nu$.

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: $E < E_0 \approx 243 \text{ В/м.}$

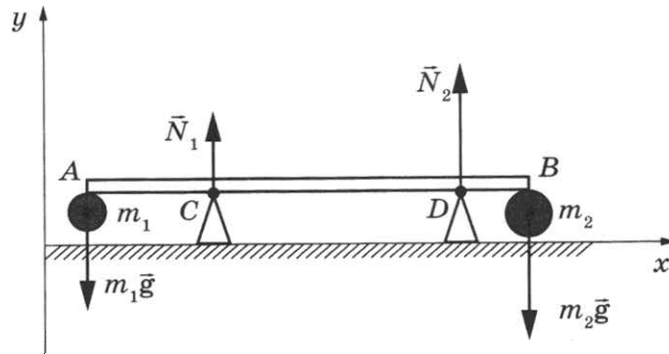
30

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



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

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

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

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

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

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

$$L = \left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) \cdot \left(x + \frac{2}{3}l\right) = \left(1 + \frac{0,3}{0,6}\right) \cdot \left(0,2 + \frac{2}{3} \cdot 0,6\right) = 0,9 \text{ м.}$$

Ответ: $L = 0,9$ м.

Вариант 7

24 Возможное решение

1. При поднесении отрицательно заряженной палочки к шару электрометра 2 электроны в шаре, стержне и стрелке каждого из электрометров в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 1. Электроны с электрометра 2 перемещаются к шару электрометра 1 по металлическому стержню. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы. В результате электрометр 1 приобретёт отрицательный заряд.

2. Поскольку два соединённых металлическим стержнем электрометра образуют изолированную систему, а первоначально электрометры были не заряжены, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю положительному заряду электрометра 2.

3. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились.

Ответ: электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.

25 Возможное решение

Поскольку грузы связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, можно считать, что модули ускорений, а также силы натяжения нитей для обоих грузов одинаковы. Модули ускорений грузов определяются формулой: $a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{4 - 0}{1} = 4 \text{ м/с}^2$. По условию задачи правый груз движется вверх, следовательно, левый груз — вниз. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось для левого груза: $Ma = Mg - T$.

В итоге получим: $T = M(g - a) = 1 \cdot (10 - 4) = 6 \text{ Н}$.

Ответ: $T = 6 \text{ Н}$.

26 Возможное решение

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

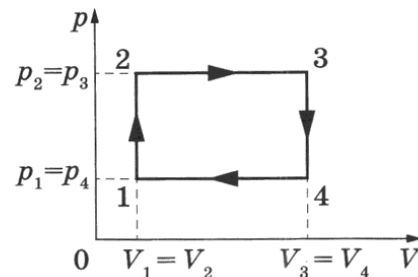
$$k = \frac{d \nu \sin \alpha}{c} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 6,5 \cdot 10^{14} \cdot 1}{3 \cdot 10^8} \approx 4,33 = 4.$$

Ответ: $k_{\max} = 4$.

27 **Возможное решение**

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой $\eta = \frac{A}{Q_1}$, где A — работа, совершённая газом за цикл, Q_1 — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок цикла в координатах p – V).



Согласно закону Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$; так как $T_2 = 2T_1$, то $p_2 = p_3 = 2p_1$.

Согласно закону Гей-Люссака $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$; так как $T_4 = T_2 = 2T_1$, то $V_3 = V_4 = 2V_1$.

3. Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла: $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = p_1 V_1$.

4. Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом, $Q_1 = Q_{1-2} + Q_{2-3}$.

Согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ($V = \text{const}$; $A = 0$) $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1$. Для изобарного процесса 2–3

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + p_2 (V_3 - V_2).$$

5. С помощью уравнения Менделеева — Клапейрона ($pV = \nu RT$) получаем:

$$Q_{1-2} = \frac{3}{2} p_1 V_1 \text{ и } Q_{2-3} = \frac{5}{2} p_2 (V_3 - V_2) = \frac{10}{2} p_1 V_1.$$

$$\text{Таким образом, } \eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{p_1 V_1}{\frac{3}{2} p_1 V_1 + \frac{10}{2} p_1 V_1} = \frac{2 p_1 V_1}{13 p_1 V_1} = \frac{2}{13} \approx 0,15 = 15 \%$$

Ответ: $\eta \approx 15 \%$.

