

ПОСОБИЕ ПРОШЛО
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ
ОЦЕНКУ ФГБНУ

ФИПИ
ШКОЛЕ

2026

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

ЕГЭ

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ

включи
Ege.plus



ФЕДЕРАЛЬНОЕ
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

ПОСОБИЕ ПРОШЛО
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКУЮ
ОЦЕНКУ ОГБНУ

ФИПИ
ШКОЛЕ

2026

ПРОЕКТ С УЧАСТИЕМ РАЗРАБОТЧИКОВ КИМ ЕГЭ

ЕГЭ

ЕДИНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН

ФИЗИКА

ТИПОВЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ М. Ю. ДЕМИДОВОЙ



ИЗДАТЕЛЬСТВО
НАЦИОНАЛЬНОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ

Москва
2026

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», 2026. —
128 с. : ил. — (ЕГЭ. ФИПИ — школе).

ISBN 978-5-4454-1885-6.

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
2026 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 978-5-4454-1885-6

© ООО «Издательство «Национальное
образование», 2026

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	20
Вариант 3	28
Вариант 4	36
Вариант 5	44
Вариант 6	52
Вариант 7	60
Вариант 8	67
Вариант 9	74
Вариант 10	81
Ответы и критерии оценивания	88

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 обучающийся 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, обучающийся 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 предлагаются задания трёх уровней сложности.

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из 2 частей и включает в себя 26 заданий, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержит 20 заданий с кратким ответом. Из них 11 заданий с записью ответа в виде числа или двух чисел, 9 заданий на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр.

Задания 1–17 группируются исходя из тематической принадлежности: механика — 6 заданий, молекулярная физика — 4 задания, электродинамика — 5 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 — задание на изменение физических величин в различных процессах или на установление соответствия между физическими величинами и графиками.

На позиции 18 — интегрированное задание, проверяющее понятийный аппарат не менее чем по трём разделам курса физики. В конце части 1 предлагаются 2 задания, проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики. В задании 19 нужно записать показания прибора с учётом абсолютной погрешности измерений, а в задании 20 нужно 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 6 заданий с развёрнутым ответом: 1 качественная, 2 расчётные задачи повышенного уровня сложности и 3 расчётные задачи высокого уровня сложности. По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом: 2 задачи по механике, 2 задачи по молекулярной физике и термодинамике, 2 задачи по электродинамике.

Система оценивания заданий

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. 1 балл выставляется, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. 1 балл выставляется, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Развёрнутые ответы проверяются экспертами. Максимальный первичный балл за выполнение каждого из заданий с развёрнутым ответом 22 и 23 составляет 2 балла, заданий 21, 24 и 25 составляет 3 балла, задания 26 — 4 балла. В критериях оценивания выполнения развёрнутых ответов 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 за выполнение всей работы — 45.

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										
Сумма баллов										

© 2026. ООО «Издательство «Национальное образование»
Копирование, распространение и использование в коммерческих целях без письменного разрешения правообладателя не допускается



БЛАНК ОТВЕТОВ № 1

Код
региона

Код
предмета

Название
предмета

Резерв - 4

Подпись участника ЕГЭ строго внутри окошка

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

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

ВНИМАНИЕ! Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

Результаты выполнения заданий с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

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

Замена ошибочных ответов на задания с КРАТКИМ ОТВЕТОМ

-		-	
-		-	
-		-	

ЗАПОЛНЯЕТСЯ ОТВЕТСТВЕННЫМ ОРГАНИЗАТОРОМ В АУДИТОРИИ:

Количество заполненных полей
«Замена ошибочных ответов»

Подпись ответственного организатора строго внутри окошка



Код региона	Код предмета	Название предмета	Резерв - 5

Бланк ответов № 2
(лист 2)

Лист

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

ВНИМАНИЕ! Все бланки и контрольные измерительные материалы рассматриваются в комплекте

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

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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения между различными единицами	
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

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		подсолнечного масла	900 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосны)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 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°C

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

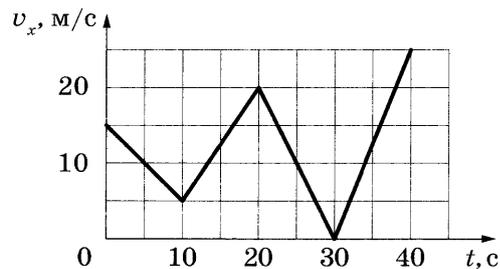
ВАРИАНТ 1

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

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

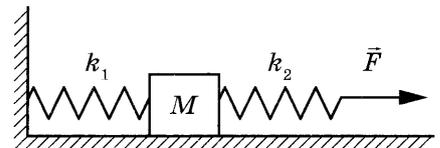


Определите проекцию a_x ускорения тела в интервале времени от 20 до 30 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.

Ответ: _____ м/с².

2

К системе из бруска массой 4 кг и двух невесомых пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 6$ кН/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 3$ кН/м. Удлинение первой пружины равно 1,5 см. Определите модуль силы \vec{F} .



Ответ: _____ Н.

3

В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы. Определите модуль этой силы, если за 5 с модуль импульса тела увеличился на 40 кг·м/с.

Ответ: _____ Н.

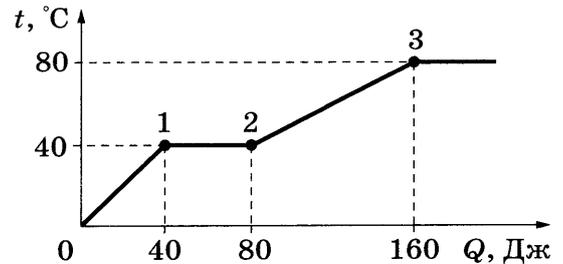
4

Звуковая волна распространяется в воде со скоростью 1500 м/с. Волны какой длины создаёт источник звука, совершающий колебания с частотой 200 Гц?

Ответ: _____ м.

9

Твёрдый образец вещества поместили в печь. На рисунке показан график изменения температуры t образца по мере поглощения им количества теплоты Q . Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

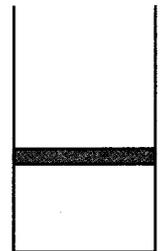


- 1) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии больше, чем в твёрдом.
- 2) В состоянии 2 вещество полностью расплавилось.
- 3) Для того чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 80 Дж.
- 4) На участке 1–2 внутренняя энергия вещества увеличивается.
- 5) Температура плавления вещества равна 80 °С.

Ответ: _____.

10

В цилиндрическом сосуде под герметичным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). Газ в сосуде нагревают. Как изменяются в результате нагревания плотность газа и концентрация его молекул?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

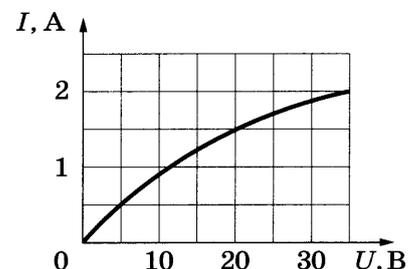
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Плотность газа	Концентрация молекул газа

11

На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на её клеммах. Определите мощность тока в лампе, если на её клеммы подать напряжение, равное 20 В.



Ответ: _____ Вт.

12

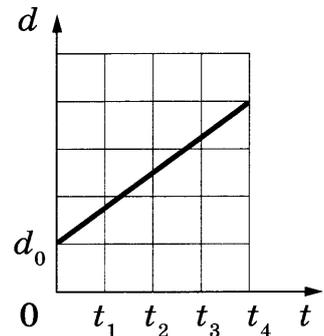
Плоская рамка помещена в однородное магнитное поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны плоскости рамки. Во сколько раз уменьшится магнитный поток через рамку, если площадь рамки увеличить в 2 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 5 раз?

Ответ: в _____ раз(а).

13 Небольшой предмет находится на расстоянии 85 см от плоского зеркала. На сколько уменьшится расстояние между предметом и его изображением, если, не поворачивая зеркала, придвинуть его к источнику на 15 см?

Ответ: на _____ см.

14 Плоский воздушный конденсатор ёмкостью C_0 состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии d_0 друг от друга. Конденсатор зарядили и отключили от источника постоянного напряжения. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике.



Выберите все верные утверждения, соответствующие описанию опыта.

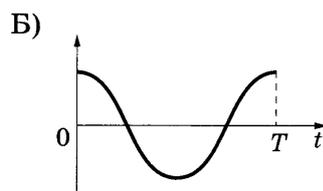
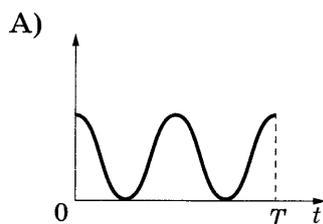
- 1) В интервале времени от 0 до t_4 ёмкость конденсатора уменьшается.
- 2) В интервале времени от 0 до t_4 энергия конденсатора увеличивается.
- 3) В интервале времени от t_1 до t_4 заряд конденсатора остаётся неизменным.
- 4) В интервале времени от 0 до t_4 напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора увеличивается.
- 5) В интервале времени от 0 до t_4 напряжение между пластинами конденсатора остаётся постоянным.

Ответ: _____.

15 Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Напряжение между обкладками конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $U(t) = U_m \cdot \cos \omega t$.

Приведённые ниже графики А и Б представляют зависимость физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре, от времени t (T — период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд одной из обкладок конденсатора

Ответ:

А	Б

16

В результате ядерной реакции ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_1\text{H}$ образуется ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Каково зарядовое число Z образовавшегося ядра X ?

Ответ: _____.

17

На установке, представленной на фотографиях (рисунок *а* — общий вид; рисунок *б* — фотоэлемент), исследовали зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорезь осветителя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение. В первой серии опытов использовали светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — пропускающий только зелёный свет.

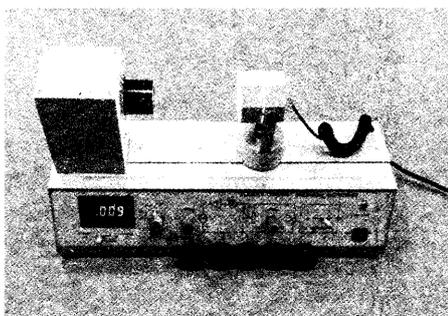


Рис. а

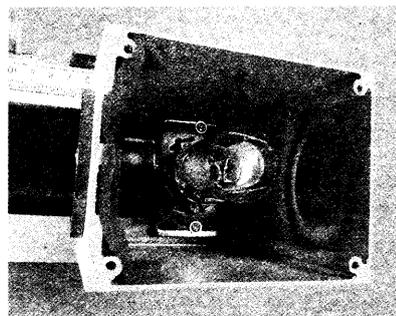


Рис. б

Как изменились длина волны падающего света и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов в результате перехода от первой серии опытов ко второй? 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.

Длина волны падающего света	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

18

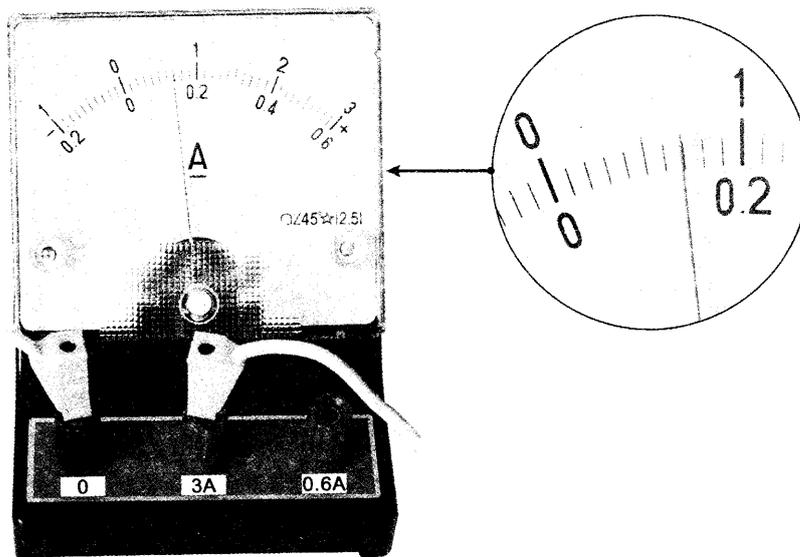
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Тела действуют друг на друга силами одной и той же природы, лежащими на одной прямой, равными по модулю и противоположными по направлению.
- 2) Конденсацией называют процесс преобразования жидкости в твёрдое вещество.
- 3) В процессе электростатической индукции связанные положительные и отрицательные заряды проводника смещаются в противоположные стороны.
- 4) Энергия магнитного поля катушки индуктивностью L обратно пропорциональна квадрату силы тока в катушке.
- 5) Свет обладает дуализмом свойств: при его распространении проявляются волновые свойства света, а при взаимодействии с веществом — корпускулярные.

Ответ: _____.

19

Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная 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.

20

Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от температуры. У него имеются пять различных сосудов с манометрами и термометрами. Сосуды наполнены ксеноном разной массы при различной температуре (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести это исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Масса газа в сосуде, г
1	6	320	10
2	4	350	6
3	6	320	8
4	4	320	6
5	5	300	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

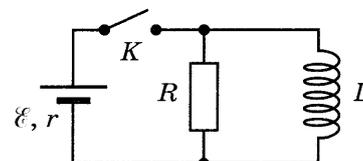
Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 21 Два одинаковых небольших бруска массой 50 г, находящиеся на поверхности Земли, получают одинаковые скорости, направленные под одним и тем же углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Один брусок летит свободно, а другой движется вверх по закреплённой гладкой наклонной плоскости, образующей с горизонтом такой же угол α . Во сколько раз отличаются высоты подъёма брусков относительно Земли? Ответ поясните, указав, какие законы и закономерности Вы использовали для объяснения. Трением тел о воздух и наклонную плоскость пренебречь.

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

- 22 В закрытом сосуде постоянного объёма находится некоторая постоянная масса аргона. В начале опыта давление в сосуде равно $4 \cdot 10^5$ Па при температуре 400 К. После охлаждения газа давление понизилось до $2 \cdot 10^5$ Па, при этом в ходе опыта газ отдал в окружающую среду количество теплоты, равное 5 кДж. Определите массу аргона. Стенки сосуда считать прочными и теплопроводимыми.

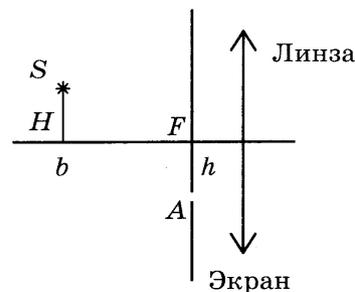
- 23 В электрической схеме (см. рисунок) в начальный момент ключ K был разомкнут. Ключ K замыкают. Найдите энергию магнитного поля катушки индуктивности через длительный промежуток времени. Индуктивность катушки $L = 10$ мГн, ЭДС источника $\mathcal{E} = 20$ В, сопротивление резистора $R = 20$ Ом, внутреннее сопротивление источника $r = 1$ Ом. Омическим сопротивлением катушки пренебречь.



- 24 Воздушный шар заполнен гелием массой 100 кг. Общая масса газонепроницаемой оболочки шара и его гондолы равна 350 кг. Определите массу груза, который может удерживать в воздухе шар. Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению его объёма, воздушных течений в вертикальном направлении нет. Объёмом оболочки можно пренебречь. Температура и давление гелия внутри шара и воздуха снаружи шара соответственно одинаковы.

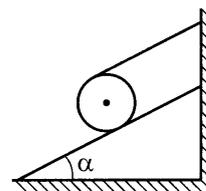
25

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



26

Цилиндр массой $m = 1$ кг и радиусом $R = 20$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на неподвижную наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок). Угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$. Определите минимальное значение коэффициента трения μ между цилиндром и плоскостью, при котором цилиндр находится в равновесии. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



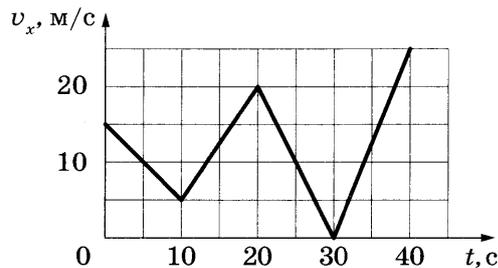
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

ВАРИАНТ 2

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

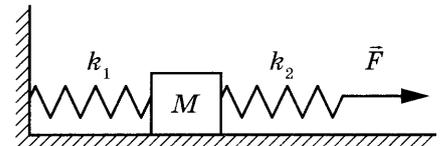
- 1 Тело движется вдоль оси Ox . На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Определите проекцию a_x ускорения тела в момент времени 15 с. Ответ запишите с учетом знака проекции.

Ответ: _____ м/с².

- 2 К системе из бруска массой 5 кг и двух невесомых пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 2$ кН/м. Жёсткость второй пружины $k_2 = 5$ кН/м. Удлинение второй пружины равно 4 см. Определите модуль силы \vec{F} .



Ответ: _____ Н.

- 3 В инерциальной системе отсчёта тело массой 3 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы. Определите модуль этой силы, если за 6 с модуль импульса тела изменился на 45 кг·м/с.

Ответ: _____ Н.

- 4 Звуковая волна распространяется в воде со скоростью 1500 м/с. Какова частота колебаний источника звука, если он создаёт волны длиной волны 12 см?

Ответ: _____ Гц.

- 5 В таблице представлены данные о положении грузика, прикрепленного к пружине и совершающего гармонические колебания вдоль горизонтальной оси Ox , в различные моменты времени.

t, c	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$x, мм$	0	2,5	4,5	6,0	7,0	7,5	7,0	6,0	4,5	2,5	0	-2,5	-4,5	-6,0	-7,0	-7,5

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно движения пружинного маятника.

- 1) Кинетическая энергия грузика в момент времени 1,0 с минимальна.
- 2) Потенциальная энергия пружины в момент времени 1,5 с минимальна.
- 3) Модуль ускорения грузика в момент времени 1,5 с максимален.
- 4) За период колебаний грузик проходит путь, равный 3 см.
- 5) Частота колебаний грузика равна 0,5 Гц.

Ответ: _____.

- 6 Шарик, брошенный с горизонтальной поверхности Земли под углом α к горизонту с начальной скоростью \vec{v}_0 , поднялся на максимальную высоту H и пролетел в горизонтальном направлении расстояние L до места падения на землю. Что произойдёт с ускорением шарика и дальностью полёта в горизонтальном направлении, если уменьшить начальную скорость шарика, не меняя α ? 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.

Ускорение шарика	Дальность полёта в горизонтальном направлении

- 7 Идеальный газ в цилиндре переводится из состояния A в состояние B так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния газа, приведены в таблице.

	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
Состояние A	0,5		1200
Состояние B	1,0	2	800

Какое число следует внести в свободную клетку таблицы?

Ответ: _____.

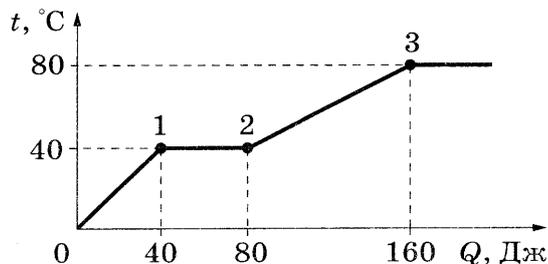
- 8 Один моль аргона отдал в окружающую среду количество теплоты, равное 75 Дж. Внутренняя энергия газа в этом процессе увеличилась на 25 Дж. Масса газа не менялась. Какую работу над газом совершили внешние силы?

Ответ: _____ Дж.

9

Твёрдый образец вещества поместили в печь. На рисунке показан график изменения температуры t образца по мере поглощения им количества теплоты Q .

Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.



- 1) Удельная теплоёмкость вещества в твёрдом состоянии больше, чем в жидком.
- 2) В состоянии 3 начался процесс кипения вещества.
- 3) Для того чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 40 Дж.
- 4) На участке 1–2 внутренняя энергия вещества не изменяется.
- 5) Температура кипения вещества равна 80 °С.

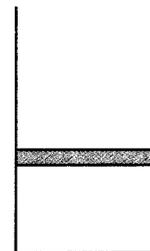
Ответ: _____.

10

В цилиндрическом сосуде под герметичным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). Газ в сосуде охлаждают. Как изменяются в результате охлаждения давление газа и концентрация его молекул?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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



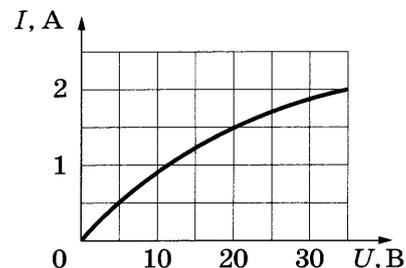
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Давление газа	Концентрация молекул газа

11

На рисунке показан график зависимости силы тока в лампе накаливания от напряжения на её клеммах. Определите сопротивление лампы при силе тока, равной 2 А.

Ответ: _____ Ом.



12

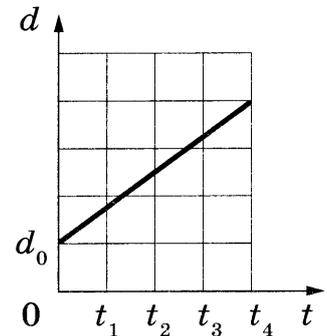
Плоская рамка помещена в однородное магнитное поле, линии магнитной индукции которого перпендикулярны плоскости рамки. Во сколько раз увеличится магнитный поток через рамку, если площадь рамки увеличить в 3 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 2 раза?

Ответ: в _____ раз(а).

13 Небольшой предмет находится на расстоянии 65 см от плоского зеркала. На сколько увеличится расстояние между предметом и его изображением, если, не поворачивая зеркала, отодвинуть его от источника на 35 см?

Ответ: на _____ см.

14 Плоский воздушный конденсатор ёмкостью C_0 состоит из двух металлических пластин, находящихся на расстоянии d_0 друг от друга. Конденсатор зарядили и отключили от источника постоянного напряжения. Расстояние между пластинами меняется со временем так, как показано на графике.



Выберите все верные утверждения, соответствующие описанию опыта.

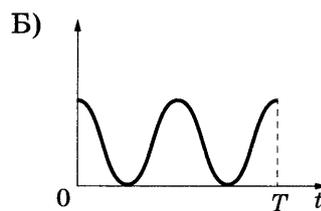
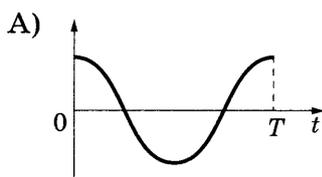
- 1) В интервале времени от 0 до t_4 ёмкость конденсатора остаётся неизменной.
- 2) В интервале времени от 0 до t_4 энергия конденсатора увеличивается.
- 3) В интервале времени от t_1 до t_4 заряд конденсатора уменьшается.
- 4) В интервале времени от 0 до t_4 напряжённость электрического поля между пластинами конденсатора остаётся постоянной.
- 5) В интервале времени от 0 до t_4 напряжение между пластинами конденсатора увеличивается.

Ответ: _____.

15 Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Напряжение между обкладками конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой $U(t) = U_m \cdot \sin \omega t$.

Приведённые ниже графики А и Б представляют зависимость физических величин, характеризующих электромагнитные колебания в контуре, от времени t (T — период колебаний). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) сила тока в катушке
- 2) энергия магнитного поля катушки
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд одной из обкладок конденсатора

Ответ:

А	Б

16

В результате ядерной реакции ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_1\text{H}$ образуется ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Каково массовое число A образовавшегося ядра X ?

Ответ: _____.

17

На установке, представленной на фотографиях (рисунок *а* — общий вид; рисунок *б* — фотоэлемент), исследовали зависимость максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света. Для этого в прорез осветителя помещали различные светофильтры и измеряли запирающее напряжение. В первой серии опытов использовали светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй — пропускающий только зелёный свет.

