

**Тренировочная работа №4
по ФИЗИКЕ**

16 мая 2011 года

11 класс

Вариант № 1

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

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

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 (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13600 кг/м ³

Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		

Удельная теплота

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

Нормальные условия: давление 10^5 Па, температура 0°C

Молярная масса

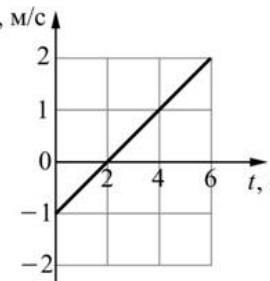
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (А1–А25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

А1

Материальная точка движется прямолинейно вдоль оси OX . На рисунке приведен график зависимости проекции скорости v_x этой точки на ось OX от времени t . Чему равен модуль ускорения этой материальной точки?



- 1) $1/3$ м/с² 2) $0,5$ м/с² 3) 3 м/с² 4) 2 м/с²

А2

Тело массой 6 кг движется вдоль оси OX . В таблице приведена зависимость проекции скорости v_x этого тела на ось OX от времени t .

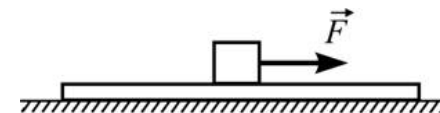
Чему равна проекция на ось OX силы, действующей на тело?

$t, \text{с}$	0	1	2	3	4
$v_x, \text{м/с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0

- 1) 12 Н 2) 8 Н 3) 6 Н 4) 3 Н

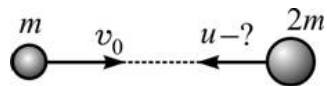
А3

На гладком горизонтальном столе лежит доска, а на ней – кубик. К кубику прикладывают горизонтально направленную силу \vec{F} , в результате чего вся система начинает двигаться по столу. Куда направлена сила трения, действующая со стороны кубика на доску?



- 1) влево (\leftarrow)
 2) вправо (\rightarrow)
 3) может быть направлена и влево (\leftarrow), и вправо (\rightarrow).
 4) сила трения, действующая со стороны кубика на доску, равна нулю.

A4 Два тела движутся навстречу друг другу так, как показано на рисунке. Каким должен быть модуль скорости u второго тела для того, чтобы после соударения и слипания тела продолжали двигаться влево?



- 1) $u > v_0$ 2) $u \geq v_0$ 3) $u > v_0/2$ 4) $u \geq v_0/2$

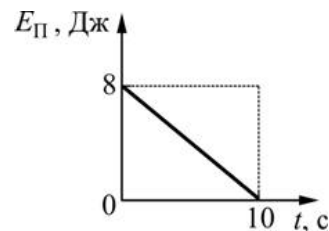
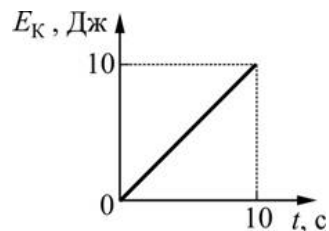
A5 Первоначально недеформированную пружину медленно растянули. При этом сила упругости пружины

- 1) совершила положительную работу.
- 2) совершила отрицательную работу.
- 3) не совершила работы.
- 4) могла совершить как положительную, так и отрицательную работу.

A6 При колебаниях математического маятника (тяжелой бусинки, подвешенной на длинной легкой нити) кинетическая энергия бусинки принимает максимальное значение

- 1) 1 раз за период колебаний 2) 2 раза за период колебаний
- 3) 3 раза за период колебаний 4) 4 раза за период колебаний

A7 На рисунке приведены графики зависимостей кинетической энергии E_K тела от времени и потенциальной энергии E_{II} этого же тела от времени. Как изменяется в течение первых десяти секунд полная механическая энергия этого тела?



- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) однозначно ответить нельзя

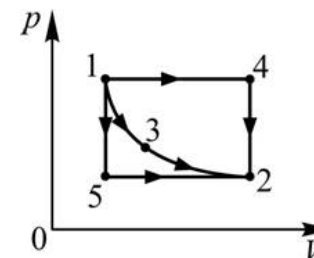
A8 Температура идеального газа уменьшилась. При этом его давление

- 1) увеличилось.
- 2) уменьшилось.
- 3) не изменилась.
- 4) могло и увеличиться, и уменьшиться, и остаться без изменений.

A9 В замкнутом жестком сосуде находятся 1 моль азота и 1 моль кислорода. В сосуд добавили 4 моля азота, поддерживая температуру постоянной. Как в результате изменилось давление в сосуде?

- 1) увеличилось в 4 раза 2) увеличилось в 2 раза
- 3) увеличилось в 3 раза 4) увеличилось в 6 раз

A10 На pV -диаграмме показаны процессы, совершаемые над одним молем идеального газа. Точки 1, 2 и 3 лежат на одной изотерме. В каком процессе газ обменялся с окружающими телами наибольшим суммарным количеством теплоты?



- 1) 1→4→2
- 2) 1→3→2
- 3) 1→5→2
- 4) Во всех трех процессах газ получил от нагревателя одинаковое количество теплоты.

A11 КПД теплового двигателя можно увеличить путем

- 1) увеличения температуры тела, используемого в качестве нагревателя.
- 2) увеличения температуры тела, используемого в качестве холодильника.
- 3) уменьшения температуры тела, используемого в качестве нагревателя.
- 4) одновременного увеличения температуры тела, используемого в качестве холодильника, и уменьшения температуры тела, используемого в качестве нагревателя.

A12 В сосуде при постоянном давлении находится идеальный газ. В начальном состоянии газ занимает объем 1 л и имеет температуру 300 К, а в конечном состоянии газ занимает объем 2 л и имеет температуру 800 К. Из анализа этих данных можно сделать вывод, что

- 1) в сосуде в начальном и в конечном состоянии находится одинаковое количество газа.
- 2) в сосуде в начальном состоянии находится большее количество газа, чем в конечном состоянии.
- 3) в сосуде в начальном состоянии находится меньшее количество газа, чем в конечном состоянии.
- 4) установить соотношение между количествами газа в сосуде в начальном и в конечном состоянии невозможно.

A13 Напряженность электростатического поля, созданного в точке A несколькими неподвижными точечными зарядами, равна \vec{E} и направлена так, как показано на рисунке. В какую точку нужно поместить соответствующим образом подобранный точечный заряд для того, чтобы напряженность поля в точке A стала равной нулю?