28 **Возможное решение**

Резисторы R_1 и R_3 , R_2 и R_4 соединены друг с другом последовательно, а образовавшиеся пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи $R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(1 + 5)(2 + 10)}{1 + 2 + 5 + 10} = 4 \text{ Ом}$.

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи, $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{9}{4 + 2} = 1,5 \text{ А}$.

Напряжение на параллельных ветвях R_1 – R_3 и R_2 – R_4 : $U = IR_0 = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ В}$.

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{6}{1 + 5} = 1 \text{ А и } I_2 = \frac{U}{R_2 + R_4} = \frac{6}{2 + 10} = 0,5 \text{ А}.$$

Мощность, выделяемая на резисторе R_2 , $N_2 = I_2^2 R_2 = 0,5^2 \cdot 2 = 0,5 \text{ Вт}$.

Ответ: $N_2 = 0,5 \text{ Вт}$.

29 **Возможное решение**

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

Если за каждую секунду вода поглощает n фотонов, то за время τ она поглотит $n\tau$ фотонов с суммарной энергией $E = \frac{n\tau hc}{\lambda}$.

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды на Δt : $Q = c_{\text{уд}} m \Delta t$, где m и $c_{\text{уд}}$ — соответственно масса воды и её удельная теплоёмкость. Поскольку $E = Q$, то $\frac{n\tau hc}{\lambda} = c_{\text{уд}} m \Delta t$.

$$\text{Отсюда получаем: } \Delta t = \frac{hc n \tau}{c_{\text{уд}} m \lambda} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{20} \cdot 210}{4200 \cdot 0,05 \cdot 6,6 \cdot 10^{-7}} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

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).
2. Бруски m и $4m$ движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки как до, так и после столкновения независимо от их размеров.
3. По условию силой трения со стороны стола при столкновении брусков следует пренебречь. В таком случае вдоль направления движения брусков при их столкновении никакие внешние силы не действуют, и импульс системы двух брусков в выбранной ИСО при их столкновении сохраняется.
4. Движение брусков в ИСО после столкновения (в силу пунктов 1 и 2) описывается вторым законом Ньютона.

Решение:

Пусть u_0 — начальная скорость брусков после соударения. Согласно закону сохранения импульса $mv_0 + 4m \cdot \frac{1}{2}v_0 = (4m + m)u_0 \Rightarrow mv_0 + 2mv_0 = 5mu_0 \Rightarrow u_0 = \frac{3}{5}v_0$.

По условию после перемещения на расстояние S конечная скорость движения брусков $u = \frac{2}{5}v_0$.

Изменение кинетической энергии слипшихся брусков равно работе силы трения: $\Delta E_{\text{к}} = A_{\text{тр}}$, $A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}}S$, $F_{\text{тр}} = \mu(4m + m)g$.

$$\text{Отсюда: } \frac{(4m + m)u_0^2}{2} = \frac{(4m + m)u^2}{2} + \mu(4m + m)gS \Rightarrow \frac{5m\left(\frac{3}{5}v_0\right)^2}{2} - \frac{5m\left(\frac{2}{5}v_0\right)^2}{2} = 5m\mu gS \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{9}{25} \cdot v_0^2 - \frac{4}{25} \cdot v_0^2 = 2\mu gS \Rightarrow S = \frac{1}{10} \cdot \frac{v_0^2}{\mu g} = \frac{5^2}{10 \cdot 0,5 \cdot 10} = 0,5 \text{ м.}$$

Ответ: $S = 0,5 \text{ м}$.

Вариант 8

24 Возможное решение

1. При поднесении положительно заряженной палочки к шару электрометра 1 электроны в шаре, стержне и стрелке каждого из электрометров в электрическом поле, созданном палочкой, стали перемещаться на поверхность шара электрометра 1. Электроны с электрометра 2 перемещаются к шару электрометра 1 по металлическому стержню. Движение электронов будет происходить до тех пор, пока все точки металлических частей двух электрометров не будут иметь одинаковые потенциалы. В результате электрометр 1 приобретёт отрицательный заряд.