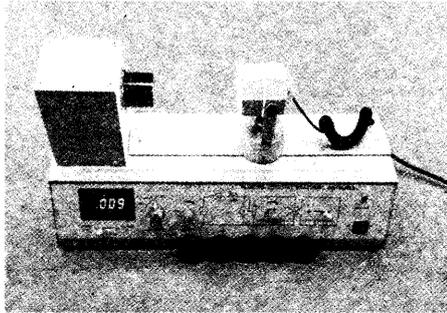


Рис. а

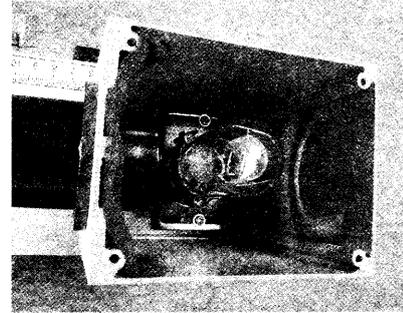


Рис. б

Как изменились частота падающего света и модуль запирающего напряжения в результате перехода от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Частота падающего света	Модуль запирающего напряжения

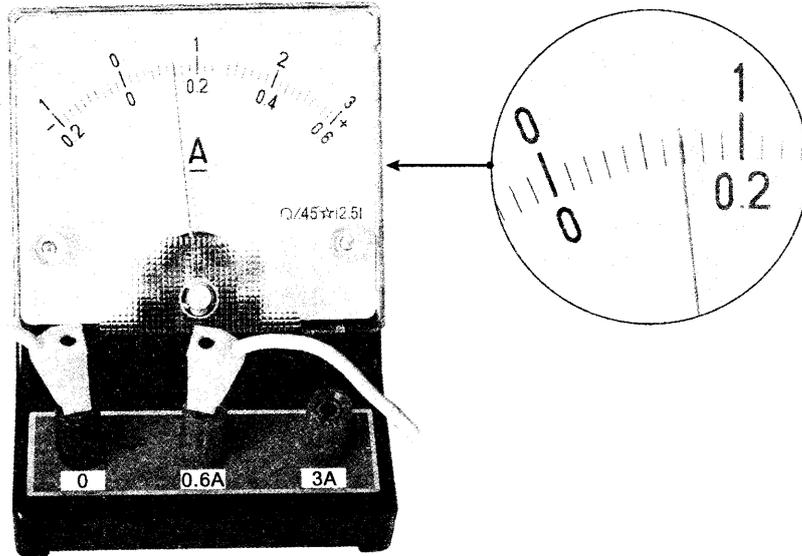
18

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

- 1) Тела действуют друг на друга силами одной и той же природы, равными по модулю и одинаковыми по направлению.
- 2) Конденсацией называют процесс преобразования газа в жидкость.
- 3) В процессе поляризации связанные положительные и отрицательные заряды металла смещаются в противоположные стороны.
- 4) Энергия магнитного поля катушки индуктивностью L прямо пропорциональна квадрату силы тока в катушке.
- 5) Свет обладает дуализмом свойств: при его распространении проявляются корпускулярные свойства света, а при взаимодействии с веществом — волновые.

Ответ: _____.

19 Определите показания амперметра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения силы тока равна 10 мА.



Ответ: (_____ ± _____) А.

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

20 Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде, от объёма сосуда. У него имеются пять различных сосудов с манометрами и термометрами. Сосуды наполнены аргоном разной массы при различной температуре (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести это исследование?

№ сосуда	Объём сосуда, л	Температура газа в сосуде, К	Масса газа в сосуде, г
1	6	320	10
2	4	350	6
3	6	320	8
4	4	300	6
5	5	320	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 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

Два одинаковых кубика, находящиеся на поверхности Земли, получают одинаковые скорости, направленные под одним и тем же острым углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Один кубик летит свободно, а другой движется вверх по закреплённой гладкой наклонной плоскости, образующей с горизонтом такой же угол α . Какой из кубиков поднимется на бóльшую высоту? Ответ поясните, указав, какие законы и закономерности Вы использовали для объяснения. Трением кубиков о воздух и наклонную плоскость пренебrecь.

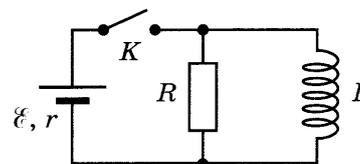
Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22

В закрытом сосуде постоянного объёма находится гелий, масса которого 8 г. В начале опыта давление в сосуде равно $3 \cdot 10^5$ Па при температуре 400 К. После охлаждения газа давление понизилось до $1,5 \cdot 10^5$ Па. Какое количество теплоты отдал газ в ходе опыта? Стенки сосуда считать прочными и теплопроводимыми.

23

В электрической схеме (см. рисунок) в начальный момент ключ K был разомкнут. Ключ K замыкают. Найдите энергию магнитного поля катушки индуктивности через длительный промежуток времени. Индуктивность катушки $L = 10$ мГн, сопротивление резистора $R = 5$ Ом, внутреннее сопротивление источника $r = 1$ Ом. Энергия магнитного поля катушки индуктивности через длительный промежуток времени $W = 2$ Дж. Найдите ЭДС источника \mathcal{E} . Омическим сопротивлением катушки пренебrecь.

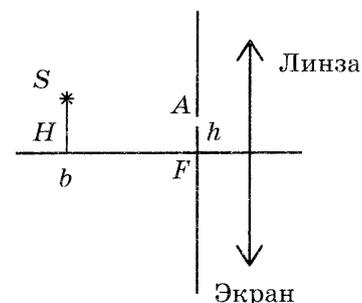


24

Воздушный шар заполнен гелием массой 100 кг. Общая масса газонепроницаемой оболочки шара и его гондолы равна 400 кг. Шар может удерживать в воздухе груз массой 225 кг. В результате неисправности клапана из оболочки вытекло 4 кг гелия. Какова минимальная масса груза, который нужно выбросить из гондолы шара, чтобы шар перестал опускаться? Считать, что оболочка шара не оказывает сопротивления изменению его объёма, воздушных течений в вертикальном направлении нет. Объёмом оболочки шара пренебrecь. Температура и давление гелия внутри шара и воздуха снаружи шара соответственно одинаковы.

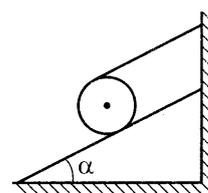
25

Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см и точечный источник света S находятся в плоскости рисунка. Точка S находится на расстоянии $b = 60$ см от плоскости линзы и на расстоянии H от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием A , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии $h = 4$ см от главной оптической оси линзы. Пройдя через отверстие в экране и линзу, луч SA от точечного источника пересекает её главную оптическую ось на расстоянии $x = 16$ см от плоскости линзы. Найдите величину H . Дифракцией света пренебречь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу.



26

Цилиндр массой $m = 5$ кг и радиусом $R = 30$ см, на который намотана нерастяжимая невесомая нить, положили на неподвижную наклонную плоскость, а конец нити прикрепили к вертикальной стенке. Нить не скользит по цилиндру, параллельна наклонной плоскости и перпендикулярна оси цилиндра (см. рисунок). Коэффициент трения между цилиндром и плоскостью $\mu = 0,5$. При каком максимальном угле наклона плоскости к горизонту α цилиндр находится в равновесии? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на цилиндр. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

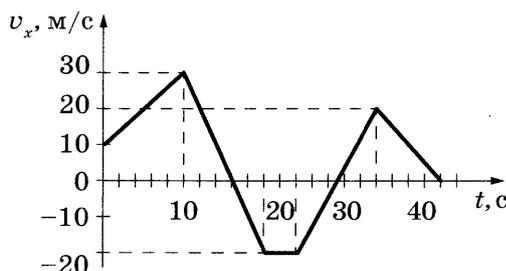
ВАРИАНТ 3

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

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

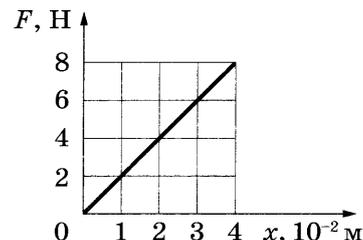


Какова проекция s_x перемещения тела в интервале времени от 10 до 24 с? Ответ запишите с учётом знака проекции.

Ответ: _____ м/с.

2

На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости \vec{F} пружины от её удлинения x . Чему равна жёсткость пружины?



Ответ: _____ Н/м.

3

В инерциальной системе отсчёта тело движется прямолинейно под действием постоянной силы величиной 20 Н, не меняя направления движения. Модуль начального импульса тела равен 10 кг·м/с. Через какой промежуток времени модуль импульса станет равным 60 кг·м/с?

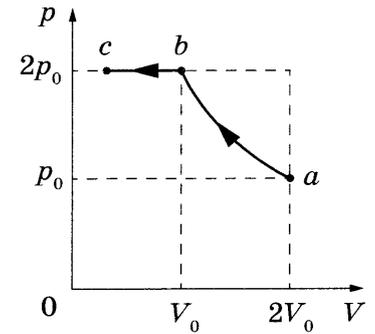
Ответ: через _____ с.

4

Звуковая волна частотой 5 кГц распространяется в воздухе со скоростью 340 м/с. Чему равна длина звуковой волны?

Ответ: _____ м.

9 В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар. С паром в сосуде при постоянной температуре происходит процесс $a \rightarrow b \rightarrow c$, pV -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этого процесса.



- 1) В точке a водяной пар является насыщенным.
- 2) На участке $a \rightarrow b$ от пара в сосуде отводится положительное количество теплоты.
- 3) На участке $b \rightarrow c$ плотность пара уменьшается.
- 4) На участке $a \rightarrow b$ внутренняя энергия пара остаётся постоянной.
- 5) На участке $b \rightarrow c$ масса пара уменьшается.

Ответ: _____.

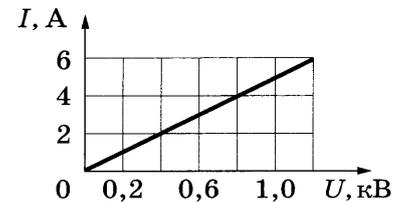
10 В сосуде неизменного объёма при комнатной температуре находилась смесь гелия и аргона, по 2 моль каждого. Половину смеси выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль гелия. Как в результате этого изменились парциальное давление гелия и давление смеси газов, если температура смеси оставалась неизменной? 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.

Парциальное давление гелия	Давление смеси газов в сосуде

11 На рисунке изображён график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Какая мощность выделяется в проводнике, если между его концами создать напряжение 600 В?



Ответ: _____ Вт.

12 При силе тока в катушке индуктивности, равной 4 А, энергия магнитного поля катушки составляет 1,6 Дж. Какова индуктивность катушки?

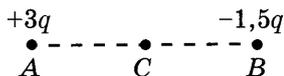
Ответ: _____ Гн.

13 Узкий пучок света падает на плоское зеркало. Угол между падающим и отражённым пучками 76° . Чему равен угол отражения?

Ответ: _____ градус(а, -ов).

14

Две маленькие закреплённые проводящие бусинки, расположенные в точках A и B , несут на себе заряды $+3q > 0$ и $-1,5q < 0$ соответственно (см. рисунок). Точка C находится посередине между бусинками A и B .



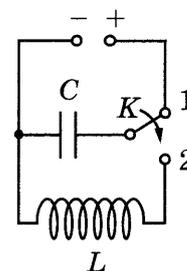
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Если бусинки соединить тонкой стальной проволокой, они начнут отталкиваться друг от друга.
- 2) Модуль силы Кулона, действующей на бусинку A , в 2 раза больше, чем на бусинку B .
- 3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально вправо.
- 4) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды станут одинаковыми.
- 5) На бусинку B со стороны бусинки A действует сила Кулона, направленная горизонтально влево.

Ответ: _____.

15

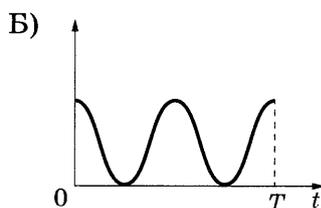
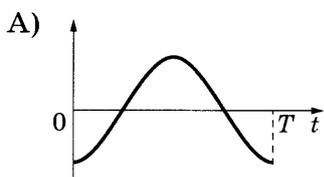
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики A и B отображают изменения с течением времени физических величин, характеризующих электромагнитные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



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

16

Период T полураспада изотопа рубидия ${}^{87}_{37}\text{Rb}$ равен 23 мин. Изначально образец содержал 8 мкмоль этого изотопа. Сколько этого изотопа останется через 115 мин?

Ответ: _____ мкмоль.

20

Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от массы газа. Имеются пять различных сосудов с манометрами и термометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять, чтобы провести это исследование?

№ сосуда	Давление газа, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	80	50	15
2	100	80	10
3	120	100	10
4	80	50	20
5	100	120	10

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 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

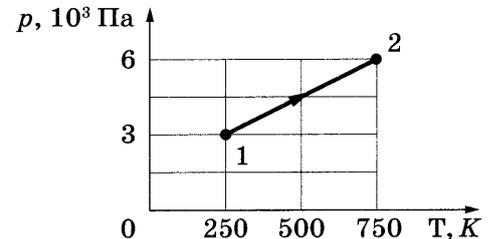
В первом опыте доску AB длиной $L = 1$ м левым концом закрепили на неподвижной горизонтальной плоскости, а правый конец доски подняли над плоскостью на высоту $h_1 = 60$ см. На доску положили брусок. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,5$. Во втором опыте правый конец этой доски подняли над плоскостью на высоту $h_2 = 40$ см и положили на доску тот же самый брусок. Как во втором опыте по сравнению с первым изменился модуль силы трения, действующей на брусок (увеличился, уменьшился, не изменился)?

Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на брусок. Укажите для каждого случая, покоится брусок или движется. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

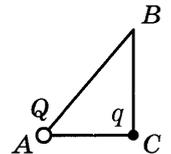
22

Во время опыта объём сосуда с разреженным газом увеличился в 6 раз, и газ перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться газ. Определите отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и в начале опыта. Газ считать идеальным.



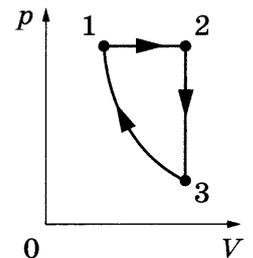
23

В треугольнике ABC угол C прямой, $BC = 0,8$ м. В вершине A находится точечный заряд Q . Он действует с силой 25 нН на точечный заряд q , помещённый в вершину C . Если заряд q перенести в вершину B , то заряды будут взаимодействовать с силой 9 нН. Найдите AC .



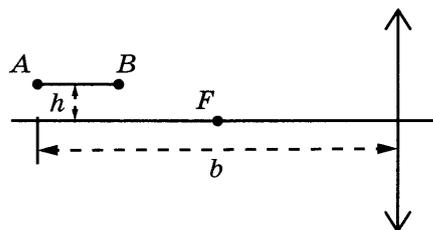
24

Один моль одноатомного идеального газа совершает цикл 1–2–3–1, состоящий из изобары (1–2), изохоры (2–3) и адиабаты (3–1) (см. рисунок). Абсолютная температура газа в состояниях 1 и 2 равна 400 К и 800 К. Определите температуру газа в состоянии 3, если коэффициент полезного действия теплового двигателя, работающего по этому циклу, равен 17,8 %.



25

Тонкая палочка AB длиной $l = 10$ см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии $h = 15$ см от неё (см. рисунок). Конец A палочки располагается на расстоянии $a = 40$ см от линзы. Постройте изображение палочки в линзе и определите его длину L . Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см.



26

Снаряд массой 6 кг в полёте разорвался на два равных осколка, один из которых продолжил движение по направлению движения снаряда, а другой — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков возросла за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен 800 м/с, а модуль скорости второго осколка равен 200 м/с. Найдите энергию взрыва ΔE . Сопротивлением воздуха и массой порохового заряда можно пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



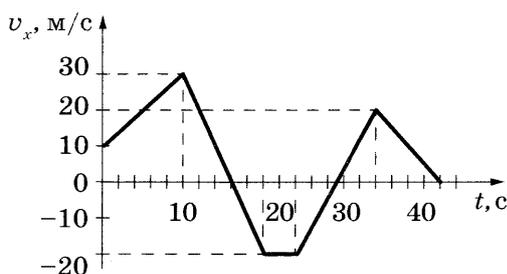
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

ВАРИАНТ 4

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

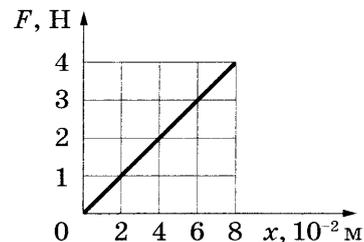
- 1 На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t .



Какова проекция s_x перемещения тела в интервале времени от 0 до 20 с? Ответ запишите с учётом знака проекции.

Ответ: _____ м/с.

- 2 На рисунке представлен график зависимости модуля силы упругости \vec{F} пружины от её удлинения x . Чему равна жёсткость пружины?



Ответ: _____ Н/м.

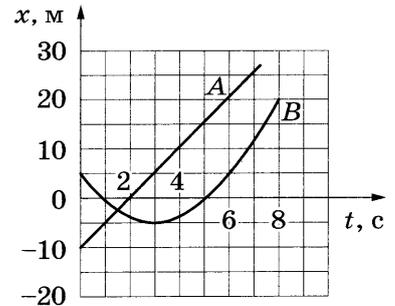
- 3 В инерциальной системе отсчёта тело движется прямолинейно под действием постоянной силы величиной 10 Н, не меняя направления движения. Модуль начального импульса тела равен 30 кг·м/с. Каким станет модуль импульса тела через 4 с?

Ответ: _____ кг·м/с.

- 4 Звуковая волна распространяется в воздухе со скоростью 340 м/с. Чему равна частота звуковой волны, если её длина волны равна 8,5 см?

Ответ: _____ кГц.

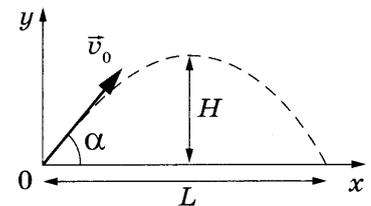
5 На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для тел A и B , движущихся вдоль оси Ox . Выберите все верные утверждения о характере движения тел.



- 1) Скорость тела A в момент времени $t = 2$ с равна нулю.
- 2) Интервал времени между моментами прохождения телом B начала координат составляет 4 с.
- 3) В момент времени $t = 3$ с расстояние между телами A и B равно 10 м.
- 4) В момент времени $t = 3$ с ускорение тела B обращается в нуль.
- 5) Тело A движется равномерно.

Ответ: _____.

6 Шарик, брошенный с поверхности Земли под углом α к горизонту с начальной скоростью \vec{v}_0 , поднялся на максимальную высоту H и пролетел в горизонтальном направлении расстояние L . Что произойдёт с ускорением шарика и дальностью его полёта L , если уменьшить модуль начальной скорости шарика, не изменяя её направления? Сопротивлением воздуха пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

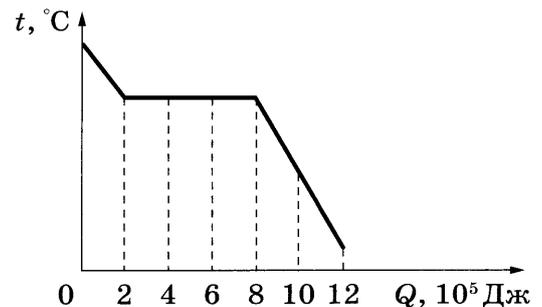
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Ускорение шарика	Дальность полёта

7 При увеличении абсолютной температуры средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа увеличилась в 1,4 раза. Конечная температура газа равна 350 К. Какова начальная температура газа?

Ответ: _____ К.

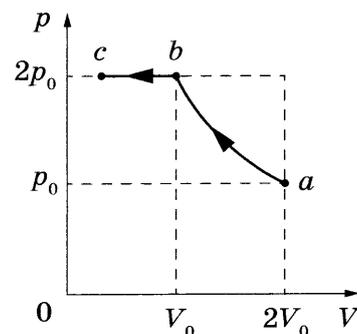
8 На рисунке показан график зависимости температуры вещества от отданного им количества теплоты в процессе теплообмена с окружающей средой. Масса вещества равна 2 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?



Ответ: _____ кДж/кг.

9

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар. С паром в сосуде при постоянной температуре происходит процесс $a \rightarrow b \rightarrow c$, pV -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения относительно этого процесса.



- 1) В точке b водяной пар является насыщенным.
- 2) На участке $a \rightarrow b$ от пара в сосуде отводится положительное количество теплоты.
- 3) На участке $b \rightarrow c$ плотность пара остаётся постоянной.
- 4) На участке $a \rightarrow b$ внутренняя энергия пара уменьшается.
- 5) На участке $b \rightarrow c$ масса пара увеличивается.

Ответ: _____.

10

В сосуде неизменного объёма при комнатной температуре находилась смесь неона и гелия, по 2 моль каждого. Половину смеси выпустили, а затем добавили в сосуд 2 моль неона. Как в результате этого изменились парциальное давление неона и давление смеси газов, если температура смеси оставалась неизменной? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

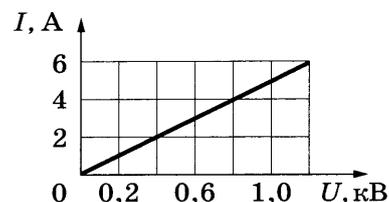
- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Парциальное давление неона	Давление смеси газов в сосуде

11

На рисунке изображён график зависимости силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Какая мощность выделяется в проводнике при протекании по нему тока силой 2 А?



Ответ: _____ Вт.

12

Определите энергию магнитного поля катушки с индуктивностью 2 мГн при протекании по ней тока силой в 5 А.

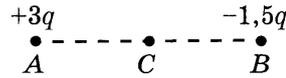
Ответ: _____ Дж.

13

Узкий пучок света падает на плоское зеркало. Угол падения равен 26° . Чему равен угол между падающим и отражённым пучками?

Ответ: _____ градус(а, -ов).

14 Две маленькие закреплённые проводящие бусинки, расположенные в точках A и B , несут на себе заряды $+3q > 0$ и $-1,5q < 0$ соответственно (см. рисунок). Точка C находится посередине между бусинками A и B .

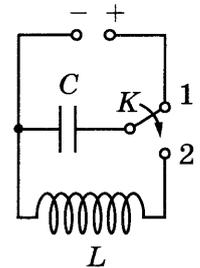


Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Если бусинки соединить тонкой стальной проволокой, они будут притягиваться друг к другу.
- 2) Модули сил Кулона, действующих на бусинки, одинаковы.
- 3) Напряжённость результирующего электростатического поля в точке C направлена горизонтально влево.
- 4) Если бусинки соединить незаряженной стеклянной палочкой, их заряды не изменятся.
- 5) На бусинку B со стороны бусинки A действует сила Кулона, направленная горизонтально вправо.

Ответ: _____.

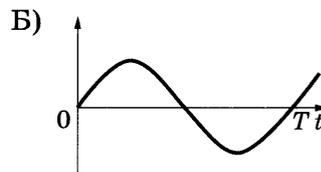
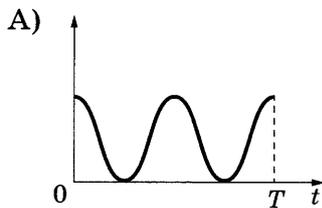
15 Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t = 0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики A и B отображают изменения с течением времени физических величин, характеризующих электромагнитные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



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

16 Период T полураспада изотопа рубидия ${}_{37}^{79}\text{Rb}$ равен 23 мин. Изначально образец содержал 16 мкмоль этого изотопа. Сколько этого изотопа останется через 69 мин?

Ответ: _____ мкмоль.

20

Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от давления газа. Имеются пять различных сосудов с манометрами и термометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие *два* сосуда необходимо взять, чтобы провести это исследование?

№ сосуда	Давление газа, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	80	100	15
2	100	80	10
3	120	100	20
4	80	80	10
5	100	120	15

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 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

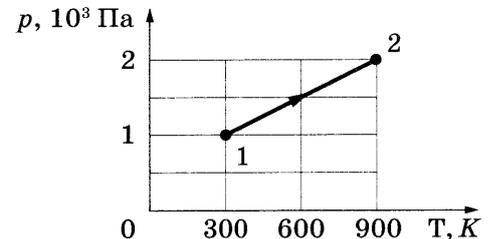
В первом опыте доску AB длиной $L = 130$ см левым концом закрепили на неподвижной горизонтальной плоскости, а правый конец доски подняли над плоскостью на высоту $h_1 = 50$ см. На доску положили брусок. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,4$. Во втором опыте правый конец этой доски подняли над плоскостью на высоту $h_2 = 78$ см и положили на доску тот же самый брусок. Как во втором опыте по сравнению с первым изменился модуль силы трения, действующей на брусок (увеличился, уменьшился, не изменился)?

Сделайте схематичный рисунок с указанием сил, действующих на брусок. Укажите для каждого случая, покоится брусок или движется. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

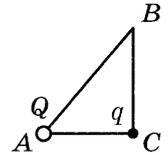
22

Во время опыта объём сосуда с разреженным газом уменьшился на 40 %, и газ перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться газ. Определите отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и в начале опыта. Газ считать идеальным.



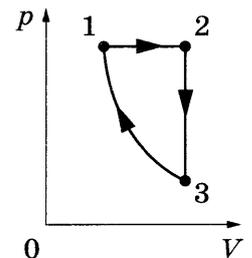
23

В треугольнике ABC угол C прямой, $BC = 0,8$ м. В вершине A находится точечный заряд Q . Он действует с силой 25 нН на точечный заряд q , помещённый в вершину C . Если заряд q перенести в вершину B , то заряды будут взаимодействовать с силой 9 нН. Найдите AB .