- 1) В точку B .
- 2) В точку C .
- 3) В точку D .
- 4) В точку B или в точку C .

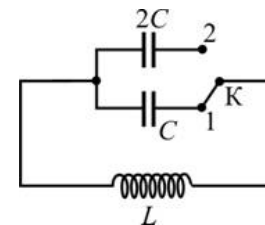
A14 Постоянный электрический ток течет по проводу от точки A к точке B . Из этого следует, что

- 1) потенциал точки A больше потенциала точки B .
- 2) потенциал точки A меньше потенциала точки B .
- 3) потенциалы точек A и B равны.
- 4) сделать вывод о соотношении потенциалов точек A и B невозможно.

A15 Сила тока, протекающего через катушку индуктивностью 0,06 Гн, равномерно возрастает на 0,3 А за каждую секунду. Чему равна по модулю ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке?

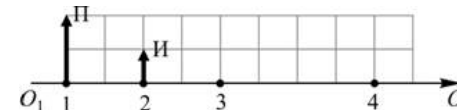
- 1) 0,2 В
- 2) 5 В
- 3) 18 В
- 4) 18 мВ

A16 Как и во сколько раз изменится частота собственных электромагнитных колебаний в изображенном на рисунке контуре, если перевести ключ из положения 1 в положение 2?



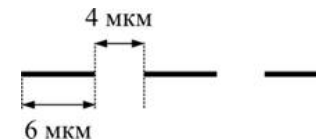
- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз
- 4) увеличится в $\sqrt{2}$ раз

A17 На рисунке показан предмет Π и его изображение И , даваемое тонкой линзой с оптической осью O_1O_2 . В какой точке находится оптический центр линзы?



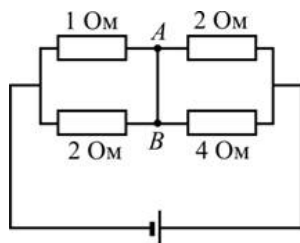
- 1) В точке 1
- 2) В точке 2
- 3) В точке 3
- 4) В точке 4

A18 На рисунке показано увеличенное изображение участка дифракционной решетки. Чему равен период этой решетки?



- 1) 6 мкм
- 2) 4 мкм
- 3) 2 мкм
- 4) 10 мкм

A19 В каком направлении течет электрический ток по перемычке AB в цепи, схема которой показана на рисунке?

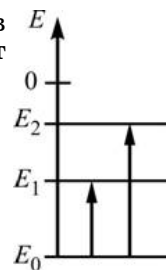


- 1) от точки A к точке B
- 2) от точки B к точке A
- 3) ток по перемычке не течет
- 4) направление протекания тока по перемычке однозначно указать невозможно

A20 Опыты по наблюдению фотоэффекта являются

- 1) доказательством существования фотонов.
- 2) подтверждением гипотезы Луи де Бройля о наличии у элементарных частиц волновых свойств.
- 3) подтверждением квантовых постулатов Бора.
- 4) экспериментальным основанием для постулатов теории относительности Эйнштейна.

A21 На рисунке приведена схема энергетических переходов электрона в атоме. Схема свидетельствует о том, что этот атом



- 1) только поглощал фотоны.
- 2) только испускал фотоны
- 3) и поглощал, и испускал фотоны.
- 4) не поглощал и не испускал фотоны.

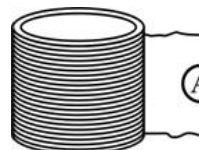
A22 Гамма-излучение представляет собой поток

- 1) протонов
- 2) фотонов
- 3) электронов
- 4) нейтронов

A23 В результате реакции термоядерного синтеза ${}^2_1\text{D} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^3_1\text{T} + {}^1_1\text{p}$ из двух ядер дейтерия получаются ядро трития и протон. Масса ядра дейтерия составляет 2,014 а.е.м., а ядра трития – 3,016 а.е.м. Какая энергия выделяется в результате протекания этой реакции?

- 1) $\approx 933,4$ МэВ
- 2) ≈ 1876 МэВ
- 3) ≈ 2809 МэВ
- 4) $\approx 4,7$ МэВ

A24



На рисунке показана схема установки для проведения

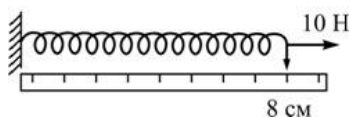
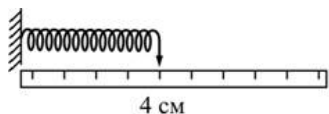
экспериментов, целью которых является обнаружение явления электромагнитной индукции. Экспериментальная установка состоит из намотанной на полый каркас проволоочной катушки, выводы которой подсоединены к клеммам амперметра. Проводятся следующие опыты:

- 1) внутрь катушки вносят постоянный магнит;
- 2) внутрь катушки вносят заряженный шарик, прикрепленный к диэлектрической ручке;
- 3) внутрь катушки вносят деревянную палочку.

В каком эксперименте явление будет обнаружено?

- 1) Только в первом.
- 2) Только во втором.
- 3) Только в третьем.
- 4) Во всех трех.

A25 Для экспериментального изучения силы упругости ученик использовал пружину и линейку. Прикрепив один из концов пружины к краю стола, он положил рядом линейку так, как показано на рисунке 1. Затем ученик приложил ко второму концу пружины силу, модуль которой равен 10 Н, в результате чего пружина растянулась вдоль стола так, как показано на рисунке 2.



Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам эксперимента?

А. Для данной пружины справедлив закон Гука.