2. Поскольку два соединённых металлическим стержнем электрометра образуют изолированную систему, а первоначально электрометры были не заряжены, то согласно закону сохранения заряда отрицательный заряд электрометра 1 в точности равен по модулю положительному заряду электрометра 2.

3. После того как убрали стержень, показания электрометров не изменились.

Ответ: электрометр 1 имеет отрицательный заряд, а электрометр 2 — положительный.

25 Возможное решение

Поскольку грузы связаны невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, можно считать, что модули ускорений, а также силы натяжения нитей для обоих грузов одинаковы. Модули ускорений грузов определяются формулой: $S = \frac{at^2}{2} \Rightarrow a = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,25}{0,5^2} = 2 \text{ м/с}^2$. По условию задачи левый груз движется вниз, следовательно, правый груз — вверх. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось для правого груза: $ma = T - mg$. В итоге получим:

$$T = m(g + a) = 0,2 \cdot (10 + 2) = 2,4 \text{ Н.}$$

Ответ: $T = 2,4 \text{ Н.}$

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,

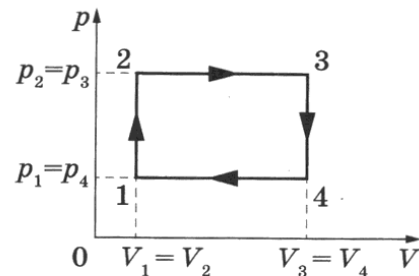
$$k = \frac{d \sin \alpha}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10^{-6} \cdot 1}{550 \cdot 10^{-9}} \approx 3,64 = 3.$$

Ответ: $k_{\max} = 3$.

27 Возможное решение

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой $\eta = \frac{A}{Q_1}$, где A — работа, совершённая газом за цикл, Q_1 — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя.

2. Цикл состоит из двух изохор, 1–2 и 3–4, и двух изобар, 2–3 и 4–1 (см. рисунок цикла в координатах p – V).



Согласно закону Шарля $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$; так как $T_2 = 3T_1$, то $p_2 = p_3 = 3p_1$.

Согласно закону Гей-Люссака $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_4}{T_4}$; так как $T_4 = T_2 = 3T_1$, то $V_3 = V_4 = 3V_1$.

3. Работа, совершённая газом за цикл, численно равна площади фигуры, ограниченной графиком цикла: $A = (p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = 4p_1V_1$.

4. Газ получает положительное количество теплоты на изохоре 1–2 и изобаре 2–3; таким образом, $Q_1 = Q_{1-2} + Q_{2-3}$.

Согласно первому закону термодинамики для изохорного процесса 1–2 ($V = \text{const}$; $A = 0$) $Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = 3\nu RT_1$. Для изобарного процесса 2–3

$$Q_{2-3} = \Delta U_{2-3} + A_{2-3} = \frac{3}{2}\nu R(T_3 - T_2) + p_2(V_3 - V_2).$$

5. С помощью уравнения Менделеева — Клапейрона ($pV = \nu RT$) получаем:

$$Q_{1-2} = 3p_1V_1 \text{ и } Q_{2-3} = \frac{5}{2}p_2(V_3 - V_2) = 15p_1V_1.$$

$$\text{Таким образом, } \eta = \frac{A}{Q_{1-2} + Q_{2-3}} = \frac{4p_1V_1}{3p_1V_1 + 15p_1V_1} = \frac{4p_1V_1}{18p_1V_1} = \frac{2}{9} \approx 0,22 = 22\%.$$

Ответ: $\eta \approx 22\%$.

28 Возможное решение

Резисторы R_1 и R_3 , R_2 и R_4 соединены друг с другом последовательно, а образовавшиеся пары соединены между собой параллельно. В связи с этим общее сопротивление внешней цепи $R_0 = \frac{(R_1 + R_3)(R_2 + R_4)}{R_1 + R_2 + R_3 + R_4} = \frac{(1 + 5)(2 + 10)}{1 + 2 + 5 + 10} = 4 \text{ Ом}$.