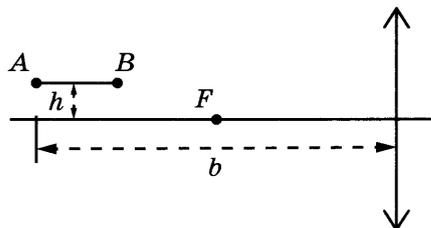
24

Один моль одноатомного идеального газа совершает цикл 1–2–3–1, состоящий из изобары (1–2), изохоры (2–3) и адиабаты (3–1) (см. рисунок). Абсолютная температура газа в состояниях 2 и 3 равна, соответственно, 800 К и 252 К. Определите температуру газа в состоянии 1, если коэффициент полезного действия теплового двигателя, работающего по этому циклу, равен 17,8 %.



25

Тонкая палочка AB длиной $l = 10$ см расположена параллельно главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии h от неё (см. рисунок). Конец A палочки располагается на расстоянии $a = 40$ см от линзы. Длина изображения палочки в линзе $L = 25$ см. Постройте изображение палочки в линзе и определите расстояние h . Фокусное расстояние линзы $F = 20$ см.



26

Снаряд в полёте разорвался на два равных осколка, один из которых продолжил движение по направлению движения снаряда, а другой — в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков возросла за счёт энергии взрыва на величину 0,4 МДж. Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен 700 м/с, а модуль скорости второго осколка равен 100 м/с. Найдите массу снаряда. Сопротивлением воздуха и массой порохового заряда можно пренебречь.

Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



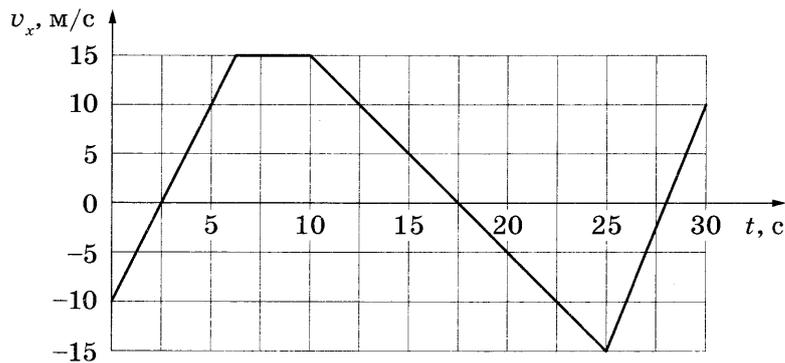
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

ВАРИАНТ 5

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Определите проекцию a_x ускорения этого тела в интервале времени от 15 до 25 с. Ответ запишите с учётом знака проекции ускорения.



Ответ: _____ м/с².

- 2 В инерциальной системе отсчёта сила, модуль которой равен 8 Н, сообщает телу массой m ускорение \vec{a} . Каков модуль силы, которая сообщает телу массой $8m$ в этой системе отсчёта ускорение $\frac{\vec{a}}{2}$?

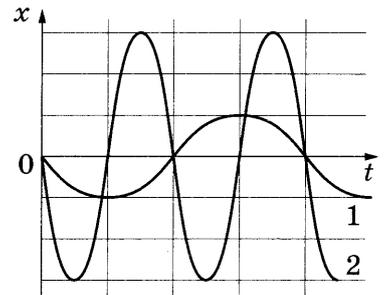
Ответ: _____ Н.

- 3 Потенциальная энергия упругой пружины при её растяжении на 2 см равна 4 Дж. Найдите модуль изменения потенциальной энергии этой пружины при уменьшении её растяжения на 0,5 см.

Ответ: _____ Дж.

- 4 На рисунке представлены графики зависимости координат двух тел от времени. Чему равно отношение частот $\frac{\nu_1}{\nu_2}$ колебаний этих тел?

Ответ: _____.



5

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

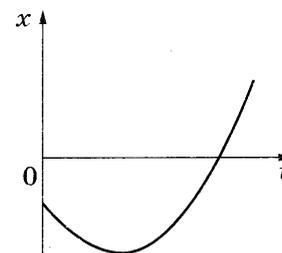
$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$x, \text{ мм}$	40	28	0	-28	-40	-28	0

- 1) В момент времени 0,8 с ускорение груза максимально.
- 2) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 0,8 с меньше, чем в момент времени 1,2 с.
- 3) Частота колебаний груза равна 1 Гц.
- 4) Период колебаний груза равен 1,6 с.
- 5) В момент времени 1,2 с потенциальная энергия пружины минимальна.

Ответ: _____.

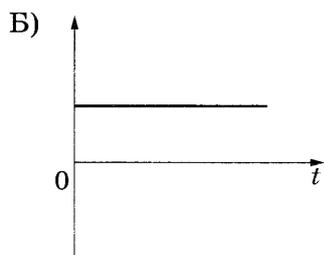
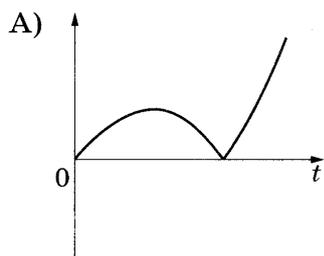
6

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



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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль скорости тела
- 2) модуль ускорения тела
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) модуль перемещения тела из начального положения

Ответ:

А	Б

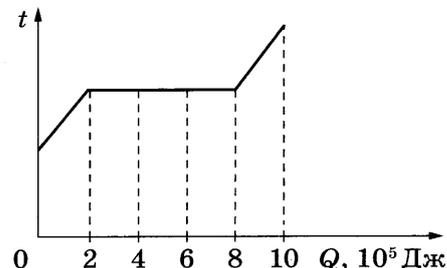
7

При температуре T_0 и давлении p_0 3 моль идеального газа занимают объём $6V_0$. Сколько моль газа будут занимать объём V_0 при температуре $2T_0$ и давлении $2p_0$?

Ответ: _____ моль.

8

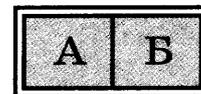
Вещество массой 3 кг находится в сосуде под поршнем. На рисунке показан график изменения температуры t вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?



Ответ: _____ кДж/кг.

9

При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с аргоном разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур.



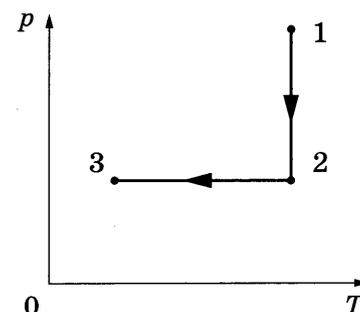
В результате температура аргона в части А равна 303 К, а в части В равна 20 °С. Количество газа одинаково в обеих частях сосуда. Считая, что теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала, выберите все утверждения, которые верно отражают изменения, происходящие с аргоном в дальнейшем после окончания нагревания.

- 1) При теплообмене аргон в части В отдавал положительное количество теплоты, а аргон в части А его получал.
- 2) Через достаточно большой промежуток времени температура аргона в обеих частях сосуда стала одинаковой и равной 298 К.
- 3) Внутренняя энергия аргона в части А не изменилась.
- 4) В результате теплообмена аргон в сосуде А совершил работу.
- 5) Температура аргона в части В повысилась.

Ответ: _____.

10

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



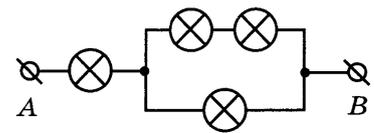
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Объём газа в ходе процесса 1–2	Плотность газа в ходе процесса 2–3

11 Школьник соединил четыре лампочки накаливания так, как показано на рисунке. Определите сопротивление цепи между точками *A* и *B*, если сопротивление каждой лампочки равно 15 Ом.

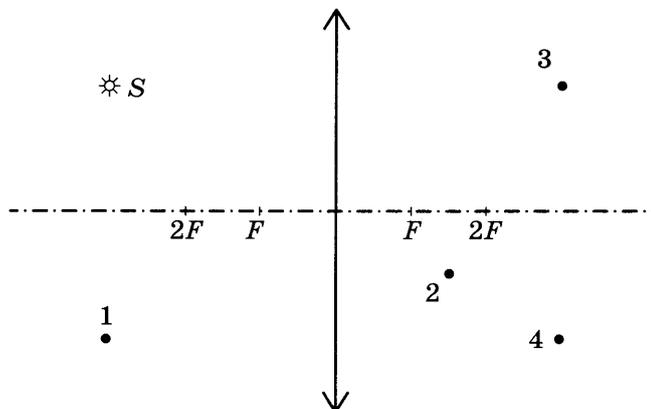


Ответ: _____ Ом.

12 Энергия магнитного поля катушки индуктивности при силе тока 12 А равна 0,54 Дж. Определите индуктивность катушки.

Ответ: _____ мГн.

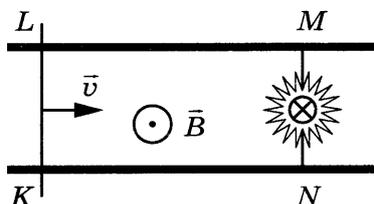
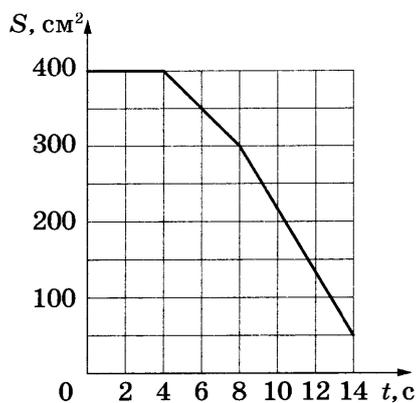
13 Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точки *S*, полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием *F* (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

14

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

Рис. a Рис. b

- 1) В течение первых 6 с индукционный ток течёт через лампочку непрерывно.
- 2) В интервале времени от 0 до 4 с лампочка горит наиболее ярко.
- 3) В момент времени $t = 2$ с сила Ампера, действующая на проводник, направлена влево.
- 4) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 8 до 14 с.
- 5) Индукционный ток в интервале времени от 6 до 12 с течёт в одном направлении.

Ответ: _____.

15

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тока в аккумуляторе	Напряжение на выводах аккумулятора

- 16 Ядро платины ${}_{78}^{174}\text{Pt}$ испытывает α -распад, при этом образуются α -частица и ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Определите заряд Z (в единицах элементарного заряда) ядра X .

Ответ: _____.

- 17 Монохроматический свет с длиной волны λ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. После изменения энергии падающих фотонов модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ уменьшился. Как изменились при этом длина волны λ падающего света и работа выхода фотоэлектронов с поверхности металла?

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.

Длина волны λ падающего света	Работа выхода фотоэлектронов

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

- 1) При равномерном прямолинейном движении за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.
- 2) Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа обратно пропорциональна абсолютной температуре газа.
- 3) В однородном электростатическом поле работа по перемещению заряда между двумя фиксированными точками не зависит от соединяющей их траектории.
- 4) При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны уменьшается.
- 5) Количество фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла за единицу времени, прямо пропорционально интенсивности падающего на поверхность металла света.

Ответ: _____.

- 19 Чтобы узнать диаметр медной проволоки, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 20 витков. Длина оказалась равной (15 ± 1) мм. Запишите в ответ диаметр проволоки с учётом погрешности измерений.

Ответ: (_____ \pm _____) мм.

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

20

Необходимо собрать экспериментальную установку, чтобы определить фокусное расстояние собирающей линзы, которую школьнику выдали на уроке. В качестве источника света школьник взял горящую свечу. Какие **два** предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) зеркало
- 2) динамометр
- 3) экран
- 4) линейка
- 5) гальванометр

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:



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

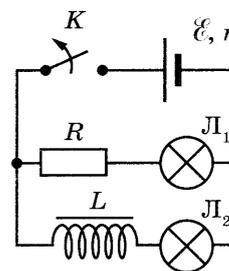
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

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

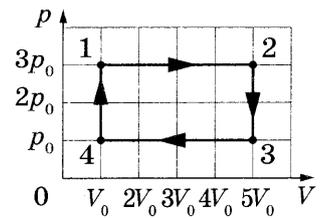


Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22

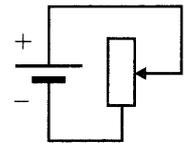
Плоская льдина плавает в воде, выступая над её поверхностью на $h = 1$ см. Определите массу льдины, если площадь её поверхности $S = 5000$ см². Плотность льда равна 900 кг/м³.

23 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.

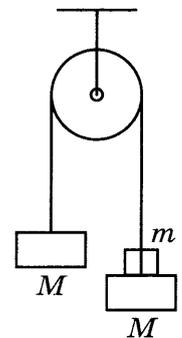


24 В закрытом сосуде при температуре 100 °С находится влажный воздух с относительной влажностью 70 % под давлением 100 кПа. Объём сосуда изотермически уменьшили в 3 раза. До какой абсолютной температуры надо вместо этого нагреть воздух без изменения объёма сосуда, чтобы получить такое же конечное давление? Объёмом сконденсировавшейся воды пренебречь.

25 Батарея ЭДС соединена с реостатом так, как показано на рисунке. Какова ЭДС батареи, если при силе тока в цепи $I_1 = 1$ А выделяемая на реостате мощность $N_1 = 8$ Вт, а при силе тока $I_2 = 5$ А выделяемая на реостате мощность $N_2 = 20$ Вт?



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



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

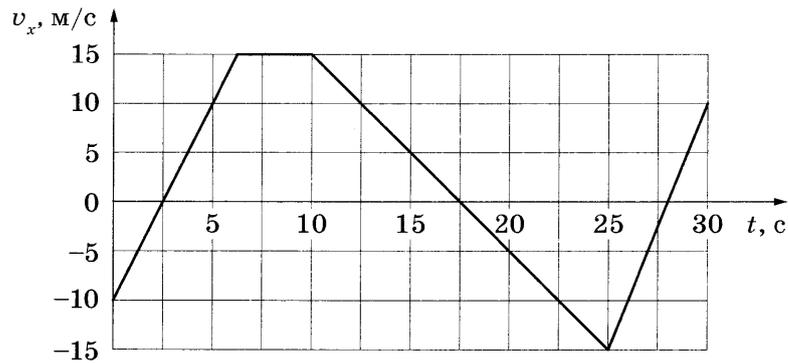
ВАРИАНТ 6

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Определите проекцию a_x ускорения этого тела в момент времени 2,5 с. Ответ запишите с учётом знака проекции ускорения.



Ответ: _____ м/с².

2

В инерциальной системе отсчёта сила, модуль которой равен 12 Н, сообщает телу массой m ускорение \vec{a} . Каков модуль силы, которая сообщает телу массой $\frac{m}{3}$ в этой системе отсчёта ускорение $6\vec{a}$?

Ответ: _____ Н.

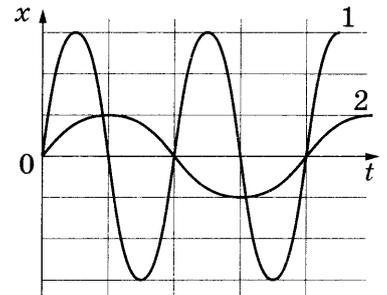
3

Потенциальная энергия упругой пружины при её растяжении на 2 см равна 2 Дж. Найдите потенциальную энергию этой пружины при увеличении её растяжения ещё на 1 см.

Ответ: _____ Дж.

4

На рисунке представлены графики зависимости координат двух тел от времени. Чему равно отношение амплитуд $\frac{A_1}{A_2}$ колебаний этих тел?



Ответ: _____.

5

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

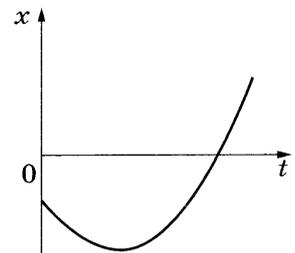
$t, \text{ с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2
$x, \text{ см}$	4,0	2,8	0,0	-2,8	-4,0	-2,8	0,0

- 1) В момент времени 0,8 с ускорение груза минимально.
- 2) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 0,8 с больше, чем в момент времени 1,0 с.
- 3) Частота колебаний груза равна 0,625 Гц.
- 4) Период колебаний груза равен 0,8 с.
- 5) В момент времени 1,2 с кинетическая энергия груза минимальна.

Ответ: _____.

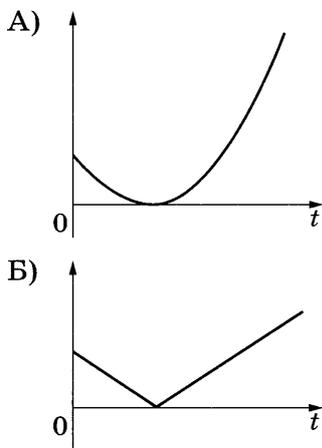
6

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



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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) модуль скорости тела
- 2) модуль ускорения тела
- 3) кинетическая энергия тела
- 4) проекция на ось Ox перемещения тела из начального положения

Ответ:

А	Б

7

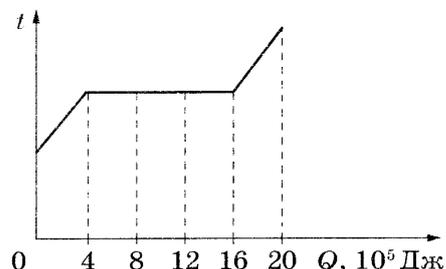
При температуре T_0 и давлении p_0 2 моль идеального газа занимают объём V_0 . Сколько моль газа будут занимать объём $3V_0$ при температуре $4T_0$ и давлении $2p_0$?

Ответ: _____ моль.

8

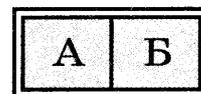
Вещество в твёрдом состоянии массой 50 кг поместили в плавильную печь. На рисунке показан график изменения температуры t вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Какова удельная теплота плавления вещества?

Ответ: _____ кДж/кг.



9

При изучении явления теплообмена герметичный теплоизолированный сосуд с одноатомным идеальным газом разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две одинаковые части (см. рисунок). После этого газ в разных частях сосуда нагрели до разных температур.



В результате температура газа в части А равна 303 К, а в части Б равна 20 °С. Количество газа одинаково в обеих частях сосуда. Считая, что теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала, выберите все утверждения, которые верно отражают изменения, происходящие с газом в дальнейшем после окончания нагревания.

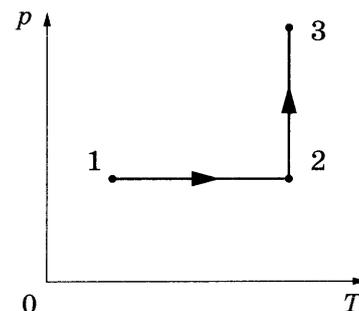
- 1) При теплообмене газ в части А отдавал положительное количество теплоты, а газ в части Б его получал.
- 2) Через достаточно большой промежуток времени температура газа в обеих частях сосуда стала одинаковой и равной 15 °С.
- 3) Внутренняя энергия газа в части А уменьшилась.
- 4) В процессе теплообмена газ в сосуде Б не совершал работу.
- 5) Температура газа в части Б не изменилась.

Ответ: _____.

10

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

Как изменяются концентрация молекул газа n в ходе процесса 1–2 и объём газа V в ходе процесса 2–3? Количество газа остаётся постоянным.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

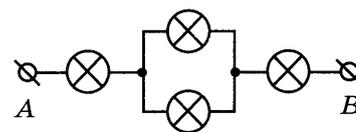
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

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

11

Ученик соединил четыре лампочки накаливания так, как показано на рисунке. Определите сопротивление цепи между точками A и B , если сопротивление каждой лампочки равно 20 Ом .



Ответ: _____ Ом.

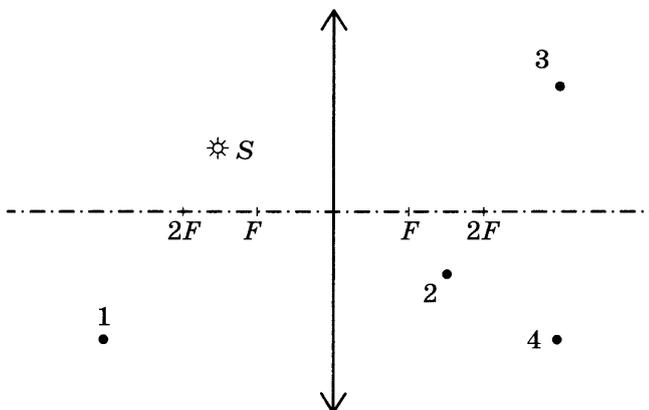
12

В катушке индуктивностью 5 мГн протекает ток силой 2 А . Определите энергию магнитного поля катушки.

Ответ: _____ Дж.

13

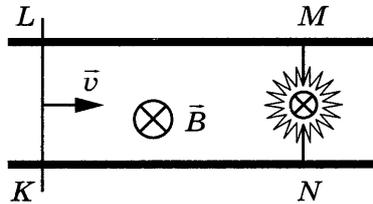
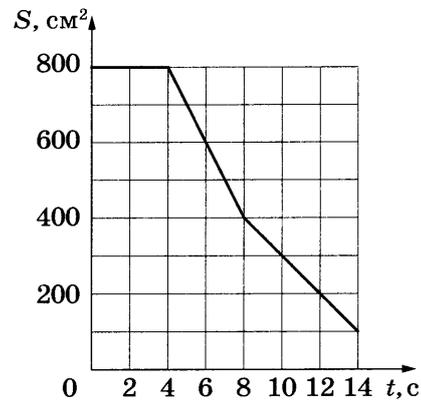
Какая из точек (1, 2, 3 или 4) является изображением точки S , полученным в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием F (см. рисунок)?



Ответ: точка _____.

14

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

Рис. a Рис. b

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

Ответ: _____.

15

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Сила тока в цепи	Напряжение на выводах аккумулятора

- 16 Ядро платины ${}_{78}^{174}\text{Pt}$ испытывает α -распад, при этом образуются α -частица и ядро химического элемента ${}_{Z}^AX$. Определите массовое число (в атомных единицах массы) ядра X.

Ответ: _____.

- 17 Монохроматический свет с длиной волны λ падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. После изменения энергии падающих фотонов модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ увеличился. Как изменились при этом длина волны λ падающего света и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?

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.

Длина волны λ падающего света	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

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

- 1) При равномерном движении по окружности за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения.
- 2) Средняя кинетическая энергия поступательного теплового движения молекул газа прямо пропорциональна абсолютной температуре газа.
- 3) В однородном магнитном поле работа по перемещению заряда между двумя точками прямо пропорциональна длине траектории.
- 4) При переходе электромагнитной волны из оптически менее плотной в оптически более плотную среду частота волны остаётся неизменной.
- 5) При электронном β -распаде зарядовое число ядра уменьшается на одну единицу.

Ответ: _____.

- 19 Чтобы узнать диаметр медной проволоки, ученик намотал её виток к витку на карандаш и измерил длину намотки из 50 витков. Длина оказалась равной $(4,5 \pm 0,2)$ см. Запишите в ответ диаметр проволоки с учётом погрешности измерений.

Ответ: (_____ \pm _____) мм.

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

20

Задание лабораторной работы на уроке: собрать экспериментальную установку для определения оптической силы собирающей линзы. Школьник взял линейку, а в качестве источника света – горящую свечу. Какие *два* предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) зеркало
- 2) рассеивающая линза
- 3) дифракционная решётка
- 4) экран
- 5) собирающая линза

В ответе запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:



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

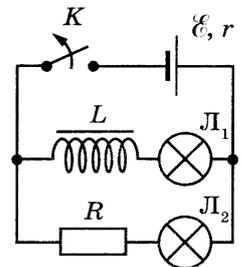
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

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

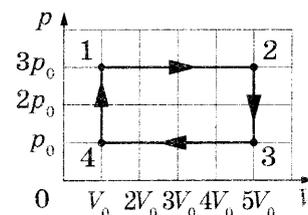


Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

22

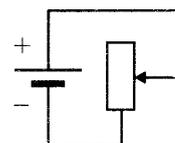
Плоская льдина массой $m = 270$ кг плавает в воде, выступая над её поверхностью на $h = 0,04$ м. Определите площадь её поверхности. Плотность льда равна 900 кг/м³.

23 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.

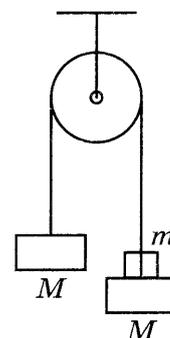


24 В закрытом сосуде при температуре 100 °С находится влажный воздух с относительной влажностью 60 % под давлением 100 кПа. Объём сосуда изотермически уменьшили в 2,5 раза. Во сколько раз надо вместо этого увеличить абсолютную температуру без изменения объёма сосуда, чтобы получить такое же конечное давление? Объёмом сконденсировавшейся воды пренебречь.