Б. Средняя жесткость пружины при ее растяжении от 4 см до 8 см равна 250 Н/м.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1 В сосуде с жесткими стенками находится гелий. В сосуд добавляют некоторое количество аргона, поддерживая температуру постоянной. Как изменяются в результате этого следующие физические величины: парциальное давление гелия, давление в сосуде, среднеквадратичная скорость атомов гелия?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|--|-------------------------|
| А) парциальное давление гелия | 1) увеличивается |
| Б) давление в сосуде | 2) уменьшается |
| В) среднеквадратичная скорость атомов гелия | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В2 На очень большом расстоянии друг от друга находятся два металлических шара – железный и медный. Железный шар несет на себе положительный электрический заряд, а медный шар не заряжен. Шары на продолжительное время соединяют друг с другом длинной тонкой проволокой, которую затем убирают. Как в результате изменяются следующие физические величины: модуль разности потенциалов шаров, модуль напряженности электрического поля вблизи поверхности снаружи медного шара, модуль напряженности электрического поля внутри железного шара?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|---|---|
| <p>А) модуль разности потенциалов шаров</p> <p>Б) модуль напряженности электрического поля вблизи поверхности снаружи медного шара</p> <p>В) модуль напряженности электрического поля внутри железного шара</p> | <p>1) увеличивается</p> <p>2) уменьшается</p> <p>3) не изменяется</p> |
|---|---|

Ответ:

А	Б	В

В3 Брусок массой m покоится на шероховатой плоскости, наклоненной под углом α к горизонту. Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

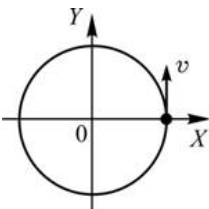
ФОРМУЛЫ

- | | |
|--|---|
| <p>А) модуль действующей на брусок силы нормальной реакции наклонной плоскости</p> <p>Б) модуль действующей на брусок силы сухого трения</p> | <p>1) $mg \sin \alpha$</p> <p>2) $\mu mg \cos \alpha$</p> <p>3) $mg \cos \alpha$</p> <p>4) $\mu mg \sin \alpha$</p> |
|--|---|

Ответ:

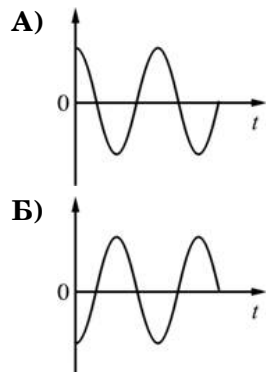
А	Б

В4 Материальная точка равномерно движется по окружности. В момент времени $t = 0$ точка была расположена и двигалась так, как показано на рисунке. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 1) проекция скорости на ось OX
- 2) проекция скорости на ось OY
- 3) проекция ускорения на ось OX
- 4) проекция ускорения на ось OY

Ответ:

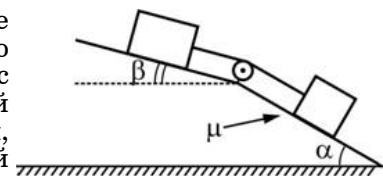
А	Б
□	□

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво. Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С1 На дно высокой мензурки, наполненной водой, бросили достаточно много крупных кристаллов хромпика, после чего мензурку накрыли крышечкой и оставили спокойно стоять на столе в течение длительного времени. Кристаллы хромпика растворяются в воде очень медленно, а плотность получающегося при этом ярко-оранжевого раствора больше плотности чистой воды. Опишите, что будет происходить с кристаллами и с жидкостью в мензурке с течением времени.

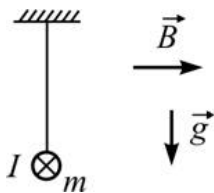
С2 В изображенной на рисунке системе нижний брусок может двигаться по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, а верхний брусок – вдоль наклонной плоскости, составляющей с горизонтом некоторый угол β . Коэффициент трения между нижним бруском и наклонной плоскостью равен $\mu = 0,2$, трение между верхним бруском и наклонной плоскостью отсутствует. Считая соединяющую бруски нить очень легкой и нерастяжимой, и пренебрегая массой блока и трением в его оси, найдите, при каких значениях угла β нить будет натянута.



С3 Один моль идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 с температурой $T_1 = 300$ К в состояние 2 таким образом, что в течение всего процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объему. В ходе этого процесса газ получает количество теплоты $Q = 14958$ Дж. Во сколько раз n уменьшается в результате этого процесса плотность газа?

С4 Несколько одинаковых маленьких водяных капель, несущих одинаковые электрические заряды, слились в одну большую каплю. В результате напряженность электрического поля вблизи поверхности большой капли стала в $n = 2$ раза больше напряженности поля, которая была у поверхности маленькой капли. Сколько маленьких капель слилось в большую? Капли считать сферическими и проводящими. Радиусы исходных капель значительно меньше начального расстояния между ними.

С5 Прямой стержень длиной $L = 50$ см и массой $m = 100$ г висит в горизонтальном положении на двух вертикальных нитях. Вокруг стержня создано внешнее однородное горизонтальное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл, линии которого направлены перпендикулярно стержню. По стержню протекает ток силой $I = 2$ А так, как показано на рисунке (вид с торца стержня). Силу тока в стержне медленно изменяют. Какому значению должна стать равной сила тока и как он должен быть направлен для того, чтобы сила натяжения каждой из нитей, на которых висит стержень, уменьшилась в $n = 4$ раза?



С6 При падении света на поверхность платины из нее вылетают фотоэлектроны, имеющие скорость $v = 2000$ км/с. Затем этим же светом начинают облучать атомы водорода, вследствие чего они ионизируются. Какую скорость будут иметь электроны, вылетающие из ионизированных атомов водорода, если работа выхода электрона из платины $A = 5,3$ эВ, а энергия ионизации атома водорода $E = 13,6$ эВ? Изменением кинетической энергии атомов водорода пренебречь.

**Тренировочная работа №4
по ФИЗИКЕ**

16 мая 2011 года

11 класс

Вариант № 2

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

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

Желаем успеха!

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

Десятичные приставки

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

Константы

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

Соотношение между различными единицами

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

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 (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13600 кг/м ³

Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	640 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

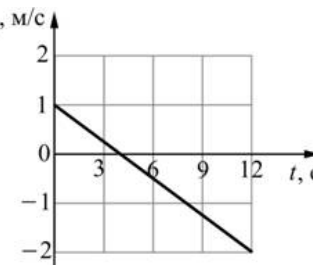
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водорода	$2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	молибдена	$96 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль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

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1

Материальная точка движется прямолинейно вдоль оси Ox . На рисунке приведен график зависимости проекции скорости v_x этой точки на ось Ox от времени t . Чему равен модуль ускорения этой материальной точки?