Согласно закону Ома для полной цепи общий ток, протекающий во внешней цепи, $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{9}{4 + 2} = 1,5 \text{ А}$.

Напряжение на параллельных ветвях R_1 – R_3 и R_2 – R_4 : $U = IR_0 = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ В}$.

Токи в ветвях рассчитываются по закону Ома для участка цепи:

$$I_1 = \frac{U}{R_1 + R_3} = \frac{6}{1 + 5} = 1 \text{ А и } I_2 = \frac{U}{R_2 + R_4} = \frac{6}{2 + 10} = 0,5 \text{ А}.$$

Мощность, выделяемая на резисторе R_3 , $N_3 = I_1^2 R_3 = 1^2 \cdot 5 = 5 \text{ Вт}$.

Ответ: $N_3 = 5 \text{ Вт}$.

29 **Возможное решение**

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

Если за каждую секунду вода поглощает n фотонов, то за время τ она поглотит $n\tau$ фотонов с суммарной энергией $E = \frac{n\tau hc}{\lambda}$.

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды на Δt : $Q = c_{\text{уд}} m \Delta t$, 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).
2. Бруски m и $4m$ движутся поступательно, поэтому описываем их моделью материальной точки как до, так и после столкновения независимо от их размеров.
3. По условию силой трения со стороны стола при столкновении брусков следует пренебречь. В таком случае вдоль направления движения брусков при их столкновении никакие внешние силы не действуют, и импульс системы двух брусков в выбранной ИСО при их столкновении сохраняется.
4. Движение брусков в ИСО после столкновения (в силу пунктов 1 и 2) описывается вторым законом Ньютона.

Решение:

Пусть u_0 — начальная скорость брусков после соударения. Согласно закону сохранения импульса $m v_0 + 4m \cdot \frac{1}{2} v_0 = (4m + m) u_0 \Rightarrow m v_0 + 2m v_0 = 5m u_0 \Rightarrow u_0 = \frac{3}{5} v_0$.

По условию после перемещения на расстояние S конечная скорость движения брусков $u = \frac{2}{5} v_0$.

Изменение кинетической энергии слипшихся брусков равно работе силы трения: $\Delta E_{\text{к}} = A_{\text{тр}}$, $A_{\text{тр}} = -F_{\text{тр}} S$, $F_{\text{тр}} = \mu(4m + m)g$.

Отсюда: $\frac{(4m + m) u_0^2}{2} = \frac{(4m + m) u^2}{2} + \mu(4m + m) g S \Rightarrow \frac{5m \left(\frac{3}{5} v_0\right)^2}{2} - \frac{5m \left(\frac{2}{5} v_0\right)^2}{2} = 5m \mu g S \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{9}{25} \cdot v_0^2 - \frac{4}{25} \cdot v_0^2 = 2\mu g S \Rightarrow \mu = \frac{1}{10} \cdot \frac{v_0^2}{g S} = \frac{4^2}{10 \cdot 10 \cdot 1} = 0,16$.

Ответ: $\mu = 0,16$.

Вариант 9

24

Возможное решение

1. Заряд Q , сообщённый пластине, распределяется между пластиной и стержнем так, что они приобретают одинаковый потенциал. При этом практически весь заряд Q оказывается на пластине.
2. На заземлённом корпусе электрометра и соединённой с ним пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен Q по модулю.
3. Разность потенциалов между пластинами $U = \frac{Q}{C}$.
4. Ёмкость плоского воздушного конденсатора $C = \frac{\varepsilon_0 S}{d}$, и при увеличении расстояния между пластинами она уменьшается, так как расстояние d между ними увеличивается ($C' < C$ при $d' > d$).
5. Суммарный заряд стержня электрометра и соединённой с ним пластины — электроизолированной системы тел — при увеличении расстояния между пластинами не изменяется. При этом заряд пластины остаётся практически равным Q . Поэтому напряжение между пластинами увеличивается:

$$U' = \frac{Q}{C'} > U.$$

Следовательно, угол отклонения стрелки увеличивается.

Ответ: угол отклонения стрелки увеличивается.