25 Батарея ЭДС соединена с реостатом так, как показано на рисунке. Каково внутреннее сопротивление батареи, если при силе тока в цепи $I_1 = 1$ А выделяемая на реостате мощность $N_1 = 4$ Вт, а при силе тока $I_2 = 5$ А выделяемая на реостате мощность $N_2 = 10$ Вт?



26 Два одинаковых бруска массой $M = 900$ г связаны между собой невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый гладкий блок, неподвижно закреплённый на потолке (см. рисунок). На один из брусков кладут груз массой $m = 200$ г, и система приходит в движение. С какой силой F груз будет давить на брусок? Трением в оси блока пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на бруски и груз. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

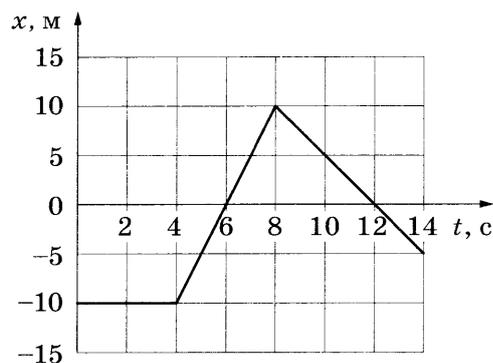
ВАРИАНТ 7

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке приведён график зависимости координаты тела x от времени t при прямолинейном движении тела вдоль оси Ox . Определите проекцию v_x скорости этого тела в промежутке времени от 10 до 14 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.



Ответ: _____ м/с.

2

На лёгкой пружине подвешен груз массой 500 г. В состоянии покоя он растягивает пружину на 1 см. Определите жёсткость пружины.

Ответ: _____ Н/м.

3

Тело массой 2 кг равномерно двигалось по прямой в инерциальной системе отсчёта. Импульс тела был равен 15 кг·м/с. Затем под действием постоянной силы величиной 10 Н, направленной вдоль этой прямой, за 3 с импульс тела увеличился. Определите конечный импульс тела.

Ответ: _____ кг·м/с.

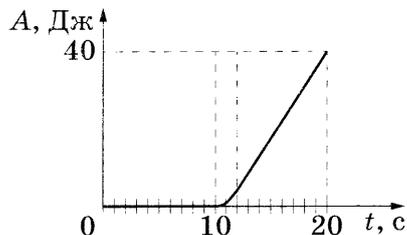
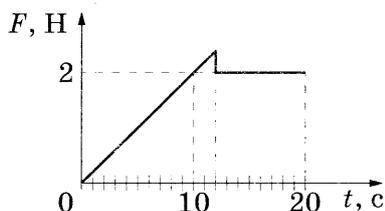
4

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

Ответ: _____ Н.

5

На шероховатой поверхности лежит брусок массой 1 кг. На него начинает действовать горизонтальная 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 не превосходит 20 м.
- 4) В интервале времени между 12 и 20 с брусок двигался с постоянным ускорением.
- 5) Первые 10 с брусок покоился.

Ответ: _____.

6

Камешек подбросили вверх. Как меняются по мере подъёма ускорение камешка и его полная механическая энергия? Сопротивление воздуха не учитывать. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Ускорение камешка	Полная механическая энергия камешка

7

Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным теплоизолирующим поршнем на две части. В одной части сосуда находится разреженный неон, в другой — разреженный гелий. Концентрация молекул газов одинакова. Определите отношение средней кинетической энергии теплового движения молекул неона к средней кинетической энергии теплового движения молекул гелия, когда поршень находится в равновесии.

Ответ: _____.

8

Газ получил извне количество теплоты, равное 100 Дж, и совершил при этом работу, равную 80 Дж. Масса газа не менялась. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на _____ Дж.

9

В жёстком герметичном сосуде объёмом 2 м^3 при температуре 289 К длительное время находился влажный воздух и 20 г воды. Сосуд медленно нагрели до температуры 298 К . Пользуясь таблицей плотности насыщенных паров воды, выберите все верные утверждения о результатах этого опыта.

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

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

Ответ: _____.

10

Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена воздухом. Как изменяются с высотой при быстром подъёме температура и давление воздуха в шаре? Теплопроводностью оболочки шара пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

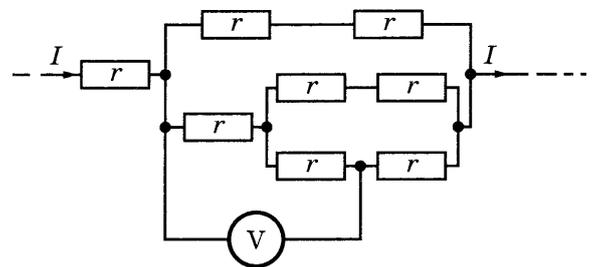
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Температура воздуха	Давление воздуха

11

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением $r = 5 \text{ Ом}$ соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток $I = 4 \text{ А}$ (см. рисунок). Какое напряжение показывает вольтметр? Вольтметр считать идеальным.

Ответ: _____ В.



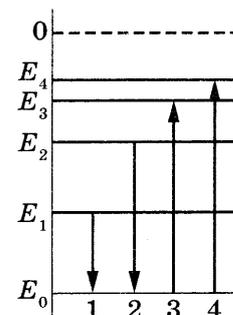
12

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

Ответ: _____.

17

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



Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ:

А	Б

18

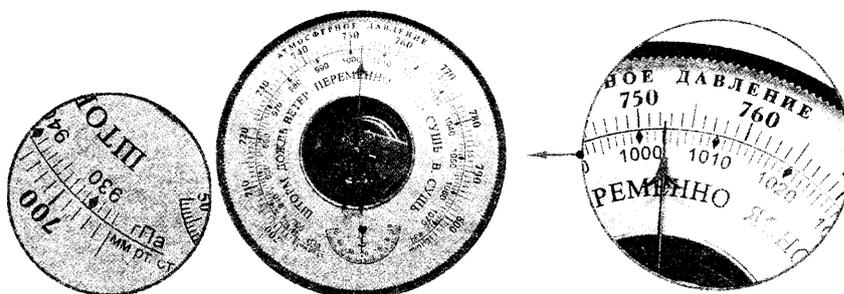
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Сила трения скольжения — сила гравитационной природы.
- 2) Для конденсации пара ему необходимо сообщить положительное количество теплоты.
- 3) Силой Лоренца называют силу, с которой однородное электрическое поле действует на постоянные магниты.
- 4) Линейчатый спектр дают вещества в газообразном атомарном состоянии.
- 5) При электронном β -распаде масса ядра остаётся практически неизменной.

Ответ: _____.

19

В паспорте барометра указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления равна 3 гПа и 1,5 мм рт. ст.



Запишите показания барометра с учётом абсолютной погрешности измерений.

Ответ: (_____ \pm _____) гПа.

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

20 Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность латуни. Для этого школьник взял стакан с водой и латунный шарик с крючком.

Какое дополнительное оборудование необходимо использовать для проведения этого эксперимента? Из приведённого ниже перечня оборудования выберите две позиции.

- 1) мензурка
- 2) электронные весы
- 3) пружина
- 4) секундомер
- 5) термометр

В ответе запишите номера выбранных позиций.

Ответ:



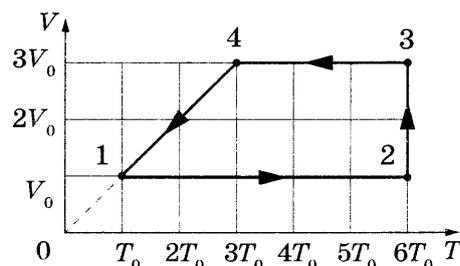
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.

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

Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21 Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V — объём газа, T — абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните модуль работы газа в процессе 2–3 и модуль работы внешних сил в процессе 4–1. Постройте график цикла в координатах p – V , где p — давление газа, V — объём газа.



Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

- 22** Груз, нанизанный на неподвижную горизонтальную гладкую спицу, прикреплён к пружине жёсткостью 200 Н/м. Другой конец пружины закреплён на конце спицы. Груз отклонили от положения равновесия и отпустили, в результате чего он начал совершать колебания вдоль горизонтальной оси Ox . В таблице приведены значения координаты груза x в различные моменты времени t .

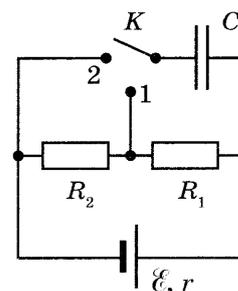
$t, \text{ с}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
$x, \text{ см}$	20	14,2	0	-14,2	-20	-14,2	0	14,2	20	14,2

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

- 23** Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Изображение предмета действительное. Отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета $\Gamma = 2$. Расстояние от предмета до линзы равно 30 см. Найдите фокусное расстояние линзы. Постройте изображение предмета в линзе.

- 24** Два теплоизолированных сосуда, объёмы которых $V_1 = 2V$ и $V_2 = V$, соединены между собой трубкой с вентиляем. Вентиль закрыт. Сосуды содержат соответственно разреженный аргон и разреженный криптон в количествах ν_1 и $\nu_2 = 2\nu_1$ при температурах T_1 и $T_2 = 2T_1$ соответственно. Каким будет давление в сосудах, если вентиль открыть?

- 25** 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 из положения 1 в положение 2 и снова ждут в течение большого промежутка времени. В какое число раз n увеличится энергия конденсатора в результате перевода ключа из положения 1 в положение 2?



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



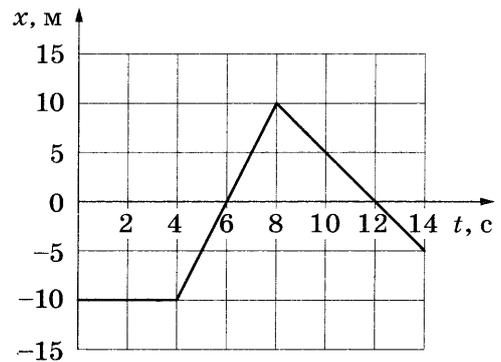
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

ВАРИАНТ 8

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости координаты тела x от времени t при прямолинейном движении тела вдоль оси Ox . Определите проекцию перемещения этого тела на ось Ox в промежутке времени от 6 до 14 с. Ответ запишите с учётом знака проекции.



Ответ: в _____ м.

- 2 Груз какой массы необходимо подвесить к лёгкой пружине жёсткостью 80 Н/м, чтобы в состоянии покоя он растянул пружину на 2 см?

Ответ: _____ кг.

- 3 Тело массой 2 кг равномерно двигалось по прямой в инерциальной системе отсчёта. Импульс тела был равен 15 кг·м/с. Затем под действием постоянной силы величиной 4 Н, направленной вдоль этой прямой, за 3 с импульс тела уменьшился. Определите конечный импульс тела.

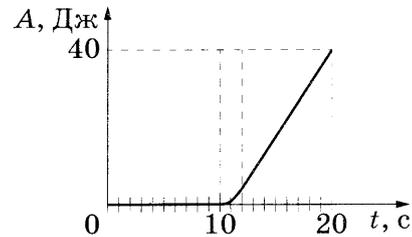
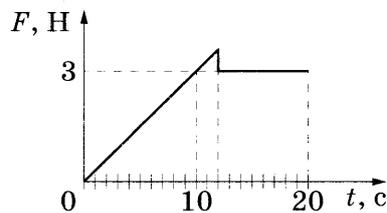
Ответ: _____ кг·м/с.

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

Ответ: _____ Н.

5

На шероховатой поверхности лежит брусок массой 2 кг. На него начинает действовать горизонтальная 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 0,15.
- 3) В интервале времени между 12 и 20 с перемещение бруска не меньше 15 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: _____.

6

Шайбу толкнули вверх вдоль шероховатой наклонной плоскости. Как меняются по мере подъёма шайбы кинетическая энергия шайбы и её полная механическая энергия? Сопротивление воздуха не учитывать.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Кинетическая энергия шайбы	Полная механическая энергия шайбы

7

Цилиндрический сосуд разделён лёгким подвижным теплоизолирующим поршнем на две части. В одной части сосуда находится разреженный аргон, в другой — разреженный неон. Концентрация молекул аргона в 2 раза больше концентрации молекул неона. Определите отношение средней квадратичной скорости теплового движения молекул аргона к средней квадратичной скорости теплового движения молекул неона, когда поршень находится в равновесии.

Ответ: _____.

8

Газ получил извне количество теплоты, равное 100 Дж, при этом внешние силы совершили над газом работу, равную 80 Дж. Масса газа не менялась. На сколько увеличилась внутренняя энергия газа?

Ответ: на _____ Дж.

9

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

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

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

Ответ: _____.

10

Тонкая, упругая и мягкая оболочка герметичного воздушного шара наполнена воздухом. Как изменяются с высотой при быстром подъёме внутренняя энергия воздуха в шаре и его плотность? Теплопроводностью оболочки шара пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

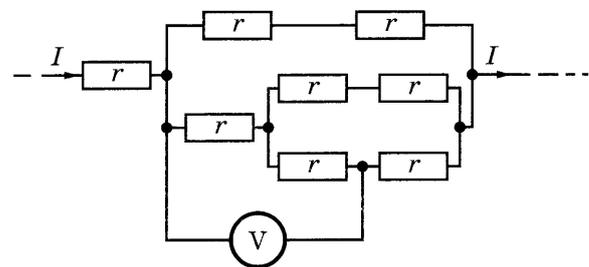
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Внутренняя энергия воздуха	Плотность воздуха

11

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением $r = 4 \text{ Ом}$ соединены в электрическую цепь, по которой течёт ток I (см. рисунок). Идеальный вольтметр показывает напряжение 15 В . Определите силу тока I .



Ответ: _____ А.

12

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

Ответ: _____.

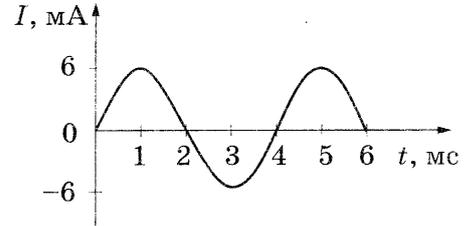
13

Точечный источник света расположен перед плоским зеркалом на расстоянии 1,2 м от него. На сколько необходимо отодвинуть зеркало, не поворачивая его, от источника, чтобы расстояние между источником и его изображением в зеркале увеличилось в 1,5 раза?

Ответ: на _____ см.

14

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.



- 1) Максимальное значение энергии электрического поля конденсатора равно 1,8 мкДж.
- 2) В момент времени 4 мс заряд конденсатора максимален.
- 3) Частота электромагнитных колебаний в контуре равна 250 Гц.
- 4) За первые 6 мс энергия магнитного поля катушки достигла своего максимума 2 раза.
- 5) В момент времени 3 мс энергия магнитного поля катушки достигает своего минимума.

Ответ: _____.

15

Пространство между пластинами заряженного плоского воздушного конденсатора, отключённого от источника напряжения, полностью заполняют диэлектриком. Как изменяются при этом напряжение на конденсаторе и его энергия? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Напряжение на конденсаторе	Энергия конденсатора

16

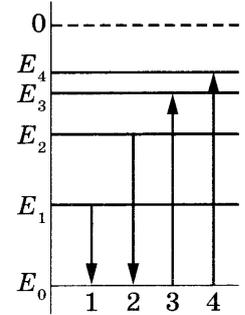
На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д. И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость соответствующего изотопа в природе.

Определите число нейтронов в ядре наиболее распространённого изотопа бора.

Ответ: _____.

2	II	Li ЛИТИЙ 7 ₉₃ 6 ₇	Be БЕРИЛЛИЙ 9 ₁₀₀	B БОР 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na НАТРИЙ 23 ₁₀₀	Mg МАГНИЙ 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	Al АЛЮМИНИЙ 27 ₁₀₀
4	IV	K КАЛИЙ 39 ₉₃ 41 _{6,7}	Ca КАЛЬЦИЙ 40 ₉₇ 44 _{2,1}	Sc СКАНДИЙ 45 ₁₀₀
	V	Cu МЕДЬ 63 ₆₉ 65 ₃₁	Zn ЦИНК 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	Ga ГАЛЛИЙ 69 ₆₀ 71 ₄₀

17 На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением света с наибольшей длиной волны и излучением света с наибольшей частотой?
 Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) поглощение света с наибольшей длиной волны
- Б) излучение света с наибольшей частотой

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

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

Ответ:

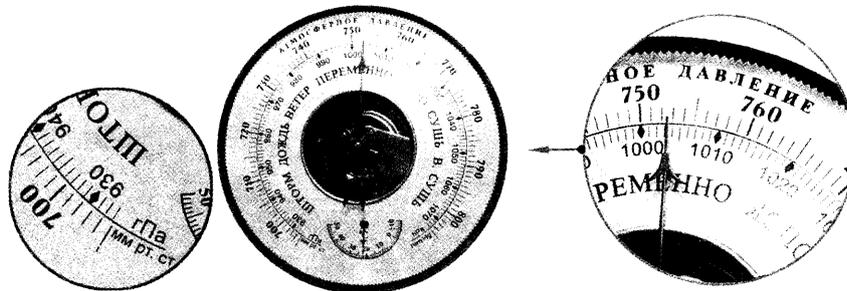
А	Б

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

- 1) Сила трения скольжения — сила электромагнитной природы.
- 2) При конденсации жидкости она отдаёт положительное количество теплоты в окружающую среду.
- 3) Силой Ампера называют силу, с которой магнитное поле действует на проводники с током.
- 4) Линейчатый спектр дают вещества в твёрдом атомарном состоянии.
- 5) Количество фотоэлектронов, вылетающих с поверхности металла за единицу времени, обратно пропорционально интенсивности падающего на поверхность металла света.

Ответ: _____.

19 В паспорте барометра указано, что абсолютная погрешность прямого измерения давления равна 2 гПа и 1,5 мм рт. ст.



Запишите показания барометра с учётом абсолютной погрешности измерений.

Ответ: (_____ ± _____) мм рт. ст.

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

20

Необходимо собрать экспериментальную установку, с помощью которой можно определить плотность меди. Для этого школьник взял электронные весы и медный шарик с крючком.

Какое дополнительное оборудование необходимо использовать для проведения этого эксперимента? Из приведённого ниже перечня оборудования выберите две позиции.

- 1) линейка
- 2) стакан с водой
- 3) ареометр
- 4) барометр
- 5) мензурка

В ответе запишите номера выбранных позиций.

Ответ:



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

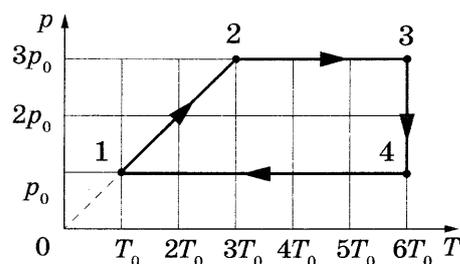
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

Один моль гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах p – T , где p — давление газа, T — абсолютная температура. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, сравните модуль работы газа в процессе 2–3 и в процессе 3–4. Постройте график цикла в координатах p – V , где p — давление газа, V — объём газа.



Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

- 22** Груз, нанизанный на неподвижную горизонтальную гладкую спицу, прикреплен к пружине жесткостью 150 Н/м. Другой конец пружины закреплен на конце спицы. Груз отклонили от положения равновесия и отпустили, в результате чего он начал совершать колебания вдоль горизонтальной оси Ox . В таблице приведены значения координаты груза x в различные моменты времени t .

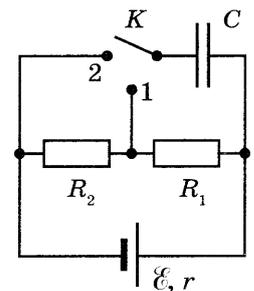
$t, \text{ с}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
$x, \text{ см}$	20	14,2	0	-14,2	-20	-14,2	0	14,2	20	14,2

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

- 23** Тонкая линза, оптическая сила которой равна 5 дптр, даёт действительное, увеличенное в 4 раза изображение предмета. На каком расстоянии от линзы находится предмет? Постройте изображение предмета в линзе.

- 24** Два теплоизолированных сосуда, объёмы которых $V_1 = 1,5V$ и $V_2 = V$, соединены между собой трубкой с вентиляем. Вентиль закрыт. Сосуды содержат соответственно разреженный гелий и разреженный аргон в количествах ν_1 и $\nu_2 = 3\nu_1$ при температурах T_1 и $T_2 = 3T_1$ соответственно. Каким будет давление в сосудах, если вентиль открыть?

- 25** 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 из положения 1 в положение 2 и снова ждут в течение большого промежутка времени. В результате перевода ключа из положения 1 в положение 2 энергия конденсатора увеличивается в $n = 9$ раз. Определите отношение сопротивлений $\frac{R_2}{R_1}$.



- 26** 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.

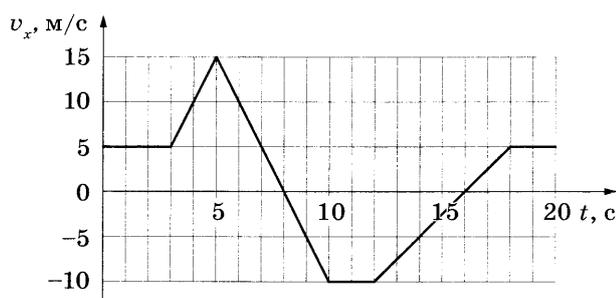
ВАРИАНТ 9

Часть 1

Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Определите среднюю скорость тела в интервале времени от 5 до 10 с.

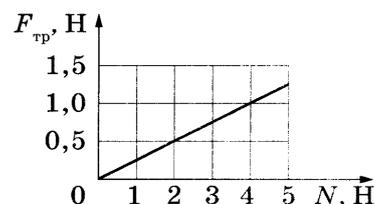


Ответ: _____ м/с.

2

На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Каков коэффициент трения?

Ответ: _____.



3

Потенциальная энергия упругой пружины при её растяжении на 2 см равна 2 Дж. Найдите модуль изменения потенциальной энергии этой пружины при дополнительном увеличении её растяжения на 1 см.

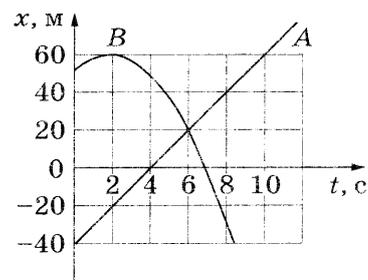
Ответ: _____ Дж.

4

Пружинный маятник расположен на гладкой горизонтальной плоскости. Смещение груза этого пружинного маятника меняется относительно положения равновесия с течением времени по закону $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$, где период $T = 0,4$ с. Через какое минимальное время, начиная с момента $t = 0$, потенциальная энергия деформации пружины маятника примет минимальное значение?

Ответ: через _____ с.

5 На рисунке приведены графики зависимости координат от времени для двух тел: А и В, движущихся вдоль оси Ox . Выберите все верные утверждения о характере движения тел.



- 1) В момент времени 2 с скорость тела В была равна 0.
- 2) За время от 0 до 6 с тело А прошло путь 20 м.
- 3) Тела А и В встретились в момент времени 4 с.
- 4) Импульс тела А с течением времени увеличивается.
- 5) Проекция ускорения тела В на ось Ox отрицательная.

Ответ: _____.

6 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода высота орбиты спутника и частота его обращения вокруг Земли?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Высота орбиты спутника	Частота обращения спутника вокруг Земли

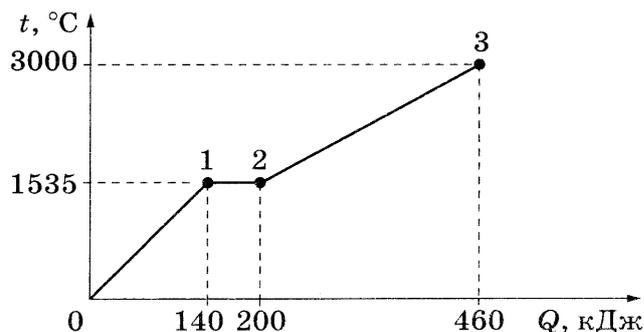
7 При абсолютной температуре T_0 и давлении p_0 разреженный аргон в количестве 1 моль занимает объём V_0 . Сколько моль аргона при температуре $2T_0$ и давлении p_0 занимают объём $2V_0$?

Ответ: _____ моль.

8 Рабочее тело тепловой машины за цикл совершает работу 45 Дж. Какое количество теплоты отдаёт холодильнику за цикл рабочее тело, если КПД тепловой машины равен 15 %?

Ответ: _____ Дж.

9 Твёрдый образец вещества нагревают в печи. По мере поглощения количества теплоты Q температура образца t растёт в соответствии с графиком.



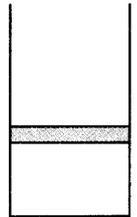
Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

- 1) Температура плавления вещества равна $100\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии меньше, чем в твёрдом.
- 3) В процессе 2–3 внутренняя энергия вещества не изменяется.
- 4) В состоянии 2 вещество полностью расплавилось.
- 5) Для того чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 60 кДж .