- 1) $1/6$ м/с² 2) $1/3$ м/с² 3) $0,25$ м/с² 4) 4 м/с²

A2

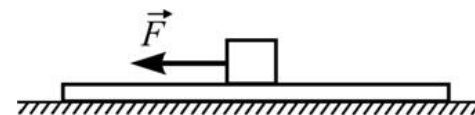
Тело движется вдоль оси Ox под действием силы, проекция которой на эту ось равна 3 Н. В таблице приведена зависимость проекции скорости v_x этого тела на ось Ox от времени t . Чему равна масса тела?

t, c	0	2	4	6	8
$v_x, \text{м/с}$	0	3	6	9	12

- 1) 4,5 кг 2) 2 кг 3) 3 кг 4) 0,25 кг

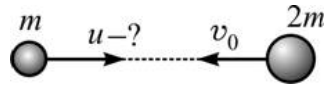
A3

На гладком горизонтальном столе лежит доска, а на ней – кубик. К кубику прикладывают горизонтально направленную силу \vec{F} , в результате чего вся система начинает двигаться по столу. Куда направлена сила трения, действующая со стороны доски на кубик?



- 1) влево (\leftarrow)
 2) вправо (\rightarrow)
 3) может быть направлена и влево (\leftarrow), и вправо (\rightarrow).
 4) сила трения, действующая со стороны кубика на доску, равна нулю.

- A4** Два тела движутся навстречу друг другу так, как показано на рисунке. Каким должен быть модуль скорости u первого тела для того, чтобы после соударения и слипания тела продолжали двигаться вправо?



- 1) $u \geq 2v_0$ 2) $u \geq v_0$ 3) $u > 2v_0$ 4) $u > v_0$

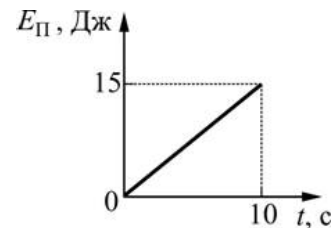
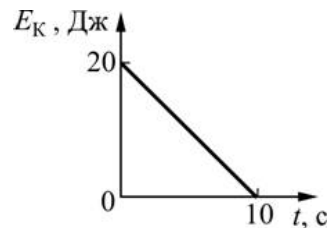
- A5** Первоначально недеформированную пружину медленно сжали. При этом сила упругости пружины

- 1) совершила положительную работу.
2) совершила отрицательную работу.
3) не совершила работы.
4) могла совершить как положительную, так и отрицательную работу.

- A6** При колебаниях пружинного маятника на гладком горизонтальном столе потенциальная энергия деформированной пружины принимает максимальное значение

- 1) 1 раз за период колебаний 2) 2 раза за период колебаний
3) 3 раза за период колебаний 4) 4 раза за период колебаний

- A7** На рисунке приведены графики зависимостей кинетической энергии E_K тела от времени и потенциальной энергии E_{II} этого же тела от времени. Как изменяется в течение первых десяти секунд полная механическая энергия этого тела?



- 1) уменьшается 2) увеличивается
3) не изменяется 4) однозначно ответить нельзя

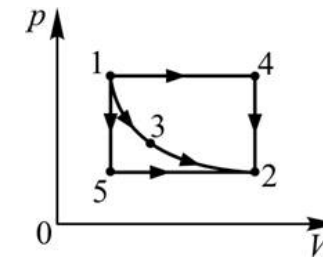
- A8** Давление идеального газа увеличилось. При этом его температура

- 1) увеличилась.
2) уменьшилась.
3) не изменилась.
4) могла и увеличиться, и уменьшиться, и остаться без изменений.

- A9** В замкнутом жестком сосуде находятся 1 моль азота и 1 моль кислорода. Сколько молей кислорода нужно добавить в сосуд, поддерживая температуру постоянной, чтобы в результате давление в сосуде возросло в 4 раза?

- 1) 2 моля 2) 4 моля 3) 6 молей 4) 8 молей

- A10** На pV -диаграмме показаны процессы, совершаемые над одним молем идеального газа. Точки 1, 2 и 3 лежат на одной изотерме. В каком процессе газ обменялся с окружающими телами наименьшим суммарным количеством теплоты?



- 1) $1 \rightarrow 4 \rightarrow 2$
2) $1 \rightarrow 3 \rightarrow 2$
3) $1 \rightarrow 5 \rightarrow 2$
4) Во всех трех процессах газ получил от нагревателя одинаковое количество теплоты.

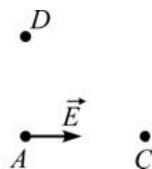
- A11** КПД теплового двигателя уменьшается при

- 1) увеличении температуры тела, используемого в качестве нагревателя.
2) увеличении температуры тела, используемого в качестве холодильника.
3) уменьшении температуры тела, используемого в качестве холодильника.
4) одновременном увеличении температуры тела, используемого в качестве нагревателя, и уменьшении температуры тела, используемого в качестве холодильника.

A12 В сосуде постоянного объема находится идеальный газ. В начальном состоянии газ имеет давление 1 атм. и температуру 300 К, а в конечном состоянии газ имеет давление 2 атм. и температуру 500 К. Из анализа этих данных можно сделать вывод, что

- 1) в сосуде в начальном и в конечном состоянии находится одинаковое количество газа.
- 2) в сосуде в начальном состоянии находится большее количество газа, чем в конечном состоянии.
- 3) в сосуде в начальном состоянии находится меньшее количество газа, чем в конечном состоянии.
- 4) установить соотношение между количествами газа в сосуде в начальном и в конечном состоянии невозможно.

A13 Напряженность электростатического поля, созданного в точке *A* несколькими неподвижными точечными зарядами, равна \vec{E} и направлена так, как показано на рисунке. В какую точку нужно поместить соответствующим образом подобранный точечный заряд для того, чтобы напряженность поля в точке *A* стала равной нулю?



- 1) В точку *B*.
- 2) В точку *C*.
- 3) В точку *D*.
- 4) В точку *B* или в точку *C*.

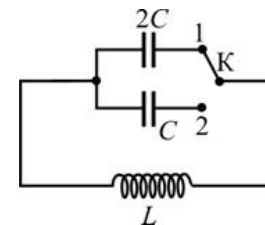
A14 Потенциал точки *A* провода меньше, чем потенциал точки *B*. Из этого следует, что постоянный электрический ток

- 1) течет по проводу от точки *A* к точке *B*.
- 2) течет по проводу от точки *B* к точке *A*.
- 3) может течь по проводу в любом направлении.
- 4) не может течь по проводу при таких условиях.