25

Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси: $Ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$ и $0 = N + F \sin \alpha - Mg$. Выражение для силы трения скольжения имеет вид $F_{\text{тр}} = \mu N$. Выполняя преобразования, получим:

$$Ma = F \cos \alpha - \mu(Mg - F \sin \alpha).$$

$$\text{Отсюда: } \mu = \frac{F \cos \alpha - Ma}{Mg - F \sin \alpha} = \frac{5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 1 \cdot 2}{1 \cdot 10 - 5 \cdot \frac{1}{2}} \approx 0,3.$$

Ответ: $\mu \approx 0,3$.

26

Возможное решение

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом случае:

$$h\nu_1 = A_{\text{вых}} + E_1.$$

По условию во втором случае $\nu_2 = 2,5\nu_1$ и $\nu_{\text{max}2} = 2\nu_{\text{max}1}$, следовательно, $E_2 = 4E_1$. Тогда для второго случая: $2,5h\nu_1 = A_{\text{вых}} + 4E_1$.

Проведя преобразования, получим: $E_1 = 0,5h\nu_1 = 0,5 \cdot 2 = 1$ эВ.

Ответ: $E_1 = 1$ эВ.

27

Возможное решение

Согласно первому закону термодинамики за цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты

$$|Q_x| = (U_2 - U_3) + |A_{23}| = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0.$$

Так как $p_2V_2 = \nu RT_2$ и $p_3V_3 = \nu RT_3$, то

$$|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0.$$

Работа газа на участке 1–2 определяется площадью фигуры под графиком процесса 1–2: $A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0$.

Изменение внутренней энергии на участке 1–2 определяется формулой

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_1) = \frac{3}{2}2p_0 \cdot (3V_0 - V_0) = 6p_0V_0.$$

Отсюда:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = 6p_0V_0 + 4p_0V_0 = 10p_0V_0 = \frac{20}{21}|Q_x| = \frac{20}{21} \cdot 8 \cdot 10^3 \approx 7,6 \text{ кДж.}$$

Ответ: $Q_{12} \approx 7,6 \text{ кДж.}$

28

Возможное решение

1. Обозначим напряжение на конденсаторе после перевода ключа в положение 1 через U_1 ; после перевода ключа в положение 2 — через U_2 . Поскольку энергия E конденсатора, заряженного до напряжения U , $E = \frac{CU^2}{2}$, то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении 1

$$\text{ключа } n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{CU_2^2}{2}}{\frac{CU_1^2}{2}} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

2. Пусть сила тока, текущего через резисторы, равна I . При этом напряжения U_1 и U_2 на конденсаторе равны напряжениям на соответствующих участках цепи, имеющих сопротивления R_1 и $R_1 + R_2$. На основании закона Ома для участка цепи получаем: $U_1 = IR_1$ и $U_2 = I(R_1 + R_2)$.

3. Следовательно, $n = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2 = (1 + 3)^2 = 16$.

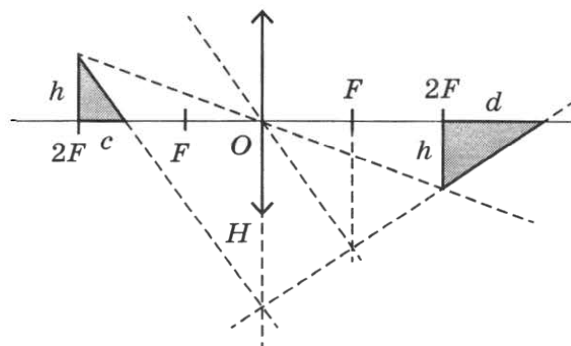
Ответ: $n = 16$.

29

Возможное решение

1. Построим изображение треугольника, используя свойства линзы:

- луч, прошедший через оптический центр линзы O , не преломляется;
- параллельный пучок лучей, падающих на собирающую линзу, пересекается в фокальной плоскости.



2. Из формулы линзы следует, что изображение вершины прямого угла треугольника находится на расстоянии $2F$ от линзы. Поэтому высота изображения вертикального катета равна h .