Ответ: _____.

10

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



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

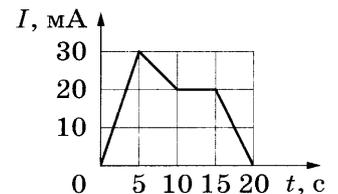
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Давление газа	Концентрация молекул газа

11

На рисунке показана зависимость силы тока I в проводнике от времени t . Определите заряд, прошедший по проводнику за интервал времени от 0 до 15 с.



Ответ: _____ мКл.

12

Прямолинейный проводник длиной L с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} . Во сколько раз увеличится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 5 раз, а силу тока, протекающего через проводник, уменьшить в 4 раза? (Индукция магнитного поля и расположение проводника в магнитном поле остаются неизменными.)

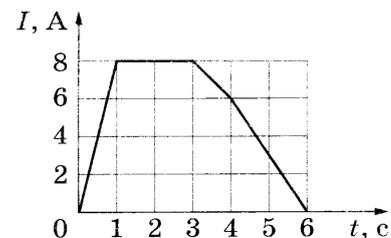
Ответ: в _____ раз(а).

13

Точечный источник света расположен перед плоским зеркалом на расстоянии $0,9\text{ м}$ от него. На сколько необходимо приблизить зеркало, не поворачивая его, к источнику, чтобы расстояние между источником и его изображением в зеркале уменьшилось в $1,5$ раза?

Ответ: на _____ м.

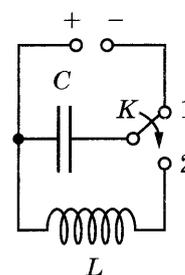
14 В катушке индуктивностью 4 мГн сила тока I изменяется во времени t согласно графику на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушке.



- 1) Энергия магнитного поля катушки в интервале времени от 1 до 3 с равна 8 мДж.
- 2) Модуль скорости изменения силы тока в катушке в интервале времени от 3 до 4 с в 1,5 раза меньше, чем в интервале от 4 до 6 с.
- 3) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, минимален в интервале времени от 0 до 1 с.
- 4) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, в интервале времени от 3 до 4 с равен 8 мВ.
- 5) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, в интервале времени от 1 до 3 с равен нулю.

Ответ: _____.

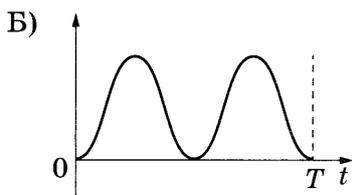
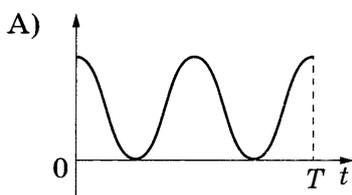
15 Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени t физических величин, характеризующих возникшие после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



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

16

Чему равен период (в годах) полураспада ядер изотопа ${}_{11}^{22}\text{Na}$, если за 9 лет из исходно большого числа ядер атомов этого изотопа распалось 87,5 %?

Ответ: _____ года (лет).

17

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его частоту. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и их максимальная скорость?

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.

Число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов	Максимальная скорость фотоэлектронов

18

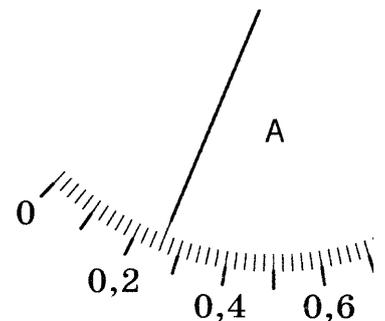
Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При резонансе в механической колебательной системе амплитуда установившихся вынужденных колебаний резко возрастает.
- 2) Конденсацией называют процесс преобразования пара в жидкость.
- 3) При электрическом разряде в газе перенос заряда обеспечивается свободными электронами и ионами.
- 4) Вынужденными электромагнитными колебаниями называют процессы протекания тока в цепи под действием внешней постоянной электродвижущей силы.
- 5) В ядерных реакторах для получения энергии используются реакции самопроизвольного распада ядер радиоактивных веществ.

Ответ: _____.

19

Запишите показания амперметра (см. рисунок) с учётом абсолютной погрешности измерений, если абсолютная 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.

20

Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от температуры. Имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие **два** сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	60	50	15
2	80	50	15
3	100	100	10
4	60	100	15
5	80	50	10

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 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 расположены на одинаковом расстоянии a друг от друга (см. рисунки a и b). В каждом проводнике протекает электрический ток силой I : в проводниках 1 и 2 — в одном направлении, а в проводнике 3 — в противоположном. Определите направление результирующей силы, действующей на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3. Сделайте рисунок на бланке ответов на основе рисунка b , указав в области проводника 1 векторы магнитной индукции полей, созданных проводниками 2 и 3, вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и вектор результирующей силы. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

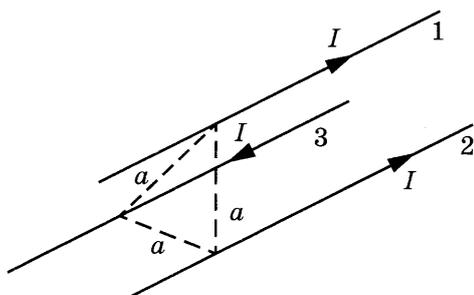


Рис. а

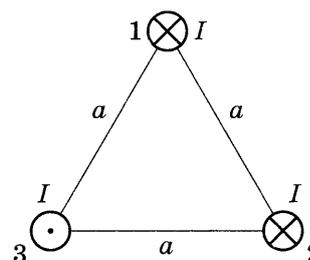
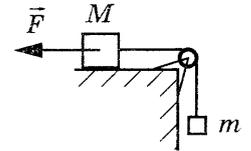


Рис. б

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

22

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} ?



23

В термос с водой массой 400 г при температуре 45 °С опускают бутылочку с детским питанием, в результате чего она нагревается до температуры 36 °С. Определите теплоёмкость бутылочки с питанием, если её начальная температура была равна 18 °С. Теплоёмкостью термоса пренебречь.

24

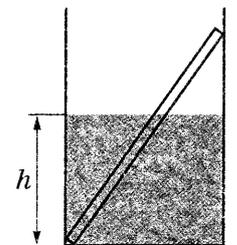
В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня $L = 30$ см. Площадь поперечного сечения поршня $S = 25$ см². В результате медленного нагревания газа поршень некоторое время покоился, а затем медленно сдвинулся на некоторое расстояние x . При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной $F_{\text{тр}} = 3 \cdot 10^3$ Н. Определите расстояние x , если газ в этом процессе получил количество теплоты, равное $2,4$ кДж. Считать, что сосуд находится в вакууме.

25

Две большие параллельные вертикальные плоские пластины из диэлектрика расположены на расстоянии $d = 20$ см друг от друга. Пластины равномерно заряжены разноимёнными зарядами. Модуль напряжённости поля между пластинами $E = 3 \cdot 10^5$ В/м. Между пластинами, на равном расстоянии от них, помещён маленький шарик с зарядом $Q = 5 \cdot 10^{-11}$ Кл и массой $M = 1,5 \cdot 10^{-3}$ г. После того как шарик отпускают, он начинает падать. Какую скорость будет иметь шарик, когда коснётся одной из пластин? Трением о воздух и размерами шарика пренебречь.

26

В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили тонкую однородную алюминиевую палочку длиной 10 см и массой $1,8$ г и до высоты $h = 5$ см налили жидкость. Определите плотность жидкости, если модуль силы, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана, равен $9,5$ мН. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.



Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



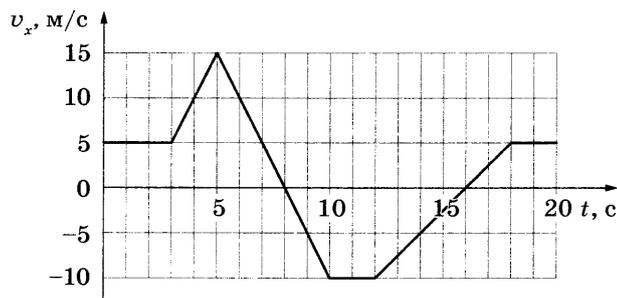
Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.

ВАРИАНТ 10

Часть 1

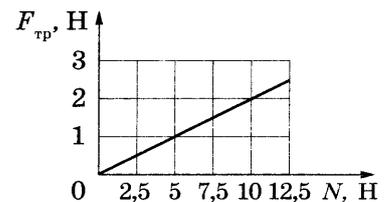
Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . Определите среднюю скорость тела в интервале времени от 12 до 20 с.



Ответ: _____ м/с.

- 2 На графике приведена зависимость модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Каков коэффициент трения?



Ответ: _____.

- 3 Потенциальная энергия упругой пружины при её растяжении на 2 см равна 2 Дж. Найдите модуль изменения потенциальной энергии этой пружины при последующем уменьшении её растяжения на 0,5 см.

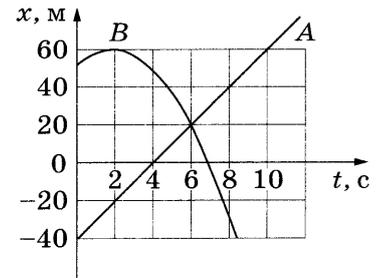
Ответ: _____ Дж.

- 4 Пружинный маятник расположен на гладкой горизонтальной плоскости. Смещение груза этого пружинного маятника меняется относительно положения равновесия с течением времени по закону $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$, где период $T = 1,2$ с. Через какое минимальное время, начиная с момента $t = 0$, кинетическая энергия груза маятника примет максимальное значение?

Ответ: через _____ с.

5

На рисунке приведены графики зависимости координат от времени для двух тел: A и B , движущихся вдоль оси Ox . Выберите все верные утверждения о характере движения тел.



- 1) В момент времени 2 с ускорение тела B было равно 0.
- 2) За время от 0 до 6 с тело A прошло путь 30 м.
- 3) Тела A и B встретились в момент времени 6 с.
- 4) Импульс тела A с течением времени остаётся постоянным.
- 5) Проекция ускорения тела B на ось Ox положительна.

Ответ: _____.

6

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

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Скорость движения спутника по орбите	Период обращения спутника вокруг Земли

7

При абсолютной температуре T_0 и давлении p_0 идеальный газ в количестве 2 моль занимает объём V_0 . Сколько моль газа при температуре $3T_0$ и давлении $1,5p_0$ занимают объём $4V_0$?

Ответ: _____ моль.

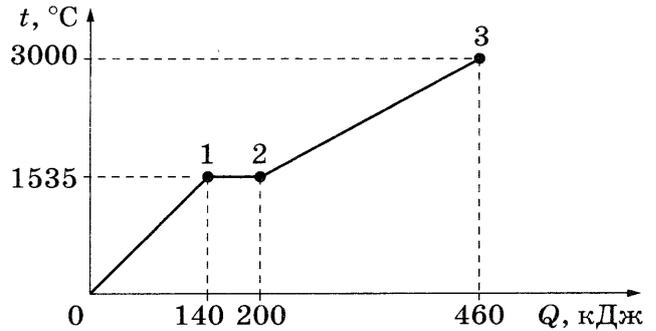
8

Рабочее тело тепловой машины за цикл совершает работу 150 Дж и отдаёт холодильнику количество теплоты, равное 450 Дж. Чему равен КПД тепловой машины?

Ответ: _____ %.

9

Твёрдый образец вещества нагревают в печи. По мере поглощения количества теплоты Q температура образца t растёт в соответствии с графиком.



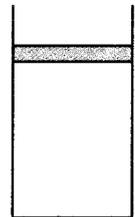
Выберите из предложенного перечня все утверждения, которые соответствуют результатам проведённых экспериментальных наблюдений.

- 1) Температура плавления вещества равна 1808 К.
- 2) Удельная теплоёмкость вещества в жидком состоянии больше, чем в твёрдом.
- 3) В процессе 1–2 внутренняя энергия вещества увеличивалась.
- 4) В состоянии 1 вещество полностью расплавилось.
- 5) Для того чтобы полностью расплавить образец вещества, уже находящийся при температуре плавления, ему надо передать количество теплоты, равное 70 кДж.

Ответ: _____.

10

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). Из сосуда медленно выпускается половина массы газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого объём газа и сила, действующая на поршень со стороны газа?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

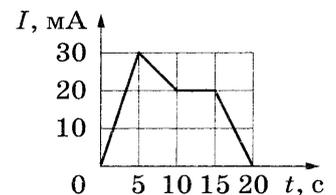
- 1) увеличится 2) уменьшится 3) не изменится

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

Объём газа	Сила, действующая на поршень со стороны газа

11

На рисунке показана зависимость силы тока I в проводнике от времени t . Определите заряд, прошедший по проводнику за интервал времени от 5 до 20 с.



Ответ: _____ мКл.

12

Прямолинейный проводник длиной L с током I помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции \vec{B} . Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если его длину увеличить в 4 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 8 раз? (Сила тока и расположение проводника в магнитном поле остаются неизменными.)

Ответ: в _____ раз(а).

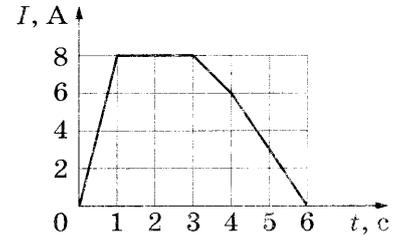
13

Точечный источник света расположен перед плоским зеркалом на расстоянии 40 см от него. На сколько необходимо отодвинуть зеркало, не поворачивая его, от источника, чтобы расстояние между источником и его изображением в зеркале увеличилось в 2,5 раза?

Ответ: на _____ м.

14

В катушке индуктивностью 5 мГн сила тока I изменяется во времени t согласно графику на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения о процессах, происходящих в катушке.

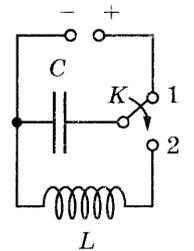


- 1) Энергия магнитного поля катушки в интервале времени от 1 до 3 с равна 160 мДж.
- 2) Модуль скорости изменения силы тока в катушке максимален в интервале времени от 4 до 6 с.
- 3) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, максимален в интервале времени от 0 до 1 с.
- 4) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, в интервале времени от 3 до 4 с равен 2 мВ.
- 5) Модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке, минимален в интервале времени от 4 до 5 с.

Ответ: _____.

15

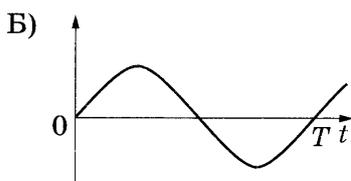
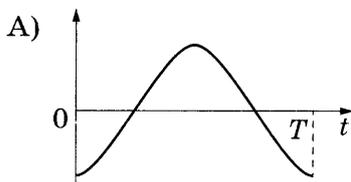
Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель K переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения с течением времени t физических величин, характеризующих возникшие после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



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

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

Ответ:

А	Б

16 Чему равен период (в годах) полураспада ядер изотопа $^{137}_{55}\text{Cs}$, если за 90 лет исходно большое число нераспавшихся ядер атомов этого изотопа уменьшилось в 8 раз?

Ответ: _____ года (лет).

17 На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его длины волны. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и работа выхода фотоэлектронов с поверхности металла?

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.

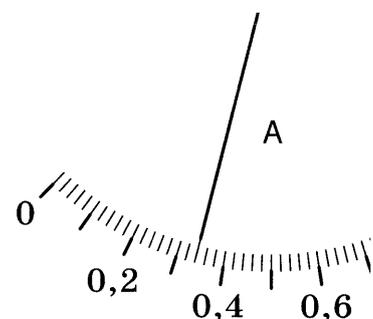
Число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов	Работа выхода фотоэлектронов

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

- 1) При резонансе в механической колебательной системе амплитуда установившихся вынужденных колебаний резко уменьшается.
- 2) Пар над поверхностью жидкости является насыщенным, если за одно и то же время с поверхности жидкости в среднем вылетает меньшее число молекул, чем возвращается обратно в жидкость.
- 3) При электрическом разряде в газе перенос заряда обеспечивается только положительно заряженными ионами.
- 4) Индукционный ток возникает в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего поверхность, ограниченную контуром.
- 5) В ядерных реакторах для получения энергии используются экзотермические цепные реакции распада тяжёлых ядер.

Ответ: _____.

19 Запишите показания амперметра (см. рисунок) с учётом абсолютной погрешности измерений, если абсолютная 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.

20

Необходимо на опыте обнаружить зависимость объёма газа, находящегося в сосуде под подвижным поршнем, от его массы. Имеются пять различных сосудов с манометрами. Сосуды наполнены одним и тем же газом при различных температурах и давлениях (см. таблицу). Какие **два** сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести данное исследование?

№ сосуда	Давление, кПа	Температура газа в сосуде, °С	Масса газа, г
1	80	50	15
2	100	80	10
3	120	100	10
4	80	50	25
5	60	80	10

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 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

21

Три параллельных длинных прямых проводника 1, 2 и 3 расположены на одинаковом расстоянии a друг от друга (см. рисунки a и b). В каждом проводнике протекает электрический ток силой I : в проводниках 1 и 3 — в одном направлении, а в проводнике 2 — в противоположном. Определите направление результирующей силы, действующей на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3. Сделайте рисунок на бланке ответов на основе рисунка b , указав в области проводника 1 векторы магнитной индукции полей, созданных проводниками 2 и 3, вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля и вектор результирующей силы. Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

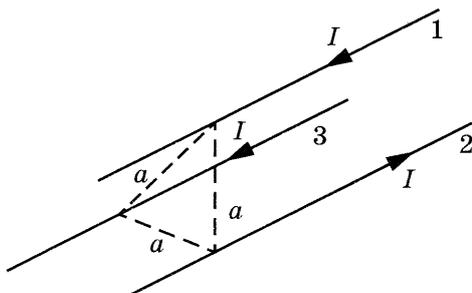


Рис. а

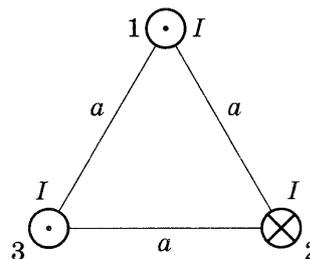
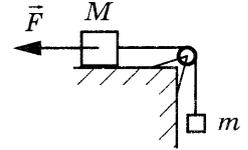


Рис. б

Полное правильное решение каждой из задач 22–26 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.

22

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



23

В термос с водой массой 500 г при температуре 41 °С опускают бутылочку с детским питанием, в результате чего она нагревается до температуры 36 °С. Теплоёмкость бутылочки с питанием равна 525 Дж/К. Какова была её начальная температура? Теплоёмкостью термоса пренебречь.

24

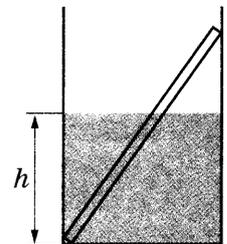
В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Первоначальное давление газа $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па. Расстояние от дна сосуда до поршня $L = 20$ см. Площадь поперечного сечения поршня $S = 25$ см². В результате медленного нагревания газа поршень некоторое время покоился, а затем медленно сдвинулся на расстояние $x = 5$ см. При движении поршня на него со стороны стенок сосуда действует сила трения величиной $F_{\text{тр}} = 3 \cdot 10^3$ Н. Какое количество теплоты получил газ в этом процессе? Считать, что сосуд находится в вакууме.

25

Две большие параллельные вертикальные плоские пластины из диэлектрика расположены на расстоянии d друг от друга. Пластины равномерно заряжены разноимёнными зарядами. Модуль напряжённости поля между пластинами $E = 6 \cdot 10^5$ В/м. Между пластинами, на равном расстоянии от них, помещён маленький шарик с зарядом $Q = 5 \cdot 10^{-11}$ Кл и массой $M = 3 \cdot 10^{-3}$ г. После того как шарик отпускают, он начинает падать. Определите расстояние между пластинами d , если известно, что в момент касания одной из пластин шарик имеет скорость 2 м/с. Трением о воздух и размерами шарика пренебречь.

26

В гладкий высокий стакан радиусом 4 см поставили тонкую однородную палочку длиной 10 см и массой $1,8$ г. До какой высоты h надо налить в стакан жидкость, плотность которой составляет $0,75$ плотности материала палочки, чтобы модуль силы, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана, равнялся $0,008$ Н? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на палочку.



Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Ответы к заданиям части 1

Правильное выполнение каждого из заданий 1–4, 7, 8, 11–13, 16, 19 и 20 оценивается 1 баллом. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа. В ответе на задание 20 порядок записи символов значения не имеет.

Правильное выполнение каждого из заданий 6, 10, 15 и 17 оценивается 2 баллами. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, и полностью совпадает с эталоном ответа: каждый символ в ответе стоит на своём месте, лишние символы в ответе отсутствуют. Выставляется 1 балл, если на любой одной позиции ответа записан не тот символ, который представлен в эталоне ответа. Во всех других случаях выставляется 0 баллов. Если количество символов в ответе больше требуемого, выставляется 0 баллов вне зависимости от того, были ли указаны все необходимые символы.

Правильное выполнение каждого из заданий 5, 9, 14 и 18 оценивается 2 баллами. В этих заданиях предполагается два или три верных ответа. Задание считается выполненным верно, если ответ записан в той форме, которая указана в инструкции по выполнению задания, каждый символ присутствует в ответе, в ответе отсутствуют лишние символы. Порядок записи символов в ответе значения не имеет. 1 балл выставляется, если только один из символов, указанных в ответе, не соответствует эталону (в том числе есть один лишний символ наряду с остальными верными) или только один символ отсутствует; во всех других случаях выставляется 0 баллов.

Вариант Задание	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–2	1,5	–30	250	–2	4	–2,5	–5	6,5	4,375
2	90	200	200	50	32	24	500	0,16	0,25	0,2
3	8	7,5	2,5	70	1,75	4,5	45	3	2,5	0,875
4	7,5	12 500	0,068	4	0,5	3	0,08	0,27	0,1	0,3
5	124	345	124	235	145	23	35	24	15	34
6	31	32	13	32	42	31	33	22	12	12
7	800	6	240	250	0,5	3	1	0,5	1	4
8	25	100	1500	300	200	24	20	180	255	25
9	124	235	245	123	25	134	24	135	45	123
10	22	31	32	13	11	22	22	22	33	23
11	30	17,5	1800	600	25	50	15	5	300	275
12	2,5	1,5	0,2	0,025	7,5	0,01	1	4	1,25	2
13	30	70	38	52	2	4	0,6	60	0,3	0,6
14	123	245	135	24	45	123	145	23	245	13
15	34	12	42	21	12	21	31	22	41	32
16	8	17	0,25	2	76	170	19	6	3	30
17	12	22	13	23	13	21	13	32	13	23
18	15	24	23	15	135	24	45	123	123	45
19	0,700,05	0,140,01	3,80,1	1,900,05	0,750,05	0,900,04	10033	752,01,5	0,260,02	0,340,02
20	24	15	14	24	34	45	12	25	14	14

© 2026. ООО «Издательство «Национальное образование»

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

Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом

Решения заданий 21–26 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 заданий 22 и 23 и от 0 до 3 баллов за выполнение заданий 21, 24 и 25. За выполнение задания 26 максимальный балл составляет 4.

Вариант 1

21

Возможное решение

1. Высота, на которую поднимется брусок, движущийся по наклонной плоскости, в 4 раза больше высоты, на которую поднимется брусок, брошенный под углом к горизонту, относительно Земли.
2. При движении летящего бруска, брошенного под углом α к горизонту, проекция его скорости на вертикальную ось в верхней точке траектории $v_y = v_0 \sin \alpha - gt = 0$.

Следовательно, время полёта до максимальной высоты $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$.

Тогда максимальная высота при свободном падении

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

3. При движении бруска по наклонной плоскости вверх используем закон сохранения механической энергии, учитывая, что в точке максимального подъёма скорость равна нулю: $mgH_1 = \frac{mv_0^2}{2}$.

Тогда максимальная высота подъёма $H_1 = \frac{v_0^2}{2g}$.

4. В итоге $\frac{H_1}{H} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 30^\circ} = 4$, следовательно, высота, на которую поднимется брусок, движущийся по наклонной плоскости, в 4 раза больше высоты, на которую поднимется брусок, брошенный под углом к горизонту.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: п. 1), и полное верное объяснение (в данном случае: п. 2, 3, 4) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: формулы кинематики, закон сохранения механической энергии)	3
Дан правильный ответ и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. 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.)	2

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	
<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>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

22

Возможное решение

1. Для изохорного процесса при $v = \text{const}$ запишем закон Шарля:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad (1)$$

где T_2 — температура газа после охлаждения.