A15 Сила тока, протекающего через катушку индуктивностью 0,08 Гн, равномерно убывает на 0,4 А за каждую секунду. Чему равна по модулю ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке?

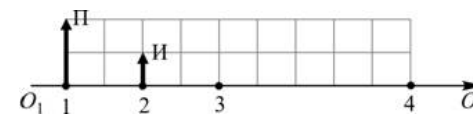
- 1) 5 В
- 2) 0,2 В
- 3) 32 мВ
- 4) 2 В

A16 Как и во сколько раз изменится частота собственных электромагнитных колебаний в изображенном на рисунке контуре, если перевести ключ из положения 1 в положение 2?



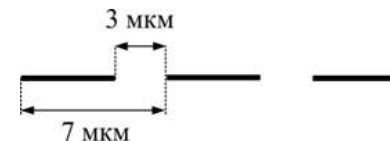
- 1) уменьшится в 2 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в $\sqrt{2}$ раз
- 4) увеличится в $\sqrt{2}$ раз

A17 На рисунке показан предмет *П* и его изображение *И*, даваемое тонкой линзой с оптической осью O_1O_2 . В какой точке находится один из фокусов линзы?



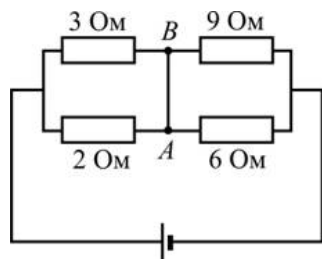
- 1) В точке 1
- 2) В точке 2
- 3) В точке 3
- 4) В точке 4

A18 На рисунке показано увеличенное изображение участка дифракционной решетки. Чему равен период этой решетки?



- 1) 7 мкм
- 2) 3 мкм
- 3) 10 мкм
- 4) 4 мкм

A19 В каком направлении течет электрический ток по перемычке AB в цепи, схема которой показана на рисунке?

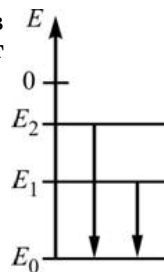


- 1) От точки A к точке B .
- 2) От точки B к точке A .
- 3) Ток по перемычке не течет.
- 4) Направление протекания тока по перемычке однозначно указать невозможно.

A20 Опыты по наблюдению дифракции электронов на двух щелях являются

- 1) экспериментальным подтверждением существования фотоэффекта.
- 2) подтверждением гипотезы Луи де Бройля о наличии у элементарных частиц волновых свойств.
- 3) подтверждением квантовых постулатов Бора.
- 4) экспериментальным основанием для постулатов теории относительности Эйнштейна.

A21 На рисунке приведена схема энергетических переходов электрона в атоме. Схема свидетельствует о том, что этот атом



- 1) только поглощал фотоны.
- 2) только испускал фотоны
- 3) и поглощал, и испускал фотоны.
- 4) не поглощал и не испускал фотоны.

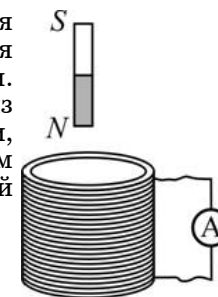
A22 Бета-излучение представляет собой поток

- 1) протонов
- 2) фотонов
- 3) электронов
- 4) нейтронов

A23 В результате реакции термоядерного синтеза ${}^3_1\text{T} + {}^3_1\text{T} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2{}^1_0\text{n}$ из двух ядер трития получаются ядро гелия и два нейтрона. Масса ядра трития составляет 3,016 а.е.м., а ядра гелия – 4,003 а.е.м. Какая энергия выделяется в результате протекания этой реакции?

- 1) ≈ 12 МэВ
- 2) ≈ 951 МэВ
- 3) ≈ 2809 МэВ
- 4) ≈ 919 МэВ

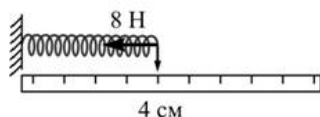
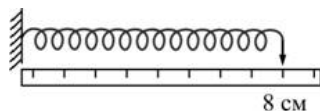
A24 На рисунке показана схема установки для проведения экспериментов, целью которых является обнаружение явления электромагнитной индукции. Экспериментальная установка состоит из намотанной на полый каркас проволоочной катушки, выводы которой подсоединены к клеммам амперметра. Над катушкой закреплен постоянный магнит. Проводятся следующие опыты:



- 1) катушку удаляют от магнита;
 - 2) катушку приближают к магниту;
 - 3) катушку поворачивают на 90° .
- В каком эксперименте явление будет обнаружено?

- 1) Только в первом.
- 2) Только во втором.
- 3) Только в третьем.
- 4) Во всех трех.

A25 Для экспериментального изучения силы упругости ученик использовал пружину и линейку. Прикрепив один из концов пружины к краю стола, он положил рядом линейку так, как показано на рисунке 1. Затем ученик приложил ко второму концу пружины силу, модуль которой равен 8 Н, в результате чего пружина сжалась вдоль стола так, как показано на рисунке 2.



Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) результатам эксперимента?

А. Для данной пружины справедлив закон Гука.

Б. Средняя жесткость пружины при ее сжатии от 8 см до 4 см равна 200 Н/м.

1) только А

2) только Б

3) и А, и Б

4) ни А, ни Б

Часть 2

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1

В сосуде с жесткими стенками находится смесь гелия и аргона. В сосуд добавляют некоторое количество аргона, поддерживая температуру постоянной. Как изменяются в результате этого следующие физические величины: парциальное давление гелия, парциальное давление аргона, среднеквадратичная скорость атомов аргона?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ**

А) парциальное давление гелия

1) увеличивается

Б) парциальное давление аргона

2) уменьшается

В) среднеквадратичная скорость атомов аргона

3) не изменяется

Ответ:

А	Б	В

В2 На очень большом расстоянии друг от друга находятся два металлических шара – медный и железный. Медный шар несет на себе отрицательный электрический заряд, а железный шар не заряжен. Шары на продолжительное время соединяют друг с другом длинной тонкой проволокой, которую затем убирают. Как в результате изменяются следующие физические величины: модуль разности потенциалов шаров, модуль напряженности электрического поля вблизи поверхности снаружи медного шара, модуль напряженности электрического поля внутри железного шара?