3. Фокусное расстояние линзы связано с её оптической силой соотношением

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{10 \text{ дптр}} = 0,1 \text{ м} = 10 \text{ см.}$$

4. Из подобия треугольников получаем соотношения подобия: $\frac{H}{h} = \frac{2F - c}{c} = \frac{2F + d}{d}$, откуда следует связь между c , F и d :

$$d = \frac{cF}{F - c}.$$

5. Площадь треугольника $S_0 = \frac{hc}{2}$, а площадь его изображения

$$S = \frac{hd}{2} = \frac{hc}{2} \frac{F}{F - c} = S_0 \frac{F}{F - c}.$$

6. В итоге получим: $\frac{S}{S_0} = \frac{F}{F - c} = \frac{10}{10 - 2} = 1,25$.

Ответ: $\frac{S}{S_0} = 1,25$.

30

Возможное решение

Обоснование:

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

2. Тело M и пулю описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с радиусом сферы.

3. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, параллельно скорости \vec{v}_0 пули. Все внешние силы, действующие на пулю и на тело M , вертикальны (поверхность сферы гладкая, сила сопротивления воздуха, действующая на пулю, не играет роли, так как скорость пули по условию рассматривается НЕПОСРЕДСТВЕННО перед ударом). Следовательно, в ИСО импульс системы «пуля m + тело M », первоначально горизонтальный, сохраняется при их столкновении.

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

5. Поскольку тело M с застрявшей в нём пулей описывается моделью материальной точки, условие отрыва этого тела от поверхности сферы формулируется на основе второго закона Ньютона.

Решение:

Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой $m + M$ сразу после удара:

$$mv_0 = (m + M)v_1,$$

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR\cos\alpha,$$

где v_2 — скорость составного тела в момент отрыва, $h = R\cos\alpha$ — высота точки отрыва (см. рисунок). В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры \vec{N} , и поэтому второй закон Ньютона в проекциях на ось x (направленную в центр полусферы) в этот момент принимает вид:

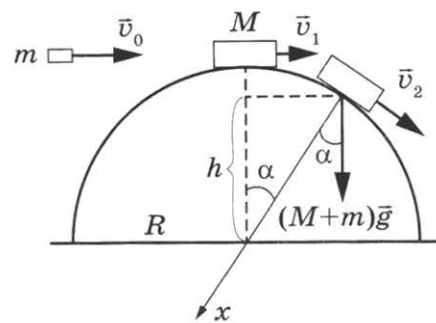
$$(m + M)g\cos\alpha = \frac{(m + M)v_2^2}{R}.$$

Объединяя второе и третье уравнения, получим:

$$\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh.$$

Тогда $v_1 = \frac{mv_0}{M + m} = \frac{0,01 \cdot 200}{0,99 + 0,01} = 2$ м/с; $R = \frac{3}{2}h - \frac{v_1^2}{2g} = \frac{3}{2} \cdot 0,8 - \frac{2^2}{2 \cdot 10} = 1$ м.

Ответ: $R = 1$ м.



Вариант 10

24 Возможное решение

1. Заряд Q , сообщённый пластине, распределяется между пластиной и стержнем так, что они приобретают одинаковый потенциал. При этом практически весь заряд Q оказывается на пластине.

2. На заземлённом корпусе электрометра и соединённой с ним пластине возникают индуцированные заряды противоположного знака, при этом заряд пластины равен Q по модулю.

3. Разность потенциалов между пластинами $U = \frac{Q}{C}$.

4. Ёмкость плоского конденсатора $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$, и при сближении пластин она увеличивается, так как расстояние d между ними уменьшается ($C' > C$ при $d' < d$).

5. Суммарный заряд стержня электрометра и соединённой с ним пластины — электроизолированной системы тел — при сближении пластин не изменяется. При этом заряд пластины остаётся практически равным Q . Поэтому напряжение между пластинами уменьшается: $U' = \frac{Q}{C'} < U$.

Следовательно, угол отклонения стрелки уменьшается.

Ответ: угол отклонения стрелки уменьшается.