2. Запишем первый закон термодинамики для этого процесса:

$$|Q| = |\Delta U| = \frac{3m}{2\mu} R(T_1 - T_2), \quad (2)$$

где m — масса газа, μ — молярная масса газа.

3. Решив систему из полученных двух уравнений, найдём:

$$m = \frac{2\mu|Q|}{3RT_1 \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right)} = \frac{2 \cdot 0,04 \cdot 5 \cdot 10^3}{3 \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^5}\right)} \approx 0,08 \text{ кг.}$$

Ответ: $m \approx 0,08$ кг.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: закон Шарля, первый закон термодинамики, формула для внутренней энергии одноатомного идеального газа);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

23

Возможное решение

1. Через длительный промежуток времени изменение силы тока ΔI через катушку будет равно нулю. Напряжение на катушке равно по модулю ЭДС самоиндукции:

$$U_0 = \frac{L\Delta I}{\Delta t} = 0.$$

Так как резистор и катушка подключены параллельно, то напряжения на них равны, следовательно, напряжение на резисторе также равно нулю. Сила тока через резистор по закону Ома для участка цепи $\left(I = \frac{U}{R}\right)$ равна нулю.

2. По закону Ома для полной цепи найдём ток через катушку:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

3. Энергия магнитного поля катушки

$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2} = \frac{0,01 \cdot 20^2}{2 \cdot 1^2} = 2 \text{ Дж.}$$

Ответ: $W = 2 \text{ Дж.}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для ЭДС самоиндукции и для энергии магнитного поля катушки, закон Ома для участка цепи и для полной цепи</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	2
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	2

24

Возможное решение

1. Шар с грузом удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:

$$(M + m)g + m_{\text{г}}g - m_{\text{в}}g = 0,$$

где M и m — массы воздушного шара (оболочка + гондола) и груза, $m_{\text{г}}$ — масса гелия, а $F = m_{\text{в}}g$ — сила Архимеда, действующая на шар ($m_{\text{в}}$ — масса воздуха в объёме шара). Из условия равновесия следует:

$$M + m = m_{\text{в}} - m_{\text{г}}.$$

2. Давление гелия p и его температура T равны давлению и температуре окружающего воздуха. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона — Менделеева

$$pV = \frac{m_{\text{г}}}{\mu_{\text{г}}}RT = \frac{m_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}}RT,$$

где $\mu_{\text{г}}$ — молярная масса гелия, $\mu_{\text{в}}$ — средняя молярная масса воздуха, V — объём шара.

3. Отсюда:

$$m_b = m_r \frac{\mu_b}{\mu_r},$$

$$m = m_b - m_r - M = m_r \left(\frac{\mu_b}{\mu_r} - 1 \right) - M.$$

В итоге получим: $m = 100 \cdot \left(\frac{0,029}{0,004} - 1 \right) - 350 = 275$ кг.

Ответ: $m = 275$ кг.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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: <i>условие равновесия тела, закон Архимеда и уравнение Клапейрона — Менделеева</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях / вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

Окончание таблицы

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

25

Возможное решение

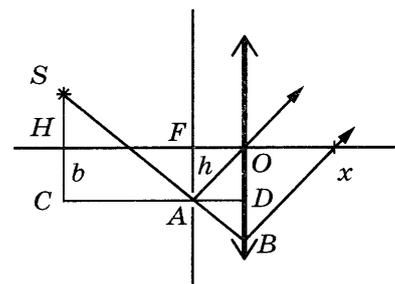
1. Проведём луч SA до пересечения с плоскостью линзы (точка B на расстоянии $y = OB$ от центра линзы O). Проведём через точку A отрезок $CD \parallel OF$.
2. Из подобия $\triangle ACS$ и $\triangle ABD$ следует:

$$\frac{H+h}{b-F} = \frac{y-h}{F}, \text{ откуда:}$$

$$y = h + F \frac{H+h}{b-F} = \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{50} = 7,6 \text{ см.}$$

3. Из точки A проведём луч AO , который проходит линзу, не преломляясь. Точка A является побочным фокусом линзы, поэтому лучи AO и AB , пройдя линзу, идут параллельно друг другу.
4. Из подобия $\triangle AFO$ и $\triangle BOx$ следует:

$$\frac{h}{F} = \frac{y}{x}, \text{ откуда: } x = y \frac{F}{h} = \frac{F}{h} \cdot \frac{hb + FH}{b-F} = \frac{20}{4} \cdot \frac{4 \cdot 70 + 20 \cdot 5}{70 - 20} = 38 \text{ см.}$$

Ответ: $x = 38$ см.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <u>свойства собирающей линзы</u>);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей;</p> <p>III) 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);</p>	3

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, 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 V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

26

Возможное решение**Обоснование**

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Опишем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку цилиндр не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на него, равна нулю.

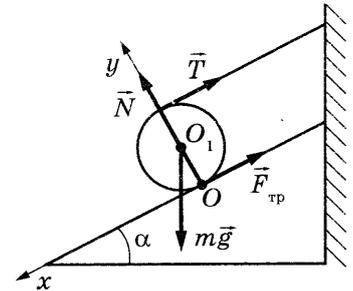
4. Поскольку цилиндр не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр цилиндра, равна нулю.

Решение

1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры \vec{N} , сила натяжения нити \vec{T} и сила трения покоя $\vec{F}_{\text{тр}}$. Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта Oxy имеет вид:

$$Ox: 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (2)$$



2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости рисунка. O_1 — центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити — радиусу цилиндра R):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}. \quad (3)$$

3. Поскольку в задаче требуется найти величину минимального коэффициента трения, рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, которое равно модулю силы сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (4)$$

4. Из формул (1)–(4) получим: $mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha$.

Окончательно получим: $\mu = \frac{\text{tg } \alpha}{2} = \frac{\text{tg } 30^\circ}{2} = \frac{\sqrt{3}}{6} \approx 0,29$.

Ответ: $\mu \approx 0,29$.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор ИСО, модель твёрдого тела, условия равновесия твёрдого тела относительно вращательного и поступательного движения</i>	1
В обосновании отсутствует один или несколько из элементов. ИЛИ В обосновании допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, уравнение моментов сил, формула для максимального значения силы трения покоя</i>); II) сделан рисунок с указанием сил, действующих на тело;	3

Окончание таблицы

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>III) 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);</p> <p>IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения физической величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II или III, 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 V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	4

Вариант 2

21

Возможное решение

1. Относительно Земли высота, на которую поднимется кубик, движущийся по наклонной плоскости, в 2 раза больше высоты, на которую поднимется кубик, брошенный под углом к горизонту.

2. При движении летящего кубика, брошенного под углом α к горизонту, проекция его скорости на вертикальную ось в верхней точке траектории $v_y = v_0 \sin \alpha - gt = 0$.

Следовательно, время полёта до максимальной высоты $t = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$.

Тогда максимальная высота при свободном падении

$$H = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}.$$

3. При движении кубика по наклонной плоскости вверх используем закон сохранения механической энергии, учитывая, что в точке максимального подъёма

скорость кубика равна нулю: $mgH_1 = \frac{mv_0^2}{2}$.

Тогда максимальная высота подъёма $H_1 = \frac{v_0^2}{2g}$.

4. В итоге $\frac{H_1}{H} = \frac{1}{\sin^2 \alpha} = \frac{1}{\sin^2 45^\circ} = 2$, следовательно, высота, на которую поднимется

кубик, движущийся по наклонной плоскости, в 2 раза больше высоты, на которую поднимется кубик, брошенный под углом к горизонту.

22

Возможное решение

1. Для изохорного процесса при $v = \text{const}$ запишем закон Шарля:

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \quad (1)$$

где T_2 — температура газа после охлаждения.

2. Запишем первый закон термодинамики для этого процесса:

$$|Q| = |\Delta U| = \frac{3m}{2\mu} R(T_1 - T_2), \quad (2)$$

где m — масса газа, μ — молярная масса газа.

3. Решив систему из полученных двух уравнений, найдём:

$$|Q| = \frac{3m}{2\mu} RT_1 \left(1 - \frac{p_2}{p_1}\right) = \frac{3 \cdot 0,008}{2 \cdot 0,004} \cdot 8,31 \cdot 400 \cdot \left(1 - \frac{1,5 \cdot 10^5}{3 \cdot 10^5}\right) \approx 5 \text{ кДж.}$$

Ответ: $|Q| \approx 5$ кДж.

23

Возможное решение

1. Через длительный промежуток времени изменение силы тока ΔI через катушку будет равно нулю. Напряжение на катушке равно по модулю ЭДС самоиндукции:

$$U_0 = \frac{L\Delta I}{\Delta t} = 0.$$

Так как резистор и катушка подключены параллельно, то напряжения на них равны, следовательно, напряжение на резисторе также равно нулю. Сила тока

через резистор по закону Ома для участка цепи $\left(I = \frac{U}{R}\right)$ равна нулю.

2. По закону Ома для полной цепи найдём ток через катушку:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r}.$$

3. Энергия магнитного поля катушки:

$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{L\mathcal{E}^2}{2r^2}.$$

Отсюда получим:

$$\mathcal{E} = \sqrt{\frac{2Wr^2}{L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 1^2}{10^{-2}}} = 20 \text{ В}.$$

Ответ: $\mathcal{E} = 20 \text{ В}$.

24

Возможное решение

1. Шар с грузом удерживается в равновесии при условии, что сумма сил, действующих на него, равна нулю:

$$(M + m)g + m_{\text{г}}g - m_{\text{в}}g = 0,$$

где M и m — массы воздушного шара (оболочка + гондола) и груза, $m_{\text{г}}$ — масса гелия, а $F = m_{\text{в}}g$ — сила Архимеда, действующая на шар ($m_{\text{в}}$ — масса воздуха в объёме шара). Из условия равновесия следует:

$$M + m = m_{\text{в}} - m_{\text{г}}.$$

2. Давление гелия p и его температура T равны давлению и температуре окружающего воздуха. Следовательно, согласно уравнению Клапейрона — Менделеева

$$pV = \frac{m_{\text{г}}}{\mu_{\text{г}}}RT = \frac{m_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}}RT,$$

где $\mu_{\text{г}}$ — молярная масса гелия, $\mu_{\text{в}}$ — средняя молярная масса воздуха, V — объём шара.

3. Отсюда:

$$m_{\text{в}} = m_{\text{г}} \frac{\mu_{\text{в}}}{\mu_{\text{г}}}, \quad \frac{M + m}{m_{\text{г}}} = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{г}}}{m_{\text{г}}} = \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{г}}} - 1 = \frac{\mu_{\text{в}}}{\mu_{\text{г}}} - 1 = \text{const}.$$

Поэтому, когда при уменьшении массы гелия на $\Delta m = 4$ кг из гондолы для сохранения равновесия шара выбрасывают груз массой m_0 оказывается, что

$$\frac{M + m - m_0}{m_{\text{г}} - \Delta m} = \frac{M + m}{m_{\text{г}}}.$$

Отсюда:

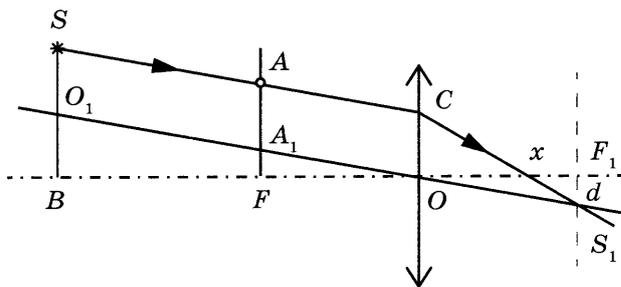
$$m_0 = \Delta m \cdot \frac{M + m}{m_{\text{г}}} = 4 \cdot \frac{400 + 225}{100} = 25 \text{ кг}.$$

Ответ: нужно выбросить груз массой $m_0 = 25$ кг.

25

Возможное решение

1. Построим ход луча $SACS_1$, прошедшего через экран и собирающую линзу, используя основные свойства тонкой линзы: параллельный пучок лучей, падающих на линзу, собирается в её фокальной плоскости; луч O_1OS_1 , прошедший через оптический центр линзы (точку O), не преломляется.



2. Луч SAC , принадлежащий параллельному пучку лучей SA и O_1A_1 , после преломления пересечёт луч O_1OS_1 в фокальной плоскости линзы в точке S_1 на расстоянии d от главной оптической оси BO . Так как расстояние от фокальных плоскостей AF и S_1F_1 до плоскости линзы одинаково, то $A_1F = F_1S_1 = d$, $OC = AA_1 = O_1S = h - d$, $O_1B = H - (h - d)$.

3. Луч CS_1 пересечёт главную оптическую ось на расстоянии x от линзы, которое определяется из подобия треугольников $\triangle OCx$ и $\triangle xF_1S_1$. Из пропорции $\frac{x}{h-d} = \frac{F-x}{d}$

получаем: $x = F \left(1 - \frac{d}{h} \right)$.

Для определения d воспользуемся подобием треугольников $\triangle O_1BO$ и $\triangle A_1FO$ и составим пропорцию $\frac{H-(h-d)}{b} = \frac{d}{F}$, откуда: $d = \frac{H-h}{b-F} F$. После подстановки получаем:

$$H = \frac{h}{F^2} [Fb - x(b-F)] = \frac{4}{400} \cdot [20 \cdot 60 - 16 \cdot 40] = 5,6 \text{ см.}$$

Ответ: $H = 5,6$ см.

26

Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Опишем цилиндр моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны, расстояние между любыми двумя точками тела остаётся неизменным).
3. Поскольку цилиндр не движется поступательно, то векторная сумма сил, действующих на него, равна нулю.
4. Поскольку цилиндр не вращается, то алгебраическая сумма моментов сил относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через центр цилиндра, равна нулю.

Решение

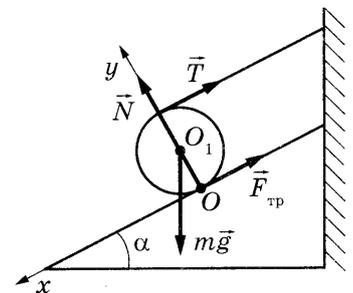
1. На цилиндр действуют четыре силы: сила тяжести $m\vec{g}$, нормальная составляющая силы реакции опоры \vec{N} , сила натяжения нити \vec{T} и сила трения покоя $\vec{F}_{\text{тр}}$. Запишем условия равновесия цилиндра. Второй закон Ньютона в проекциях на оси инерциальной системы отсчёта Oxy имеет вид:

$$Ox: 0 = mg \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}; \quad (1)$$

$$Oy: 0 = N - mg \cos \alpha. \quad (2)$$

2. Запишем уравнение моментов сил относительно оси, проходящей через точку O_1 перпендикулярно плоскости рисунка. O_1 — центр цилиндра (плечи сил реакции опоры и тяжести равны нулю, а сил трения и натяжения нити — радиусу цилиндра R):

$$T \cdot R - F_{\text{тр}} \cdot R = 0, \text{ откуда } T = F_{\text{тр}}. \quad (3)$$



3. Поскольку в задаче требуется найти величину максимального угла α , рассмотрим максимальное значение модуля силы трения покоя, которое равно модулю силы сухого трения скольжения. Для модуля силы сухого трения скольжения запишем:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha. \quad (4)$$

4. Из формул (1)–(4) получим: $mg \sin \alpha = 2F_{\text{тр}} = 2\mu mg \cos \alpha$.

Окончательно получим: $\operatorname{tg} \alpha = 2\mu = 2 \cdot 0,5 = 1$, следовательно, $\alpha_{\text{max}} = 45^\circ$.

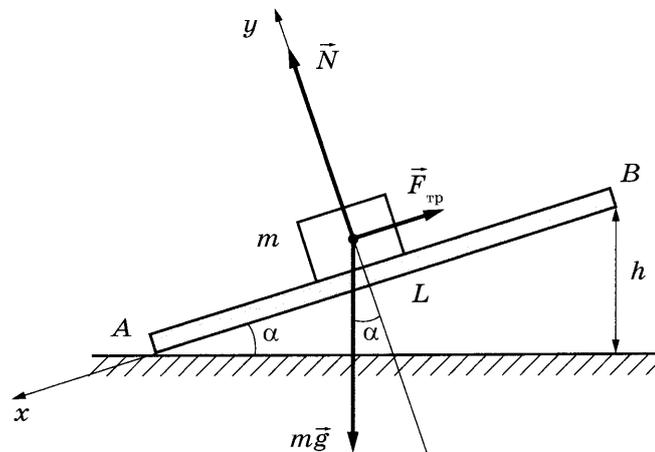
Ответ: $\alpha_{\text{max}} = 45^\circ$.

Вариант 3

21

Возможное решение

1. На брусок действуют: со стороны Земли — сила тяжести $m\vec{g}$, а со стороны доски — сила реакции, которую представим в виде суммы двух составляющих — нормальной составляющей силы реакции опоры \vec{N} и касательной составляющей — силы трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (см. рисунок).



2. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной (ИСО). В этой ИСО доска по условию покоится, а брусок либо покоится, либо движется вдоль оси x с ускорением $a_x > 0$.

3. Установим значения μ , при которых $a_x > 0$. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси введённой системы координат:

$$\left. \begin{aligned} O_x: mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} &= ma_x > 0, \\ O_y: N - mg \cos \alpha &= 0. \end{aligned} \right\}$$

При скольжении $F_{\text{тр}} = \mu N$, поэтому в нашем случае $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$. Следовательно, $mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha > 0$.

Отсюда получим, что $a_x > 0$ и брусок движется при $\mu < \operatorname{tg} \alpha$.

В данной задаче $\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{\sqrt{L^2 - h^2}}$.

В первом опыте $\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{h_1}{\sqrt{L^2 - h_1^2}} = \frac{0,6}{\sqrt{1^2 - 0,6^2}} = \frac{3}{4} = 0,75 > \mu = 0,5$.

Во втором опыте $\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{h_2}{\sqrt{L^2 - h_2^2}} = \frac{0,4}{\sqrt{1^2 - 0,4^2}} \approx 0,436 < \mu = 0,5$.

Таким образом, в первом опыте брусок скользит по доске, а во втором — покоится.

4. Если брусок скользит, то $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha$, а если покоится, то $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} = 0$.

В данной задаче

$$F_{\text{тр}1} = \mu mg \cos \alpha_1 = \mu mg \frac{\sqrt{L^2 - h_1^2}}{L} = 0,5 \cdot mg \frac{\sqrt{1^2 - 0,6^2}}{1} = \frac{2}{5} mg = 0,4 mg;$$

$$F_{\text{тр}2} = mg \sin \alpha_2 = mg \frac{h_2}{L} = mg \frac{0,4}{1} = \frac{2}{5} mg = 0,4 mg;$$

$$F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2}.$$

Ответ: в обоих опытах модуль силы трения одинаков.

22 Возможное решение

1. Запишем уравнение состояния идеального газа $p = nkT$, откуда получим:

$$n = \frac{p}{kT}.$$

2. Запишем выражение для концентрации молекул газа: $n = \frac{N}{V}$.

3. Тогда искомое отношение числа молекул газа в сосуде в конце и в начале опыта:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2} = \frac{6 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot 250}{3 \cdot 10^3 \cdot 750} = 4.$$

Ответ: $\frac{N_2}{N_1} = 4$.

23 Возможное решение

Запишем закон Кулона для двух положений зарядов Q и q :

$$F_1 = k \frac{Qq}{AC^2} \text{ и } F_1 = k \frac{Qq}{AB^2}, \text{ откуда } \frac{F_1}{F_2} = \frac{AB^2}{AC^2}.$$

По теореме Пифагора $AB^2 = AC^2 + BC^2$.

$$\text{В итоге: } AC = \frac{BC}{\sqrt{\frac{F_1}{F_2} - 1}} = \frac{0,8}{\sqrt{\frac{25 \cdot 10^{-9}}{9 \cdot 10^{-9}} - 1}} = 0,6 \text{ м.}$$

Ответ: $AC = 0,6$ м.

24 Возможное решение

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}, \text{ где } Q_1 \text{ — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя,}$$

$|Q_2|$ — количество теплоты, отданное за цикл газом холодильнику. Анализируя график цикла, можно прийти к выводу, что газ получает положительное количество теплоты на изобаре 1–2, отдаёт положительное количество теплоты на изохоре 2–3, а в адиабатном процессе 3–1 количество теплоты $Q_{3-1} = 0$.

Таким образом, $Q_1 = Q_{1-2}$ и $Q_2 = Q_{2-3}$.

2. Согласно первому закону термодинамики для изобарного процесса 1–2

$$Q_1 = Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + p_1 (V_2 - V_1).$$

С учётом уравнения Клапейрона — Менделеева ($pV = \nu RT$) получаем:

$$Q_1 = Q_{1-2} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1).$$

Для изохорного процесса 2–3 ($V = \text{const}$; $A = 0$) отданное газом количество теплоты

$$|Q_2| = |Q_{2-3}| = |\Delta U_{2-3}| = \left| \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \right|.$$

3. Таким образом
$$\eta = 1 - \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_3)}{\frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 1 - \frac{3(T_2 - T_3)}{5(T_2 - T_1)}.$$

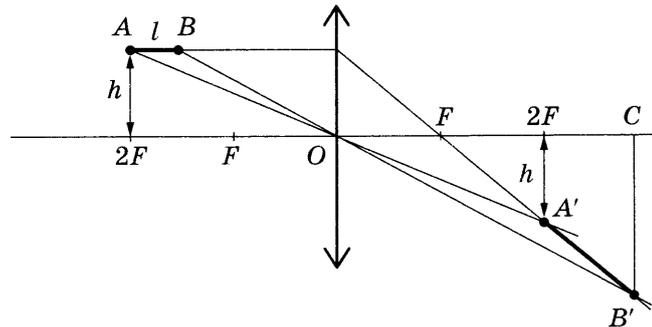
В итоге,
$$T_3 = T_2 - \frac{5}{3} (1 - \eta) (T_2 - T_1) = 800 - \frac{5}{3} \cdot (1 - 0,178) (800 - 400) = 252 \text{ К}.$$

Ответ: $T_3 = 252 \text{ К}.$

25

Возможное решение

1. Построение изображения $A'B'$ предмета AB в линзе показано на рисунке.



2. Так как точка A находится на расстоянии $2F$ от линзы, то её изображение A' также находится на расстоянии $2F$ от линзы, и расстояние от точки A' до главной оптической оси равно h .

3. Длина изображения $A'B'$

$$L = \sqrt{(OC - 2F)^2 + (B'C - h)^2}.$$

4. Из формулы тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC}$ получим: $OC = \frac{F(2F - l)}{F - l} =$

$$= \frac{20(2 \cdot 20 - 10)}{20 - 10} = 60 \text{ см}.$$

$$5. \frac{B'C}{h} = \frac{OC}{2F-l}, \text{ откуда: } B'C = h \frac{OC}{2F-l} = 15 \cdot \frac{60}{2 \cdot 20 - 10} = 30 \text{ см.}$$

$$6. \text{ Окончательно получим: } L = \sqrt{(20)^2 + (15)^2} = \sqrt{625} = 25 \text{ см.}$$

Ответ: $L = 25$ см.

26

Возможное решение

Обоснование

1. Задачу будем решать в системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли, будем считать её инерциальной.
2. Будем считать все тела материальными точками. Трением снаряда и осколков о воздух пренебрежём.
3. Поскольку время разрыва снаряда мало, импульсом внешних сил (сил тяжести) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.
4. Поскольку работой силы трения мы пренебрегаем (сопротивлением можно пренебречь), то в законе сохранения полной энергии учитываем энергию взрыва и механическую энергию.

Решение

1. Запишем закон сохранения импульса в проекциях на ось Ox , сонаправленную со скоростью снаряда до разрыва, и закон сохранения энергии:

$$2m \cdot v_0 = mv_1 - mv_2; \quad (1)$$

$$2m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где $2m$ — масса снаряда до взрыва; v_0 — модуль скорости снаряда до взрыва; v_1 — модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда; v_2 — модуль скорости осколка, летящего в сторону, противоположную направлению движения снаряда.

2. Выразим v_0 из уравнения (1) и подставим в уравнение (2):

$$v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2},$$

$$2v_0^2 + \frac{2\Delta E}{m} = v_1^2 + v_2^2,$$

$$\frac{2\Delta E}{m} = v_1^2 + v_2^2 - \frac{2(v_1 - v_2)^2}{4},$$

$$\frac{2(v_1 + v_2)^2}{4} = \frac{2\Delta E}{m}.$$

$$\text{Получим: } \Delta E = \frac{2m(v_1 + v_2)^2}{8} = \frac{6 \cdot (800 + 200)^2}{8} = 0,75 \cdot 10^6 = 0,75 \text{ МДж.}$$

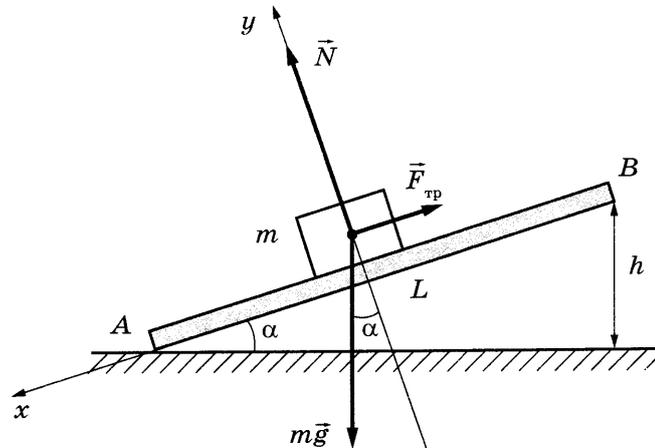
Ответ: $\Delta E = 0,75$ МДж.