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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ
ИЗМЕНЕНИЕ**

- | | |
|---|---|
| <p>А) модуль разности потенциалов шаров</p> <p>Б) модуль напряженности электрического поля вблизи поверхности снаружи медного шара</p> <p>В) модуль напряженности электрического поля внутри железного шара</p> | <p>1) увеличивается</p> <p>2) уменьшается</p> <p>3) не изменяется</p> |
|---|---|

Ответ:

А	Б	В

В3 Брусок массой m покоится на шероховатой плоскости, наклоненной под углом α к горизонту. Коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ
ВЕЛИЧИНЫ**

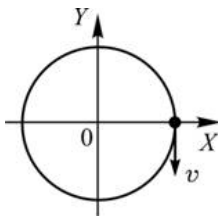
ФОРМУЛЫ

- | | |
|---|---|
| <p>А) модуль действующей на плоскость силы давления бруска</p> <p>Б) модуль действующей на плоскость силы сухого трения</p> | <p>1) $mg \sin \alpha$</p> <p>2) $\mu mg \cos \alpha$</p> <p>3) $mg \cos \alpha$</p> <p>4) $\mu mg \sin \alpha$</p> |
|---|---|

Ответ:

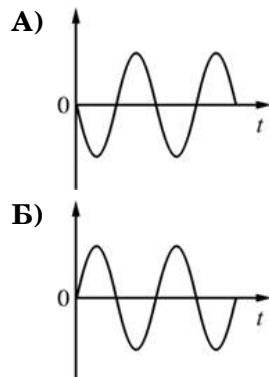
А	Б

В4 Материальная точка равномерно движется по окружности. В момент времени $t = 0$ точка была расположена и двигалась так, как показано на рисунке. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 1) проекция скорости на ось OX
- 2) проекция скорости на ось OY
- 3) проекция ускорения на ось OX
- 4) проекция ускорения на ось OY

Ответ:

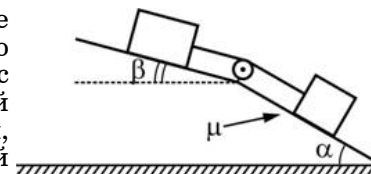
А	Б
□	□

Часть 3

Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво. Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С1 На дно высокой мензурки, наполненной водой, бросили достаточно много крупных кристаллов хромпика, после чего мензурку накрыли крышечкой и оставили спокойно стоять на столе в течение длительного времени. Кристаллы хромпика растворяются в воде очень медленно, а плотность получающегося при этом ярко-оранжевого раствора больше плотности чистой воды. Опишите, что будет происходить с кристаллами и с жидкостью в мензурке с течением времени.

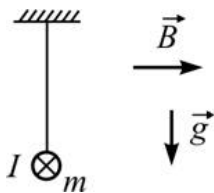
С2 В изображенной на рисунке системе нижний брусок может двигаться по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, а верхний брусок – вдоль наклонной плоскости, составляющей с горизонтом некоторый угол β . Коэффициент трения между нижним бруском и наклонной плоскостью равен $\mu = 0,2$, трение между верхним бруском и наклонной плоскостью отсутствует. Считая соединяющую бруски нить очень легкой и нерастяжимой, и пренебрегая массой блока и трением в его оси, найдите, при каких значениях угла β нить будет натянута.



С3 Один моль идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 с температурой $T_1 = 300$ К в состояние 2 таким образом, что в течение всего процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объему. В ходе этого процесса газ получает количество теплоты $Q = 14958$ Дж. Во сколько раз n уменьшается в результате этого процесса плотность газа?

С4 Несколько одинаковых маленьких водяных капель, несущих одинаковые электрические заряды, слились в одну большую каплю. В результате напряженность электрического поля вблизи поверхности большой капли стала в $n = 2$ раза больше напряженности поля, которая была у поверхности маленькой капли. Сколько маленьких капель слилось в большую? Капли считать сферическими и проводящими. Радиусы исходных капель значительно меньше начального расстояния между ними.

С5 Прямой стержень длиной $L = 50$ см и массой $m = 100$ г висит в горизонтальном положении на двух вертикальных нитях. Вокруг стержня создано внешнее однородное горизонтальное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл, линии которого направлены перпендикулярно стержню. По стержню протекает ток силой $I = 2$ А так, как показано на рисунке (вид с торца стержня). Силу тока в стержне медленно изменяют. Какому значению должна стать равной сила тока и как он должен быть направлен для того, чтобы сила натяжения каждой из нитей, на которых висит стержень, уменьшилась в $n = 4$ раза?



С6 При падении света на поверхность платины из нее вылетают фотоэлектроны, имеющие скорость $v = 2000$ км/с. Затем этим же светом начинают облучать атомы водорода, вследствие чего они ионизируются. Какую скорость будут иметь электроны, вылетающие из ионизированных атомов водорода, если работа выхода электрона из платины $A = 5,3$ эВ, а энергия ионизации атома водорода $E = 13,6$ эВ? Изменением кинетической энергии атомов водорода пренебречь.

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

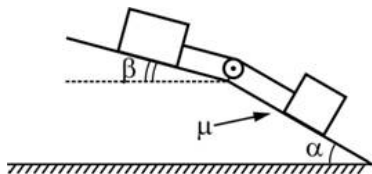
C1 На дно высокой мензурки, наполненной водой, бросили достаточно много крупных кристаллов хромпика, после чего мензурку накрыли крышечкой и оставили спокойно стоять на столе в течение длительного времени. Кристаллы хромпика растворяются в воде очень медленно, а плотность получающегося при этом ярко-оранжевого раствора больше плотности чистой воды. Опишите, что будет происходить с кристаллами и с жидкостью в мензурке с течением времени.