25 Возможное решение

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на горизонтальную и вертикальную оси: $Ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}$ и $0 = N + F \sin \alpha - Mg$. Выражение для силы трения скольжения имеет вид $F_{\text{тр}} = \mu N$. Выполняя преобразования, получим: $Ma = F \cos \alpha - \mu(Mg - F \sin \alpha)$.

$$\text{Отсюда: } a = \frac{F \cos \alpha - \mu(Mg - F \sin \alpha)}{M} = \frac{5 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} - 0,2(1 \cdot 10 - 5 \cdot \frac{1}{2})}{1} \approx 2,8 \text{ м/с}^2.$$

Ответ: $a \approx 2,8 \text{ м/с}^2$.

26 Возможное решение

Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в первом случае:

$$h \frac{c}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + E_1.$$

По условию во втором случае $\lambda_2 = \frac{\lambda_1}{2,5}$ и $v_{\text{max}2} = 2v_{\text{max}1}$, следовательно, $E_2 = 4E_1$.

Тогда для второго случая: $2,5h \frac{c}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + 4E_1$.

Проведя преобразования, получим: $E_1 = 0,5h \frac{c}{\lambda_1}$ и $E_2 = 4E_1 = 2h \frac{c}{\lambda_1} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ эВ}$.

Ответ: $E_2 = 4 \text{ эВ}$.

27 **Возможное решение**

Согласно первому закону термодинамики за цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты

$$|Q_x| = (U_2 - U_3) + |A_{23}| = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + \frac{1}{2}(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0.$$

Так как $p_2V_2 = \nu RT_2$ и $p_3V_3 = \nu RT_3$, то

$$|Q_x| = \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0.$$

Работа газа на участке 1–2 определяется площадью фигуры под графиком процесса 1–2: $A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0$.

Отсюда: $A_{12} = \frac{8}{21}|Q_x| = \frac{8}{21} \cdot 4,2 \cdot 10^3 = 1,6$ кДж.

Ответ: $A_{12} = 1,6$ кДж.

28 **Возможное решение**

1. Обозначим напряжение на конденсаторе после перевода ключа в положение 1 через U_1 ; после перевода ключа в положение 2 — через U_2 . Поскольку энергия E конденсатора, заряженного до напряжения U , $E = \frac{CU^2}{2}$, то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении 1

$$\text{ключа } n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{\frac{CU_2^2}{2}}{\frac{CU_1^2}{2}} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

2. Пусть сила тока, текущего через резисторы, равна I . При этом напряжения U_1 и U_2 на конденсаторе равны напряжениям на соответствующих участках цепи, имеющих сопротивление R_1 и $R_1 + R_2$. На основании закона Ома для участка цепи получаем: $U_1 = IR_1$ и $U_2 = I(R_1 + R_2)$.

$$3. \text{ Следовательно, } n = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2.$$

В итоге получим $\frac{R_2}{R_1} = \sqrt{n} - 1 = \sqrt{9} - 1 = 2$.

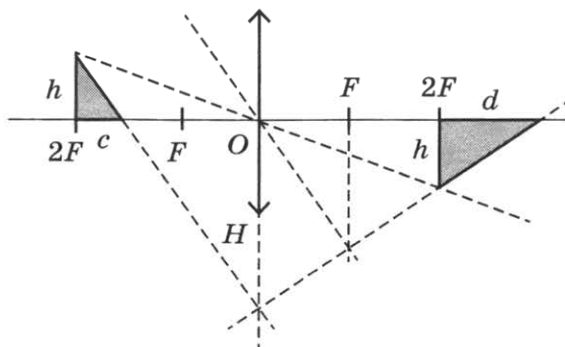
Ответ: $\frac{R_2}{R_1} = 2$.

29

Возможное решение

1. Построим изображение треугольника, используя свойства линзы:

- луч, прошедший через оптический центр линзы O , не преломляется;
- параллельный пучок лучей, падающих на собирающую линзу, пересекается в фокальной плоскости.



2. Из формулы линзы следует, что изображение вершины прямого угла треугольника находится на расстоянии $2F$ от линзы. Поэтому высота изображения вертикального катета равна h .