Вариант 4

21

Возможное решение

1. На брусок действуют: со стороны Земли — сила тяжести $m\vec{g}$, а со стороны доски — сила реакции, которую представим в виде суммы двух составляющих — нормальной составляющей силы реакции опоры \vec{N} и касательной составляющей — силы трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ (см. рисунок).



2. Систему отсчёта, связанную с Землёй, будем считать инерциальной (ИСО). В этой ИСО доска по условию покоится, а брусок либо покоится, либо движется вдоль оси x с ускорением $a_x > 0$.

3. Установим значения μ , при которых $a_x > 0$. Запишем второй закон Ньютона в проекциях на оси введённой системы координат:

$$\left. \begin{aligned} O_x: mgsin\alpha - F_{\text{тр}} &= ma_x > 0, \\ O_y: N - mg\cos\alpha &= 0. \end{aligned} \right\}$$

При скольжении $F_{\text{тр}} = \mu N$, поэтому в нашем случае $F_{\text{тр}} = \mu mg\cos\alpha$. Следовательно, $mgsin\alpha - \mu mg\cos\alpha > 0$.

Отсюда получим, что $a_x > 0$ и брусок движется при $\mu < tg\alpha$.

В данной задаче $tg\alpha = \frac{h}{\sqrt{L^2 - h^2}}$.

В первом опыте $tg\alpha_1 = \frac{h_1}{\sqrt{L^2 - h_1^2}} = \frac{0,5}{\sqrt{1,3^2 - 0,5^2}} = \frac{5}{12} > \mu = 0,4$.

Во втором опыте $tg\alpha_2 = \frac{h_2}{\sqrt{L^2 - h_2^2}} = \frac{0,78}{\sqrt{1,3^2 - 0,78^2}} = \frac{3}{4} > \mu = 0,4$.

Таким образом, в обоих опытах брусок скользит по доске.

4. Если брусок скользит, то $F_{\text{тр}} = \mu mg\cos\alpha$.

В данной задаче

$$F_{\text{тр}1} = \mu mg\cos\alpha_1 = \mu mg \frac{\sqrt{L^2 - h_1^2}}{L} = 0,4 \cdot mg \frac{\sqrt{1,3^2 - 0,5^2}}{1,3} \approx 0,369 mg;$$

$$F_{\text{тр}2} = \mu mg\cos\alpha_2 = \mu mg \frac{\sqrt{L^2 - h_2^2}}{L} = 0,4 \cdot mg \frac{\sqrt{1,3^2 - 0,78^2}}{1,3} = 0,32 mg;$$

$$\frac{F_{\text{тр}2}}{F_{\text{тр}1}} \approx \frac{0,32}{0,369} < 1.$$

Ответ: во втором опыте по сравнению с первым опытом модуль силы трения уменьшился.

22

Возможное решение

1. Запишем уравнение состояния идеального газа $p = nkT$, откуда получим:

$$n = \frac{p}{kT}.$$

2. Запишем выражение для концентрации молекул газа: $n = \frac{N}{V}$.

3. Тогда искомое отношение числа молекул газа в сосуде в конце и в начале опыта:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{p_2 V_2 T_1}{p_1 V_1 T_2} = \frac{0,6 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 300}{10^3 \cdot 900} = 0,4.$$

Ответ: $\frac{N_2}{N_1} = 0,4$.

23

Возможное решение

Запишем закон Кулона для двух положений зарядов Q и q :

$$F_1 = k \frac{Qq}{AC^2} \text{ и } F_2 = k \frac{Qq}{AB^2}, \text{ откуда } \frac{F_1}{F_2} = \frac{AB^2}{AC^2}.$$

По теореме Пифагора $AB^2 = AC^2 + BC^2$.

$$\text{В итоге: } AB = \frac{BC}{\sqrt{1 - \frac{F_2}{F_1}}} = \frac{0,8}{\sqrt{1 - \frac{9 \cdot 10^{-9}}{25 \cdot 10^{-9}}}} = 1 \text{ м.}$$

Ответ: $AB = 1$ м.

24

Возможное решение

1. Коэффициент полезного действия теплового двигателя определяется формулой

$$\eta = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}, \text{ где } Q_1 \text{ — количество теплоты, полученное за цикл газом от нагревателя,}$$

$|Q_2|$ — количество теплоты, отданное за цикл газом холодильнику. Анализируя график цикла, можно прийти к выводу, что газ получает положительное количество теплоты на изобаре 1–2, отдаёт положительное количество теплоты на изохоре 2–3, а в адиабатном процессе 3–1 количество теплоты $Q_{3-1} = 0$.

Таким образом, $Q_1 = Q_{1-2}$ и $Q_2 = Q_{2-3}$.

2. Согласно первому закону термодинамики для изобарного процесса 1–2

$$Q_1 = Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) + p_1 (V_2 - V_1).$$

С учётом уравнения Клапейрона — Менделеева ($pV = \nu RT$) получаем:

$$Q_1 = Q_{1-2} = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1).$$

Для изохорного процесса 2-3 ($V = \text{const}$; $A = 0$) отданное газом количество теплоты

$$|Q_2| = |Q_{2-3}| = |\Delta U_{2-3}| = \left| \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) \right|.$$

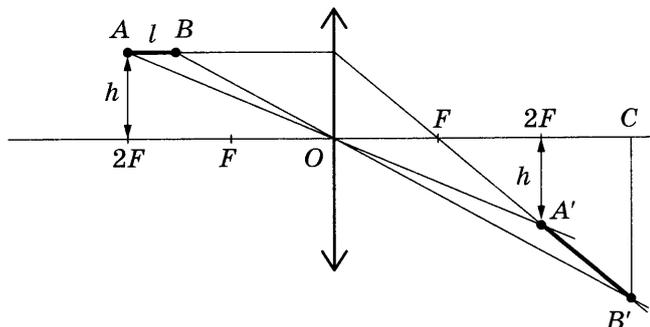
$$3. \text{ Таким образом, } \eta = 1 - \frac{\frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_3)}{\frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1)} = 1 - \frac{3(T_2 - T_3)}{5(T_2 - T_1)}.$$

$$\text{В итоге, } T_1 = T_2 - \frac{3(T_2 - T_3)}{5(1 - \eta)} = 800 - \frac{3 \cdot (800 - 252)}{5 \cdot (1 - 0,178)} = 400 \text{ К.}$$

Ответ: $T_1 = 400 \text{ К.}$

25 **Возможное решение**

1. Построение изображения $A'B'$ предмета AB в линзе показано на рисунке.



2. Так как точка A находится на расстоянии $2F$ от линзы, то её изображение A' также находится на расстоянии $2F$ от линзы, и расстояние от точки A' до главной оптической оси равно h .

$$3. \text{ Из формулы тонкой линзы } \frac{1}{F} = \frac{1}{2F - l} + \frac{1}{OC} \text{ получим: } OC = \frac{F(2F - l)}{F - l} = \frac{20(2 \cdot 20 - 10)}{20 - 10} = 60 \text{ см.}$$

$$4. \frac{B'C}{h} = \frac{OC}{2F - l}. \text{ Отсюда } B'C = \frac{OC \cdot h}{2F - l} = \frac{Fh}{F - l} = \frac{20 \cdot h}{20 - 10} = 2h.$$

$$5. \text{ Длина изображения } L = \sqrt{(OC - 2F)^2 + (B'C - h)^2}.$$

$$\text{Окончательно получим: } h = \sqrt{L^2 - (OC - 2F)^2} = \sqrt{25^2 - (60 - 2 \cdot 20)^2} = 15 \text{ см.}$$

Ответ: $h = 15 \text{ см.}$

26 **Возможное решение**

Обоснование

1. Задачу будем решать в системе отсчёта, связанной с поверхностью Земли, будем считать её инерциальной.

2. Будем считать все тела материальными точками. Трением снаряда и осколков о воздух пренебрежём.
3. Поскольку время разрыва снаряда малó, импульсом внешних сил (сил тяжести) можно пренебречь, а значит, для решения задачи можно воспользоваться законом сохранения импульса.
4. Поскольку работой силы трения мы пренебрегаем (сопротивлением можно пренебречь), то в законе сохранения полной энергии учитываем энергию взрыва и механическую энергию.

Решение

1. Запишем закон сохранения импульса в проекциях на ось Ox , сонаправленную со скоростью снаряда до разрыва, и закон сохранения энергии:

$$2m \cdot v_0 = mv_1 - mv_2; \quad (1)$$

$$2m \cdot \frac{v_0^2}{2} + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}, \quad (2)$$

где $2m$ — масса снаряда до взрыва; v_0 — модуль скорости снаряда до взрыва; v_1 — модуль скорости осколка, летящего по направлению движения снаряда; v_2 — модуль скорости осколка, летящего в сторону, противоположную направлению движения снаряда.

2. Выразим v_0 из уравнения (1) и подставим в уравнение (2):

$$v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2},$$

$$2v_0^2 + \frac{2\Delta E}{m} = v_1^2 + v_2^2,$$

$$\frac{2\Delta E}{m} = v_1^2 + v_2^2 - \frac{2(v_1 - v_2)^2}{4},$$

$$\frac{2(v_1 + v_2)^2}{4} = \frac{2\Delta E}{m}.$$

$$\text{Получим: } 2m = \frac{8\Delta E}{(v_1 + v_2)^2} = \frac{8 \cdot 0,4 \cdot 10^6}{(700 + 100)^2} = 5 \text{ кг.}$$

Ответ: масса снаряда равна 5 кг.

Вариант 5

21

Возможное решение

1. Благодаря явлению самоиндукции ток в катушке меняется медленно. После размыкания ключа K ток через катушку L является током в образовавшейся замкнутой цепи и медленно уменьшается со значения I_2 до нуля.
2. После размыкания ключа K резистор и катушка соединены последовательно, поэтому ток через резистор станет таким же, как ток в катушке, то есть изменит направление на противоположное (справа налево) и быстро достигнет значения около 1,5 А. Затем ток уменьшится до 0.

3. Ток через резистор после размыкания ключа K меняет направление на противоположное и быстро достигает значения около 1,5 А. Затем ток уменьшается до 0.

22

Возможное решение

Так как льдина плавает,

$$F_A = mg,$$

$$\rho_B g(H-h)S = \rho_L gHS,$$

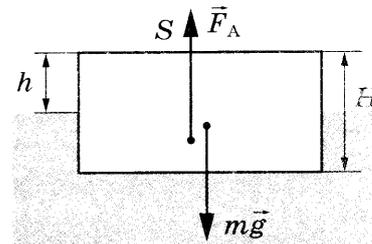
где ρ_B — плотность воды,

ρ_L — плотность льда,

H — толщина льдины,

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

$$m = \rho_L SH = \frac{\rho_L \rho_B Sh}{\rho_B - \rho_L} = \frac{1000 \cdot 900 \cdot 5000 \cdot 10^{-4} \cdot 0,01}{1000 - 900} = 45 \text{ кг.}$$



Ответ: $m = 45$ кг.

23

Возможное решение

1. КПД 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 фигуры, 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: $\eta \approx 24\%$.

24

Возможное решение

1. Определим степень изотермического сжатия, при которой пар станет насыщенным. При этом учтём, что при 100°C давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению $p_H = p_{\text{атм}} = 10^5$ Па. Для этого воспользуемся законом Бойля — Мариотта $p_{\text{п1}}V_1 = p_HV_2$. Поскольку начальная относительная влажность воздуха равна $\varphi = \frac{p_{\text{п1}}}{p_H} = 0,7$, то $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_H}{p_{\text{п1}}} = \frac{p_H}{0,7p_H} = \frac{10}{7} < 3$. Следовательно, при изотермическом уменьшении объёма в 3 раза пар станет насыщенным.

2. Определим начальное и конечное парциальное давление сухого воздуха, воспользовавшись законами Дальтона и Бойля — Мариотта:

$$p_{в1} = p_1 - p_{п1} = p_1 - \varphi p_{н} = 10^5 - 0,7 \cdot 10^5 = 0,3 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$p_{в2} = p_{в1} \cdot \frac{V_1}{V_2} = 0,3 \cdot 10^5 \cdot 3 = 0,9 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

3. Определим конечное давление влажного воздуха в сосуде с помощью закона Дальтона: $p_2 = p_{в2} + p_{п2} = p_{в2} + p_{н} = 0,9 \cdot 10^5 + 10^5 = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

4. При нагревании влажного воздуха без изменения объёма водяной пар будет оставаться ненасыщенным, а значит, влажный воздух можно считать идеальным газом с постоянным количеством вещества, для изохорного нагревания которого можно применить закон Шарля: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. Таким образом, для того чтобы получить такое же конечное давление без изменения объёма, температуру воздуха необходимо увеличить до $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 373 \cdot \frac{1,9 \cdot 10^5}{10^5} \approx 709 \text{ К}$.

Ответ: $T_2 \approx 709 \text{ К}$.

25

Возможное решение

1. Закон Ома для полной цепи в первом и во втором случаях:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}, \quad (1)$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}. \quad (2)$$

2. Соответствующая им мощность, выделяющаяся во внешней цепи:

$$N_1 = I_1^2 R_1, \quad (3)$$

$$N_2 = I_2^2 R_2. \quad (4)$$

3. Решая систему уравнений (1)–(4), получаем:

$$\mathcal{E} = \frac{I_1 I_2}{I_2 - I_1} \left(\frac{N_1}{I_1^2} - \frac{N_2}{I_2^2} \right) = \frac{1 \cdot 5}{5 - 1} \left(\frac{8}{1} - \frac{20}{25} \right) = 9 \text{ В}.$$

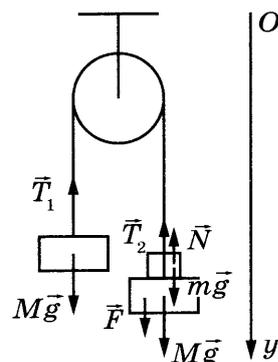
Ответ: $\mathcal{E} = 9 \text{ В}$.

26

Возможное решение

Обоснование

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



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

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

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

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

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

Решение

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

$(M + m)a = (M + m)g - T$ — брусок с грузом (можно считать одним телом),
 $-Ma = Mg - T$ — брусок без груза.

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{mg}{2M + m}.$$

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза m . В проекциях на ось Oy получим:

$$ma = mg - N.$$

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:

$$N = m(g - a) = mg \cdot \frac{2M}{2M + m}.$$

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

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

Ответ: $m = 0,24$ кг.

Вариант 6

21

Возможное решение

1. Благодаря явлению самоиндукции ток в катушке меняется медленно. После размыкания ключа K ток через катушку L является током в образовавшейся замкнутой цепи и медленно уменьшается со значения I_1 до нуля.

2. После размыкания ключа K резистор и катушка соединены последовательно, поэтому ток через резистор станет таким же, как ток в катушке, то есть изменит направление на противоположное (слева направо) и быстро достигнет значения около 0,2 А. Затем ток уменьшится до 0.

Ответ: Ток через резистор после размыкания ключа K меняет направление на противоположное и быстро достигает значения около 0,2 А. Затем ток уменьшается до 0.

22

Возможное решение

Так как льдина плавает,

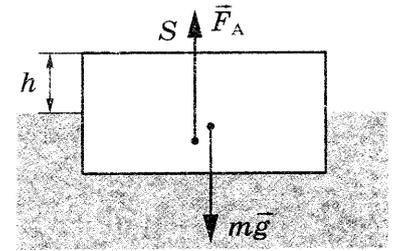
$$F_A = mg,$$

$$\rho_B g(H-h)S = \rho_L gHS,$$

где ρ_B — плотность воды,

ρ_L — плотность льда,

H — толщина льдины,



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

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

Ответ: $S = 0,75 \text{ м}^2$.

23

Возможное решение

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

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

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

24

Возможное решение

1. Определим степень изотермического сжатия, при которой пар станет насыщенным. При этом учтём, что при 100°C давление насыщенного водяного пара равно нормальному атмосферному давлению $p_H = p_{\text{атм}} = 10^5 \text{ Па}$. Для этого воспользуемся законом Бойля — Мариотта $p_{H1}V_1 = p_H V_2$. Поскольку начальная относительная влажность воздуха равна $\varphi = \frac{p_{H1}}{p_H} = 0,6$, то $\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_H}{p_{H1}} = \frac{p_H}{0,6p_H} = \frac{5}{3} < 2,5$. Следовательно, при изотермическом уменьшении объёма в 2,5 раза пар станет насыщенным.

2. Определим начальное и конечное парциальное давление сухого воздуха, воспользовавшись законами Дальтона и Бойля — Мариотта:

$$p_{в1} = p_1 - p_{п1} = p_1 - \varphi p_n = 10^5 - 0,6 \cdot 10^5 = 0,4 \cdot 10^5 \text{ Па,}$$

$$p_{в2} = \frac{p_{в1} V_1}{V_2} = 2,5 \cdot 0,4 \cdot 10^5 = 10^5 \text{ Па.}$$

3. Определим конечное давление влажного воздуха в сосуде с помощью закона Дальтона: $p_2 = p_{в2} + p_{п2} = p_{в2} + p_n = 10^5 + 10^5 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па.}$

4. При нагревании влажного воздуха без изменения объёма водяной пар будет оставаться ненасыщенным, а значит, влажный воздух можно считать идеальным газом с постоянным количеством вещества, для изохорного нагревания которого

можно применить закон Шарля: $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$. Таким образом, для того чтобы получить

такое же конечное давление без изменения объёма, температуру газа необходимо увеличить в $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_2}{p_1} = \frac{2 \cdot 10^5}{10^5} = 2$ раза.

Ответ: $\frac{T_2}{T_1} = 2$.

25

Возможное решение

1. Закон Ома для полной цепи в первом и во втором случаях:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r}, \tag{1}$$

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}. \tag{2}$$

2. Соответствующая им мощность, выделяющаяся во внешней цепи:

$$N_1 = I_1^2 R_1, \tag{3}$$

$$N_2 = I_2^2 R_2. \tag{4}$$

3. Решая систему уравнений (1)–(4), получаем:

$$r = \frac{N_1 I_2 - N_2 I_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} = \frac{4 \cdot 5 - 10 \cdot 1}{1 \cdot 5 (5 - 1)} = 0,5 \text{ Ом.}$$

Ответ: $r = 0,5 \text{ Ом.}$

26

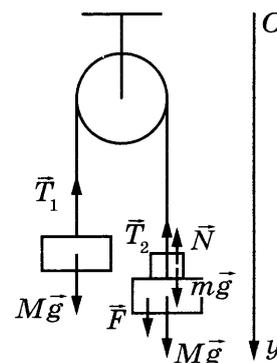
Возможное решение

Обоснование

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

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

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



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

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

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

Решение

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

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

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

Вычитая второе уравнение из первого, найдём ускорение тел:

$$a = \frac{mg}{2M + m}.$$

2. Отдельно запишем второй закон Ньютона для груза m . В проекциях на ось Oy получим:

$$ma = mg - N.$$

Тогда сила реакции бруска, действующая на груз, равна:

$$N = m(g - a) = mg \cdot \frac{2M}{2M + m}.$$

3. Окончательно получим $F = N = \frac{2Mmg}{2M + m} = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 0,2 \cdot 10}{2 \cdot 0,9 + 0,2} = 1,8 \text{ Н.}$

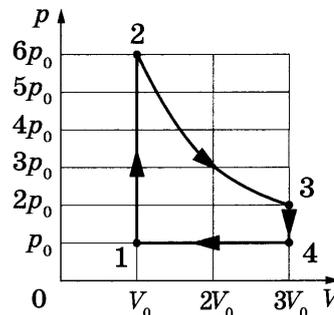
Ответ: $F = 1,8 \text{ Н.}$

Вариант 7

21

Возможное решение

1. Модуль работы газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1: $A_{23} > A_{41\text{Вн}}$.



2. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком в координатах p – V , где p — давление газа, V — объём газа, перестроим график цикла в этих координатах.

Процесс 1–2 является *изохорным*, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 6 раз, а значит, при $v = \text{const}$, согласно закону Шарля $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$, и давление газа увеличилось в 6 раз.

Процесс 2–3 является изотермическим, в координатах p – V его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля — Мариотта ($pV = \text{const}$), увеличение объёма газа в 3 раза приведёт к уменьшению в 3 раза его давления.

В процессе 3–4 газ изохорно уменьшил свою абсолютную температуру и давление в 2 раза, а в процессе 4–1 — изобарно, поскольку его график проходит через начало координат, вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что модуль работы газа в процессе 2–3 численно равен площади под гиперболой 2–3 и $A_{23} > 2p_0(3V_0 - V_0) = 4p_0V_0$, а модуль работы внешних сил в процессе 4–1 $A_{41Вн} = p_0(3V_0 - V_0) = 2p_0V_0$.

Таким образом, $A_{23} > A_{41Вн}$.

22

Возможное решение

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

$E_{P\text{max}} = E_P(t) + E_K(t)$, где $E_P(t)$ — потенциальная энергия деформированной пружины и $E_K(t)$ — кинетическая энергия груза в момент времени t , $E_{P\text{max}}$ — максимальная потенциальная энергия деформированной пружины.

Используя формулу для потенциальной энергии деформированной пружины,

получим
$$\frac{kx_{\text{max}}^2}{2} = \frac{k(x(t))^2}{2} + E_K(t).$$

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

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

Ответ: $E_K(0,6) \approx 2$ Дж.

23

Возможное решение

Построим изображение предмета в линзе, используя свойства луча, проходящего через оптический центр линзы, и луча, параллельного её главной оптической оси.

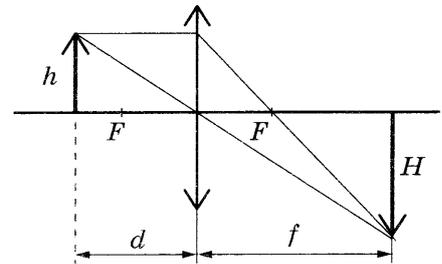
По формуле тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

Увеличение линзы $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$.

Следовательно, $f = \Gamma d$.

Найдём фокусное расстояние линзы: $F = \frac{\Gamma d}{\Gamma + 1} = \frac{2 \cdot 30}{2 + 1} = 20$ см.

Ответ: $F = 20$ см.



24

Возможное решение

Поскольку сосуды теплоизолированы, а газы при открытии вентиля работу не совершают, то в соответствии с первым началом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3\nu_1 RT_1}{2} + \frac{3\nu_2 RT_2}{2} = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2) RT_{\text{конечн}}$$

откуда $T_{\text{конечн}} = \frac{5}{3}T_1$.

В соответствии с уравнением Клапейрона — Менделеева для парциальных давлений газов после открывания вентиля имеем:

$$p_1 = \frac{\nu_1 RT_{\text{конечн}}}{3V},$$

$$p_2 = \frac{\nu_2 RT_{\text{конечн}}}{3V}.$$

Согласно закону Дальтона для суммарного давления смеси газов получаем:

$$p = p_1 + p_2 = \frac{(\nu_1 + \nu_2)RT_{\text{конечн}}}{3V} = \frac{\nu_1 RT_{\text{конечн}}}{V} = \frac{5}{3} \frac{\nu_1 RT_1}{V}.$$

Ответ: $p = \frac{5}{3} \frac{\nu_1 RT_1}{V}$.

25

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 конденсатора, заряженного до напряжения U , $E = CU^2/2$, то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении 1 ключа $n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{CU_2^2/2}{CU_1^2/2} = \frac{U_2^2}{U_1^2}$.

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: $n = 16$.

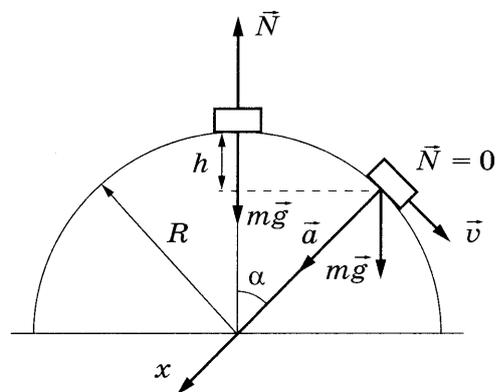
26

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 механической 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 $v^2 = \frac{2gR}{3}$.