Кристаллы будут медленно растворяться, вследствие чего их размеры будут уменьшаться. У дна мензурки образуется ярко-оранжевый насыщенный раствор хромпика. Так как плотность этого раствора больше плотности воды, то он будет смешиваться с водой только вследствие процесса диффузии, который протекает очень медленно. Из-за диффузии раствор будет проникать в верхние слои воды, которые будут постепенно окрашиваться, а чистая вода, наоборот, будет проникать вниз, способствуя дальнейшему растворению кристаллов. В результате вода в мензурке постепенно будет окрашиваться в оранжевый цвет, граница окраски будет постепенно подниматься всё выше и выше, постепенно расплываясь. Через некоторое время вся вода в мензурке окажется окрашенной: нижние слои сильнее, верхние – слабее. Затем из-за продолжающихся процессов растворения кристаллов и диффузии интенсивность окраски выровняется по всей высоте мензурки, и вся мензурка окажется заполненной равномерно окрашенным насыщенным раствором хромпика.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>указано, что кристаллы будут уменьшаться в размерах, а жидкость в мензурке будет постепенно окрашиваться в ярко-оранжевый цвет</i>), и полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений (в данном случае – <i>растворение кристаллов хромпика, взаимная диффузия раствора хромпика и чистой воды</i>).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

C2

В изображенной на рисунке системе нижний брусок может двигаться по наклонной плоскости, составляющей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, а верхний брусок – вдоль наклонной плоскости, составляющей с горизонтом некоторый угол β . Коэффициент трения между нижним бруском и наклонной плоскостью равен $\mu = 0,2$, трение между верхним бруском и наклонной плоскостью отсутствует. Считая соединяющую бруски нить очень легкой и нерастяжимой, и пренебрегая массой блока и трением в его оси, найдите, при каких значениях угла β нить будет натянута.



Так как $\mu < \operatorname{tg} \alpha$, то нижний брусок будет скользить по наклонной плоскости даже при ненатянутой нити. Следовательно, в том случае, когда оба бруска движутся и нить натянута, модули ускорений a брусков будут одинаковыми. Обозначим массу нижнего бруска m_1 , массу верхнего бруска m_2 , силу натяжения соединяющей их нити T . Тогда для каждого из брусков можно записать второй закон Ньютона в проекции на направление его движения:

$$m_1 a = m_1 g \sin \alpha - T - F_{\text{тр}}, \quad m_2 a = m_2 g \sin \beta + T.$$

Здесь $F_{\text{тр}} = \mu N$ – действующая на нижний брусок сила трения скольжения, N – действующая на него сила нормальной реакции опоры. Так как нижний брусок не движется в направлении, перпендикулярном плоскости, то из второго закона Ньютона следует: $N = m_1 g \cos \alpha$. Решая совместно полученные уравнения, найдем:

$$a = \frac{m_2 g \sin \beta + m_1 g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{m_1 + m_2}.$$

Для того, чтобы нить была натянута, должно выполняться неравенство: $T = m_2 a - m_2 g \sin \beta > 0$. С учетом полученного выражения для модуля ускорения a , это неравенство можно переписать в следующем виде: $\sin \beta < \sin \alpha - \mu \cos \alpha$.

Подставляя числовые данные, окончательно получим: $\beta < 19^\circ$.

Ответ: $\beta < \arcsin(\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \approx 19^\circ$.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – второй закон Ньютона для обоих брусков, формула для силы трения скольжения); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

С3 Один моль идеального одноатомного газа переводят из состояния 1 с температурой $T_1 = 300 \text{ К}$ в состояние 2 таким образом, что в течение всего процесса давление газа возрастает прямо пропорционально его объему. В ходе этого процесса газ получает количество теплоты $Q = 14958 \text{ Дж}$. Во сколько раз n уменьшается в результате этого процесса плотность газа?

Изобразим процесс на pV -диаграмме и обозначим давления и объемы газа в состояниях 1 и 2 через (p_1, V_1) и (p_2, V_2) , соответственно. Из первого закона термодинамики следует, что полученное газом количество теплоты идет на увеличение внутренней энергии газа и на совершение им работы: $Q = \Delta U_{12} + A_{12}$.

Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа равно

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1),$$

где T_2 – температура газа в состоянии 2 (при преобразовании выражения использовано уравнение Клапейрона-Менделеева).

Совершенная газом работа численно равна площади под графиком процесса на pV -диаграмме: $A_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1)$. Учитывая, что $\frac{p_1}{V_1} = \frac{p_2}{V_2}$ (это

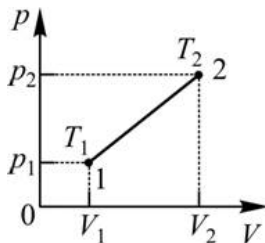
соотношение следует из того, что давление возрастает прямо пропорционально объему), выражение для работы можно переписать в следующем виде:

$$A_{12} = \frac{1}{2} (p_1 + p_2) (V_2 - V_1) = \frac{1}{2} (p_1 V_2 - p_1 V_1 + p_2 V_2 - p_2 V_1) = \frac{1}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1).$$

С учетом этого, выражение для количества теплоты приобретает вид:

$$Q = \Delta U_{12} + A_{12} = 2(p_2 V_2 - p_1 V_1) = 2 \left(\frac{p_1 V_2^2}{V_1} - p_1 V_1 \right) = 2 p_1 V_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2 \nu T_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right).$$

Заметим, что искомое отношение плотностей газа в состояниях 1 и 2 равно $n = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{V_2}{V_1}$. Поэтому



$$Q = 2 \nu R T_1 \left(\frac{V_2^2}{V_1^2} - 1 \right) = 2 \nu R T_1 (n^2 - 1), \text{ и } n = \sqrt{1 + \frac{Q}{2 \nu R T_1}}.$$

Подставляя в полученную формулу числовые данные и проверяя размерность, окончательно найдем: $n = 2$.

Ответ: плотность уменьшится в $n = \sqrt{1 + \frac{Q}{2 \nu R T_1}} = 2$ раза.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>первый закон термодинамики, выражение для изменения внутренней энергии идеального одноатомного газа, уравнение Клапейрона-Менделеева, выражение для работы газа, связь между давлением и объемом газа в ходе заданного процесса, связь между плотностью и объемом газа</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков:</p> <p>– в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>– приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– представлен только правильный ответ без обоснований.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0
Максимальный балл	3

C4 Несколько одинаковых маленьких водяных капель, несущих одинаковые электрические заряды, слились в одну большую каплю. В результате напряженность электрического поля вблизи поверхности большой капли стала в $n = 2$ раза больше напряженности поля, которая была у поверхности маленькой капли. Сколько маленьких капель слилось в большую? Капли считать сферическими и проводящими. Радиусы исходных капель значительно меньше начального расстояния между ними.