3. Из подобия треугольников получаем соотношения подобия: $\frac{H}{h} = \frac{2F - c}{c} = \frac{2F + d}{d}$, откуда следует связь между c , F и d :

$$d = \frac{cF}{F - c}.$$

4. Площадь треугольника $S_0 = \frac{hc}{2}$, а площадь его изображения

$$S = \frac{hd}{2} = \frac{hc}{2} \cdot \frac{F}{F - c} = S_0 \frac{F}{F - c}.$$

5. Подставляя значения физических величин, получим:

$$S = \frac{4 \cdot 2}{2} \cdot \frac{10}{10 - 2} = 5 \text{ см}^2.$$

Ответ: площадь изображения $S = 5 \text{ см}^2$.

30

Возможное решение**Обоснование:**

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

2. Тело M и пулю описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с радиусом сферы.

3. Закон сохранения импульса выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, параллельно скорости \vec{v}_0 пули. Все внешние силы, действующие на пулю и на тело M , вертикальны (поверхность сферы гладкая, сила сопротивления воздуха, действующая на пулю, не играет роли, так как скорость пули по условию рассматривается НЕПОСРЕДСТВЕННО перед ударом). Следовательно, в ИСО импульс системы «пуля m + тело M », первоначально горизонтальный, сохраняется при их столкновении.

4. При движении тела M с застрявшей в нём пулей по поверхности сферы на тело M действуют потенциальная сила тяжести $(M+m)\vec{g}$ 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 M по поверхности сферы равна нулю. Следовательно, механическая энергия тела M при его движении по поверхности сферы сохраняется.

5. Поскольку тело M с застрявшей в нём пулей описывается моделью материальной точки, условие отрыва этого тела от поверхности сферы формулируется на основе второго закона Ньютона.

Решение:

Закон сохранения импульса связывает скорость пули перед ударом со скоростью составного тела массой $m + M$ сразу после удара:

$$mv_0 = (m + M)v_1,$$

а закон сохранения механической энергии — скорость составного тела сразу после удара с его скоростью в момент отрыва от полусферы:

$$\frac{(m + M)v_1^2}{2} + (m + M)gR = \frac{(m + M)v_2^2}{2} + (m + M)gR \cos \alpha,$$

где v_2 — скорость составного тела в момент отрыва, $h = R \cos \alpha$ — высота точки отрыва (см. рисунок). В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры \vec{N} , и поэтому второй закон Ньютона в проекциях на ось x (направленную в центр полусферы) в этот момент принимает вид:

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

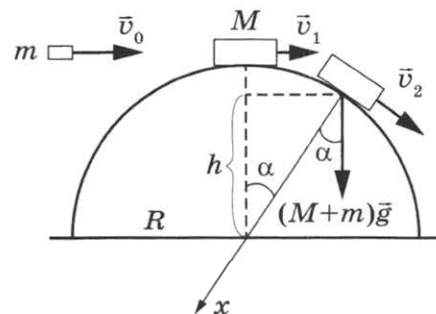
Объединяя второе и третье уравнения, получим:

$$\frac{v_1^2}{2} + gR = \frac{3}{2}gh.$$

Тогда $v_1 = \sqrt{g(3h - 2R)} = \sqrt{10 \cdot (3 \cdot 0,7 - 2 \cdot 1)} = 1$ м/с;

$$v_0 = \frac{(M + m)v_1}{m} = \frac{(0,99 + 0,01) \cdot 1}{0,01} = 100 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v_0 = 100$ м/с.



ДЛЯ ЗАМЕТОК

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*
Компьютерная вёрстка *Т. Середа*
Корректор *А. Полякова*

Подписано в печать 08.10.2021. Формат 60×90¹/₈.
Усл. печ. л. 20,0. Печать офсетная. Бумага типографская.
Тираж 8 000 экз. Заказ 2382.

ООО «Издательство «Национальное образование»
119021, Москва, ул. Россолимо, д. 17, стр. 1, тел.: +7 (495) 788-00-75(7)

Свои пожелания и предложения по качеству и содержанию книг
Вы можете направлять по эл. адресу: editorial@nabr.ru

Отпечатано в ООО "Типография "Миттель Пресс".
г. Москва, ул. Руставели, д. 14, стр. 6.
Тел./факс +7 (495) 619-08-30, 647-01-89.
E-mail: mittelpress@mail.ru