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

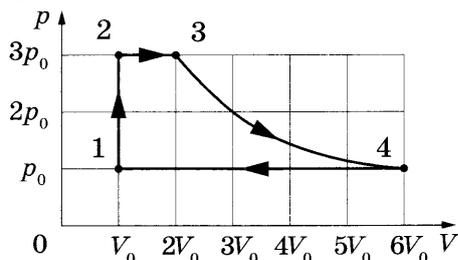
Ответ: $R = 3,75$ м.

Вариант 8

21

Возможное решение

1. Модуль работы газа в процессе 2–3 меньше работы в процессе 3–4: $A_{23} < A_{34}$.



2. Поскольку работа газа в термодинамике численно равна площади фигуры под графиком в координатах p – V , где p — давление газа, V — объём газа, перестроим график цикла в этих координатах.

Процесс 1–2 является *изохорным*, в нём абсолютная температура газа увеличилась в 3 раза, а значит, при $v = \text{const}$, согласно закону Шарля $\left(\frac{p}{T} = \text{const}\right)$, и давление газа увеличилось в 3 раза.

Процесс 2–3 является *изобарным*, в координатах p – V его графиком является горизонтальная прямая. Согласно закону Гей-Люссака $\left(\frac{V}{T} = \text{const}\right)$, увеличение абсолютной температуры газа в 2 раза приведёт к увеличению в 2 раза его объёма.

Процесс 3–4 является *изотермическим*, в координатах p – V его графиком является гипербола. Согласно закону Бойля — Мариотта ($pV = \text{const}$) уменьшение давления в 3 раза приведёт к увеличению в 3 раза объёма газа.

В процессе 4–1 газ изобарно вернулся в исходное состояние (см. рисунок).

3. Из графика видно, что работа газа в процессе 2–3 равна $A_{23} = 3p_0(2V_0 - V_0) = 3p_0V_0$, а работа газа в процессе 3–4 численно равна площади под гиперболой 3–4 и $A_{34} > 5p_0V_0$.

Таким образом, $A_{23} < A_{34}$.

22

Возможное решение

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

$E_{p\max} = E_p(t) + E_k(t)$, где $E_p(t)$ — потенциальная энергия деформированной пружины и $E_k(t)$ — кинетическая энергия груза в момент времени t , $E_{p\max}$ — максимальная потенциальная энергия деформированной пружины.

Используя формулу для потенциальной энергии деформированной пружины,

получим $\frac{kx_{\max}^2}{2} = \frac{k(x(t))^2}{2} + E_k(t)$.

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

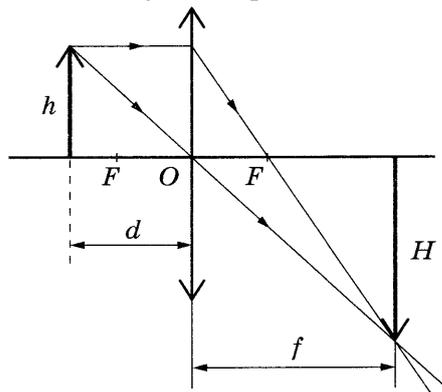
$$E_k(0,6) = \frac{k[x_{\max}^2 - x(1,4)^2]}{2} = \frac{150 \cdot [0,2^2 - 0,142^2]}{2} \approx 1,5 \text{ Дж.}$$

Ответ: $E_k(1,4) \approx 1,5$ Дж.

23

Возможное решение

Построим изображение предмета в линзе, используя свойства луча, проходящего через оптический центр линзы, и луча, параллельного её главной оптической оси.



По формуле тонкой линзы $D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$.

Увеличение линзы $\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}$. Следовательно, $f = \Gamma d$.

Найдём расстояние от предмета до линзы: $D = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma d} \Rightarrow d = \frac{\Gamma + 1}{\Gamma D} = \frac{4 + 1}{4 \cdot 5} = 0,25$ м.

Ответ: $d = 0,25$ м.

24

Возможное решение

Поскольку сосуды теплоизолированы, а газы при открытии вентиля работу не совершают, то в соответствии с первым началом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3v_1RT_1}{2} + \frac{3v_2RT_2}{2} = \frac{3}{2}(v_1 + v_2)RT_{\text{конечн}},$$

откуда $T_{\text{конечн}} = 2,5T_1$.

В соответствии с уравнением Клапейрона — Менделеева для парциальных давлений газов после открывания вентиля имеем:

$$p_1 = \frac{v_1RT_{\text{конечн}}}{V_1 + V_2},$$

$$p_2 = \frac{v_2RT_{\text{конечн}}}{V_1 + V_2}.$$

Согласно закону Дальтона для суммарного давления смеси газов получаем:

$$p = p_1 + p_2 = \frac{(v_1 + v_2)RT_{\text{конечн}}}{V_1 + V_2} = \frac{4v_1RT_{\text{конечн}}}{2,5V} = \frac{4v_1RT_1}{V}.$$

Ответ: $p = \frac{4v_1RT_1}{V}$.

25

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 конденсатора, заряженного до напряжения U , $E = CU^2/2$, то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении 1

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

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 $U_2 = I(R_1 + R_2)$.

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

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

Ответ: $\frac{R_2}{R_1} = 2$.

26

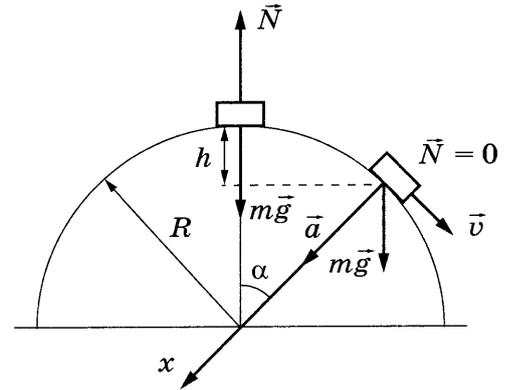
Возможное решение**Обоснование**

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 механической 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.

Вариант 9

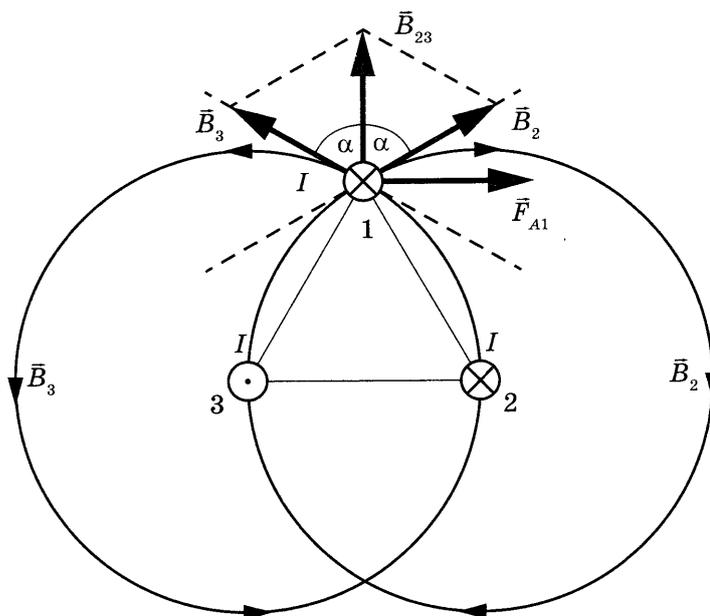
21

Возможное решение

1. На проводник 1 со стороны проводников 2 и 3 действует результирующая сила, направленная горизонтально вправо (см. рисунок).

2. Вокруг проводников с током 2 и 3 возникают магнитные поля, линии индукции которых являются окружностями. Направление линий индукции магнитных полей определяется правилом буравчика (см. рисунок). Вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля в области проводника 1 определяется принципом суперпозиции: $\vec{B}_{23} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$, где \vec{B}_2 и \vec{B}_3 — векторы индукции магнитных полей, созданных проводниками 2 и 3. Поскольку проводник 1 находится на одинаковом

расстоянии a от каждого из проводников 2 и 3 и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то $|\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$.



3. Из геометрических построений видно, что угол между векторами \vec{B}_2 и \vec{B}_3 составляет 120° , а значит, $\alpha = 60^\circ$. Следовательно, вектор индукции результирующего магнитного поля \vec{B}_{23} , созданного проводниками 2 и 3, направлен вертикально вверх (см. рисунок).

4. Со стороны результирующего магнитного поля \vec{B}_{23} на проводник 1 с током действует сила Ампера \vec{F}_{A1} , направление которой определяется правилом левой руки. Таким образом, результирующая сила, действующая на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3, направлена горизонтально вправо.

22

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:

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

В итоге 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: $F = 0,8 \text{ Н.}$

23

Возможное решение

Согласно уравнению теплового баланса $Q_1 + Q_2 = 0$, где Q_1 и Q_2 — количества теплоты, полученные соответственно водой в термосе и бутылочкой.

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1) \quad \text{и} \quad Q_2 = C(t - t_2),$$

где m_1 — масса воды, t_1 и t_2 — начальные температуры воды и бутылочки соответственно, c_1 и C — удельная теплоёмкость воды и теплоёмкость бутылочки, t — конечная температура тел.

В итоге определим теплоёмкость бутылочки:

$$C = \frac{c_1 m_1 (t_1 - t)}{t - t_2} = \frac{4200 \cdot 0,4 (45 - 36)}{36 - 18} = 840 \text{ Дж/К.}$$

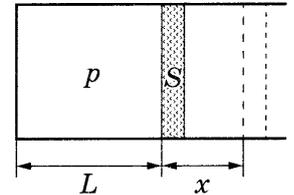
Ответ: $C = 840 \text{ Дж/К.}$

24

Возможное решение

1. Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга: $p_2 S = F_{\text{тр}}$, откуда

$$p_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{S} = 12 \cdot 10^5 \text{ Па} > p_1.$$



2. Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения p_2 . В этом процессе согласно первому началу термодинамики газ получает количество теплоты $Q_{12} = U_2 - U_1$.

Затем поршень будет сдвигаться, увеличивая объём газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ, согласно первому началу термодинамики, получает количество теплоты $Q_{23} = (U_3 - U_2) + A_{23}$.

3. В процессе нагревания газ получит количество теплоты

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + p_2 S x = (U_3 - U_1) + F_{\text{тр}} x.$$

4. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа (с учётом уравнения Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$):

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} p_1 S L \text{ — в начальном состоянии;}$$

$$U_3 = \frac{3}{2} \nu RT_3 = \frac{3}{2} p_2 S (L + x) = \frac{3}{2} F_{\text{тр}} (L + x) \text{ — в конечном состоянии.}$$

5. Из п. 3, 4 получаем

$$x = \frac{Q - 1,5 \cdot (F_{\text{тр}} - p_1 S) L}{2,5 F_{\text{тр}}} = \frac{2,4 \cdot 10^3 - 1,5 \cdot (3 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,3}{2,5 \cdot 3 \cdot 10^3} = 0,2 \text{ м.}$$

Ответ: $x = 0,2 \text{ м.}$

25

Возможное решение

1. Модуль скорости шарика в момент касания пластины равен

$$V = \sqrt{V_{\Gamma}^2 + V_{\text{В}}^2}, \quad (1)$$

где V_{Γ} и $V_{\text{В}}$ — проекции скорости шарика на горизонтальную и вертикальную оси.

2. Запишем выражения для проекций скорости шарика с учётом условия задачи:

$$V_{\Gamma} = a_{\text{эл}} t \text{ и } V_{\text{В}} = gt, \quad (2)$$

где t — время движения шарика, $a_{\text{эл}}$ — проекция ускорения шарика на горизонтальную ось. Время движения шарика находим из соотношения

$$\frac{d}{2} = \frac{a_{\text{эл}} t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a_{\text{эл}}}}. \quad (3)$$

3. Используя второй закон Ньютона и формулу расчёта модуля силы, действующей на заряд в электрическом поле, $F = QE$, выражаем проекцию ускорения заряда в электрическом поле:

$$a_{\text{эл}} = \frac{EQ}{M}. \quad (4)$$

4. С учётом уравнений (1)–(4) получаем

$$V = \sqrt{\frac{EQd}{M} + \frac{g^2Md}{EQ}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11} \cdot 0,2}{1,5 \cdot 10^{-6}} + \frac{10^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2}{3 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}} = 2 \text{ м/с.}$$

Ответ: $V = 2 \text{ м/с.}$

26

Возможное решение

Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).
2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).
3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.
4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение

1. Высота конца палочки относительно дна стакана

$$H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06 \text{ м,}$$

где l — длина палочки, R — радиус стакана.

2. Модуль силы Архимеда

$$F_A = \rho_{\text{ж}} \left(\frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h}{H} mg,$$

где V — объём палочки, ρ — её плотность, $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкости, m — масса палочки.

3. Поскольку палочка покоится, можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , то есть записать это правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

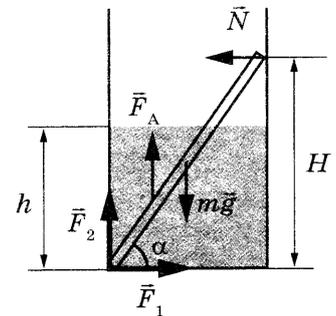
$$mgR - F_{\text{Арх}} \left(\frac{h}{2} \text{ctg } \alpha \right) - NH = 0,$$

$$mgR - mg \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h^2}{2H} \text{ctg } \alpha - NH = 0,$$

где $\text{ctg } \alpha = \frac{2R}{H}$.

4. По третьему закону Ньютона сила \vec{N} по модулю равна силе, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Следовательно,

$$h = \sqrt{2H \text{tg } \alpha \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - H \frac{N}{mg} \right)} = \sqrt{\frac{H^2}{R} \cdot \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - \frac{N}{mg} H \right)}.$$



Окончательно получим

$$\rho_{\text{ж}} = \frac{H^2 \rho}{h^2} \cdot \left(1 - \frac{NH}{mgR}\right) = \frac{0,06^2 \cdot 2700}{0,05^2} \cdot \left(1 - \frac{9,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 0,04}\right) = 810 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho_{\text{ж}} = 810 \text{ кг/м}^3$.

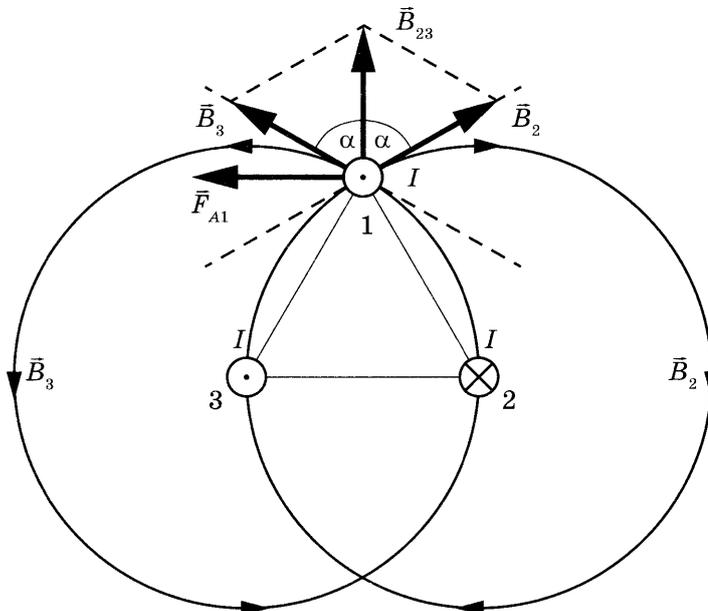
Вариант 10

21

Возможное решение

1. На проводник 1 со стороны проводников 2 и 3 действует результирующая сила, направленная горизонтально влево (см. рисунок).

2. Вокруг проводников с током 2 и 3 возникают магнитные поля, линии индукции которых являются окружностями. Направление линий индукции магнитных полей определяется правилом буравчика (см. рисунок). Вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля в области проводника 1 определяется принципом суперпозиции: $\vec{B}_{23} = \vec{B}_2 + \vec{B}_3$, где \vec{B}_2 и \vec{B}_3 — векторы индукции магнитных полей, созданных проводниками 2 и 3. Поскольку проводник 1 находится на одинаковом расстоянии a от каждого из проводников 2 и 3 и по проводникам протекают токи одинаковой силы, то $|\vec{B}_2| = |\vec{B}_3| = B$.



3. Из геометрических построений видно, что угол между векторами \vec{B}_2 и \vec{B}_3 составляет 120° , а значит, $\alpha = 60^\circ$. Следовательно, вектор индукции результирующего магнитного поля \vec{B}_{23} , созданного проводниками 2 и 3, направлен вертикально вверх (см. рисунок).

4. Со стороны результирующего магнитного поля \vec{B}_{23} на проводник 1 с током действует сила Ампера \vec{F}_{A1} , направление которой определяется правилом левой руки. Таким образом, результирующая сила, действующая на проводник 1 со стороны проводников 2 и 3, направлена горизонтально влево.

22

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 $ta = T - mg$.

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:

$$F = mg + \mu Mg + (M + m) \cdot a = 0,5 \cdot 10 + 0,2 \cdot 0,8 \cdot 10 + (0,8 + 0,5) \cdot 2 = 9,2 \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 9,2 \text{ Н.}$

23

Возможное решение

Согласно уравнению теплового баланса,

$$Q_1 + Q_2 = 0,$$

где Q_1 и Q_2 — количества теплоты, полученные соответственно водой в термосе и бутылочкой.

$$Q_1 = c_1 m_1 (t - t_1) \quad \text{и} \quad Q_2 = C(t - t_2),$$

где m_1 — масса воды, t_1 и t_2 — начальные температуры воды и бутылочки соответственно, c_1 и C — удельная теплоёмкость воды и теплоёмкость бутылочки, t — конечная температура тел.

В итоге определим начальную температуру бутылочки:

$$t_2 = t + \frac{c_1 m_1 (t - t_1)}{C} = 41 + \frac{4200 \cdot 0,5(36 - 41)}{525} = 21 \text{ }^\circ\text{C.}$$

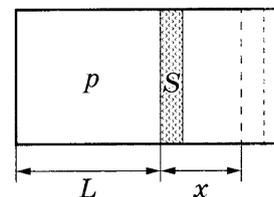
Ответ: $t_2 = 21 \text{ }^\circ\text{C.}$

24

Возможное решение

1. Поршень будет медленно двигаться, если сила давления газа на поршень и сила трения со стороны стенок сосуда уравновесят друг друга: $p_2 S = F_{\text{тр}}$, откуда

$$p_2 = \frac{F_{\text{тр}}}{S} = 12 \cdot 10^5 \text{ Па} > p_1.$$



2. Поэтому при нагревании газа поршень будет неподвижен, пока давление газа не достигнет значения p_2 . В этом процессе согласно первому началу термодинамики газ получает количество теплоты $Q_{12} = U_2 - U_1$.

Затем поршень будет сдвигаться, увеличивая объём газа, при постоянном давлении. В этом процессе газ согласно первому началу термодинамики получает количество теплоты $Q_{23} = (U_3 - U_2) + A_{23}$.

3. В процессе нагревания газ получит количество теплоты

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = (U_3 - U_1) + p_2 S x = (U_3 - U_1) + F_{\text{тр}} x.$$

4. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа (с учётом уравнения Менделеева — Клапейрона $pV = \nu RT$):

$$U_1 = \frac{3}{2} \nu RT_1 = \frac{3}{2} p_1 S L \quad \text{— в начальном состоянии;}$$

$$U_3 = \frac{3}{2} \nu RT_3 = \frac{3}{2} p_2 S (L + x) = \frac{3}{2} F_{\text{тр}} (L + x) \quad \text{— в конечном состоянии.}$$

5. Из п. 3, 4 получаем:

$$Q = \frac{5}{2} F_{\text{тр}} x + \frac{3}{2} (F_{\text{тр}} - p_1 S) L = \frac{5}{2} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot 0,05 + \frac{3}{2} (3 \cdot 10^3 - 4 \cdot 10^5 \cdot 25 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,2 = 975 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q = 975 \text{ Дж.}$

25

Возможное решение

1. Модуль скорости шарика в момент касания пластины равен

$$V = \sqrt{V_r^2 + V_b^2}, \quad (1)$$

где V_r и V_b — проекции скорости шарика на горизонтальную и вертикальную оси.

2. Запишем выражения для проекций скорости шарика с учётом условия задачи:

$$V_r = a_{эл} t \text{ и } V_b = gt, \quad (2)$$

где t — время движения шарика, $a_{эл}$ — проекция ускорения шарика на горизонтальную ось.

Время движения шарика находим из соотношения

$$\frac{d}{2} = \frac{a_{эл} t^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{d}{a_{эл}}}. \quad (3)$$

3. Используя второй закон Ньютона и формулу расчёта модуля силы, действующей на заряд в электрическом поле, $F = QE$, выражаем проекцию ускорения заряда

$$\text{в электрическом поле: } a_{эл} = \frac{EQ}{M}. \quad (4)$$

4. С учётом уравнений (2)–(4) получаем

$$d = \frac{V^2}{\frac{EQ}{M} + \frac{g^2 M}{EQ}} = \frac{2^2}{\frac{6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}{3 \cdot 10^{-6}} + \frac{10^2 \cdot 3 \cdot 10^{-6}}{6 \cdot 10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-11}}} = 0,2 \text{ м.}$$

Ответ: $d = 0,2$ м.

26

Возможное решение**Обоснование**

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

2. Описываем палочку моделью твёрдого тела (форма и размеры тела неизменны).

3. Поскольку палочка находится в покое относительно вращательного движения, сумма моментов внешних сил, действующих на неё, равна нулю относительно любой оси. Для удобства выберем ось, проходящую перпендикулярно плоскости рисунка через левый нижний конец палочки. Относительно этой оси сумма моментов внешних сил, действующих на палочку, равна нулю в равновесии.

4. Согласно третьему закону Ньютона силы, с которыми палочка и стакан взаимодействуют друг с другом, равны по модулю и направлены в противоположные стороны.

Решение

1. Высота конца палочки относительно дна стакана

$$H = \sqrt{l^2 - 4R^2} = \sqrt{0,1^2 - 4 \cdot 0,04^2} = 0,06 \text{ м,}$$

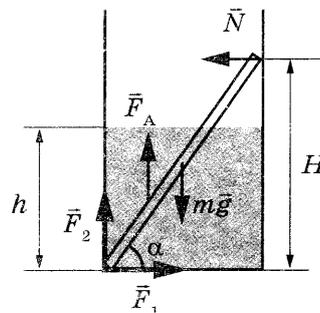
где l — длина палочки, R — радиус стакана.

2. Модуль силы Архимеда

$$F_A = \rho_{ж} \left(\frac{h}{H} V \right) g = \frac{\rho_{ж}}{\rho} \frac{h}{H} mg,$$

где V — объём палочки, ρ — её плотность, $\rho_{ж}$ — плотность жидкости, m — масса палочки.

3. Поскольку палочка покоится, можно записать правило моментов так, чтобы исключить из него упоминание неизвестных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , то есть записать это



правило относительно оси, проходящей перпендикулярно рисунку через нижний конец палочки:

$$mgR - F_{\text{Арх}} \left(\frac{h}{2} \text{ctg } \alpha \right) - NH = 0,$$

$$\text{т. е. } mgR - mg \frac{\rho_{\text{ж}}}{\rho} \frac{h^2}{2H} \text{ctg } \alpha - NH = 0,$$

где $\text{ctg } \alpha = \frac{2R}{H}$.

4. По третьему закону Ньютона сила \vec{N} по модулю равна силе, с которой верхний конец палочки давит на стенку стакана. Следовательно,

$$\begin{aligned} h &= \sqrt{2H \text{tg } \alpha \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - H \frac{N}{mg} \right)} = \sqrt{\frac{H^2}{R} \cdot \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} \left(R - \frac{N}{mg} H \right)} = \\ &= \sqrt{\frac{36 \cdot 10^{-4}}{0,04} \cdot \frac{1}{0,75} \left(0,04 - \frac{8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06}{1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 10} \right)} = 0,04 \text{ м} = 4 \text{ см.} \end{aligned}$$

Ответ: $h = 4$ см.

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*
Художественный редактор *О. Медведева*
Технический дизайнер *В. Дронов*
Компьютерная вёрстка *Т. Серёда*
Корректор *А. Князева*

Подписано в печать 23.09.2025. Формат 60×90^{1/8}.
Усл. печ. л. 16,0. Печать офсетная. Бумага типографская.
Тираж 5 000 экз. Заказ Ц-2165.

ООО «Издательство «Национальное образование»
119021, Москва, ул. Россолимо, д. 17, стр. 1, тел.: +7 (495) 788-00-75(76)

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

Отпечатано в типографии ООО «Экопейпер».
420044, Россия, г. Казань, пр. Ямашева, д. 36Б.