Так как капли проводящие, то электрические заряды равномерно распределены по их поверхностям. Обозначим напряженность электрического поля у поверхности маленькой капли через E_1 , а у поверхности большой капли – через E_2 . Тогда $E_1 = \frac{kq}{r^2}$ и $E_2 = \frac{kQ}{R^2}$, где q и Q – заряды маленькой и большой капель, r и R – их радиусы, $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ – коэффициент пропорциональности в

законе Кулона.

Пусть искомое число маленьких капель было равно N . В силу закона сохранения электрического заряда $Q = Nq$. Кроме того, масса большой капли равна сумме масс маленьких капель. То же самое справедливо и для объемов капель: $\frac{4}{3}\pi R^3 = N \cdot \frac{4}{3}\pi r^3$. С учетом этих соотношений получаем:

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{Q}{q} \cdot \frac{r^2}{R^2} = N \cdot N^{-2/3} = N^{1/3} = n.$$

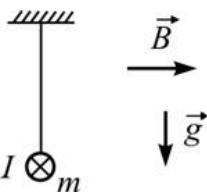
Отсюда $N = n^3 = 8$.

Ответ: в большую каплю слилось $N = n^3 = 8$ маленьких капель.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – выражение для напряженности электрического поля у поверхности равномерно заряженной сферы, закон сохранения электрического заряда, закон сохранения массы); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

C5

Прямой стержень длиной $L = 50$ см и массой $m = 100$ г висит в горизонтальном положении на двух вертикальных нитях. Вокруг стержня создано внешнее однородное горизонтальное магнитное поле с индукцией $B = 1$ Тл, линии которого направлены перпендикулярно стержню. По стержню протекает ток силой $I = 2$ А так, как показано на рисунке (вид с торца стержня). Силу тока в стержне медленно изменяют. Какому значению должна стать равной сила тока и как он должен быть направлен для того, чтобы сила натяжения каждой из нитей, на которых висит стержень, уменьшилась в $n = 4$ раза?



На стержень в исходном положении действуют направленные вниз сила тяжести mg и сила Ампера ILB , которые уравниваются силой натяжения нитей $2T_1$ (здесь T_1 – сила натяжения одной нити). В соответствии со вторым законом Ньютона, $2T_1 = mg + ILB$. Заметим, что $mg = ILB = 1$ Н, и поэтому $T_1 = 1$ Н. Таким образом, в отсутствие тока сила натяжения нити будет равна 0,5 Н, то есть уменьшится всего в 2 раза. Следовательно, для того, чтобы сила натяжения нити уменьшилась в $n = 4$ раза, необходимо, чтобы ток протекал по стержню в противоположном направлении (при этом сила Ампера будет направлена вверх).

Обозначим искомую силу тока через I_2 . Тогда, в соответствии со вторым законом Ньютона, условие равновесия стержня будет иметь вид: $2T_2 + I_2LB = mg$. Из записанных уравнений получаем:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{mg + ILB}{mg - I_2LB} = n.$$

Отсюда $I_2 = \frac{mg(n - 1) - ILB}{nLB}$. Подставляя в полученную формулу числовые

данные и проверяя размерность, найдем: $I_2 = 1$ А.

Можно решать задачу и формально, не проводя по ходу ее решения анализа. Тогда условия равновесия стержня в исходном и в конечном состояниях будут иметь вид: $2T_1 = mg + ILB$ и $2T_2 = mg + I_2LB$, откуда $I_2 = \frac{ILB - mg(n - 1)}{nLB} = -1$ А.

Знак «минус» в ответе как раз и свидетельствует о том, что ток должен течь по стержню в противоположном направлении и иметь значение 1 А.

Ответ: Ток в стержне должен изменить направление и иметь значение, равное $I_2 = \frac{mg(n - 1) - ILB}{nLB} = 1$ А.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – выражение для силы Ампера, второй закон Ньютона для равновесия стержня в исходном и в конечном состоянии); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

С6 При падении света на поверхность платины из нее вылетают фотоэлектроны, имеющие скорость $v=2000$ км/с. Затем этим же светом начинают облучать атомы водорода, вследствие чего они ионизируются. Какую скорость будут иметь электроны, вылетающие из ионизированных атомов водорода, если работа выхода электрона из платины $A = 5,3$ эВ, а энергия ионизации атома водорода $E = 13,6$ эВ? Изменением кинетической энергии атомов водорода пренебречь.

Прежде всего, заметим, что скорость фотоэлектрона более чем в 100 раз меньше скорости света в вакууме, и поэтому при решении задачи можно использовать нерелятивистские формулы.

Пусть фотон света, падающего на платину, имеет энергию W . Тогда, в соответствии с уравнением Эйнштейна для фотоэффекта, $W = A + \frac{mv^2}{2}$, где m –

масса электрона. С другой стороны, при поглощении этого же фотона атомом водорода часть от энергии W расходуется на ионизацию атома, а оставшаяся ее часть превращается в кинетическую энергию вылетающего из атома

электрона: $W = E + \frac{mu^2}{2}$. Отсюда получаем: $u = \sqrt{v^2 - \frac{2}{m}(E - A)}$.

Подставляя табличные величины и числовые данные из условия задачи, переводя энергию из эВ в Дж, и проверяя размерность, находим $u \approx 1000$ км/с, что тоже более чем в 100 раз меньше скорости света в вакууме.

Ответ: $u = \sqrt{v^2 - \frac{2}{m}(E - A)} \approx 1000$ км/с.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: 1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, закон сохранения энергии для ионизации атома водорода, формула для перевода энергии из эВ в Дж</i>); 2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	2
A2	4
A3	2
A4	3
A5	2
A6	2
A7	1
A8	4
A9	3
A10	1
A11	1
A12	2
A13	4

№ задания	Ответ
A14	1
A15	4
A16	3
A17	3
A18	4
A19	3
A20	1
A21	1
A22	2
A23	4
A24	1
A25	2

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	313
B2	213

№ задания	Ответ
B3	31
B4	23

Ответы к заданиям с выбором ответа

№ задания	Ответ
A1	3
A2	2
A3	2
A4	3
A5	2
A6	2
A7	1
A8	4
A9	3
A10	3
A11	2
A12	3
A13	4

№ задания	Ответ
A14	2
A15	3
A16	4
A17	1
A18	1
A19	3
A20	2
A21	2
A22	3
A23	1
A24	4
A25	4

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	313
B2	223

№ задания	Ответ
B3	31
B4	14