

ВАРИАНТЫ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫХ РАБОТ

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 21 задание (A1—A21). К каждому заданию даётся 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 10 задач: A22—A25 с выбором одного верного ответа и C1—C6, для которых требуется дать развёрнутые 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	санتي	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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

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

Плотность

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

Удельная теплоемкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия

давление	10^5 Па	температура	0 °С
----------	-----------	-------------	------

Молярная масса

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

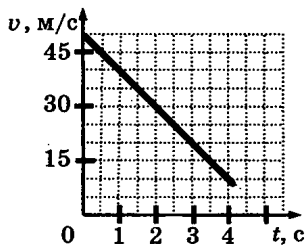
Вариант 1¹

ЧАСТЬ 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1—A21) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. На графике приведена зависимость скорости прямолинейно движущегося тела от времени. Определите модуль ускорения тела.

- 1) 10 м/с^2 3) 15 м/с^2
2) 5 м/с^2 4) $12,5 \text{ м/с}^2$



A2. Ящик затаскивают вверх по наклонной плоскости с постоянной скоростью. Система отсчёта, связанная с наклонной плоскостью, является инерциальной. В этом случае сумма всех сил, действующих на ящик,

- 1) равна нулю
2) направлена в сторону движения ящика
3) направлена перпендикулярно наклонной плоскости
4) направлена в сторону, противоположную движению ящика

A3. Камень массой 100 г брошен под углом 45° к горизонту с начальной скоростью $v = 10 \text{ м/с}$. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен

- 1) 0 2) $1,7 \text{ Н}$ 3) $1,0 \text{ Н}$ 4) $2,0 \text{ Н}$

¹ Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2012 года, приведен в кодификаторе элементов содержания по физике для составления контрольных измерительных материалов (КИМ) единого государственного экзамена 2012 года. Чтобы составить более полное представление о том, какие темы могут быть представлены в том или ином задании варианта, читателю следует зайти на сайт www.fipi.ru и в разделе «Единый государственный экзамен. КИМ ЕГЭ 2012 года. Физика» внимательно изучить спецификацию и кодификатор.

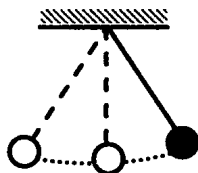
А4. На тело, движущееся прямолинейно в одном направлении в инерциальной системе отсчёта, действует постоянная сила, равная 2 Н. За какое время изменение импульса тела составит 4 кг · м/с?

- 1) 2 с 2) 8 с 3) 6 с 4) 12 с

А5. Шарик массой 150 г начинает падать с высоты 20 м из состояния покоя. Какова его кинетическая энергия в момент перед падением на землю, если сопротивление воздуха пренебрежимо мало?

- 1) 54 Дж 3) 30 Дж
2) 24 Дж 4) 42 Дж

А6. Математический маятник с периодом колебаний T отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Через какое время после этого потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет минимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 1) $\frac{1}{2} T$ 2) T 3) $\frac{1}{8} T$ 4) $\frac{1}{4} T$

А7. Броуновское движение частиц пылицы в воде объясняется

- 1) хаотичностью химических реакций на поверхности частиц
- 2) непрерывностью и хаотичностью теплового движения молекул воды
- 3) существованием сил притяжения и отталкивания между атомами в молекулах
- 4) наличием питательных веществ в воде

А8. Разреженный углекислый газ изобарно сжимается. Масса газа постоянна. Как надо изменить абсолютную температуру газа, чтобы уменьшить его объем в 4 раза?

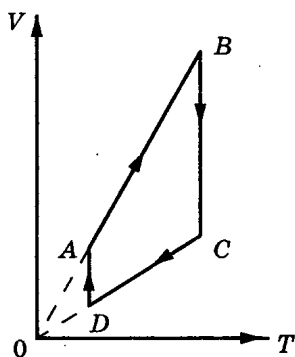
- 1) повысить в 16 раз
- 2) повысить в 4 раза
- 3) понизить в 16 раз
- 4) понизить в 4 раза

A9. В сосуде с подвижным поршнем находятся вода и её насыщенный пар. Объём пара изотермически уменьшили в 2 раза. Концентрация молекул пара при этом

- 1) уменьшилась в 2 раза
- 2) не изменилась
- 3) увеличилась в 2 раза
- 4) увеличилась в 4 раза

A10. На рисунке приведён график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом. Количество вещества газа в ходе процесса не менялось. На каком из участков внутренняя энергия газа уменьшалась?

- 1) DA
- 2) CD
- 3) BC
- 4) AB

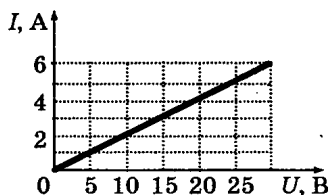


A11. Пылинка, имевшая отрицательный заряд $-2e$, потеряла один электрон. Каким стал заряд пылинки?

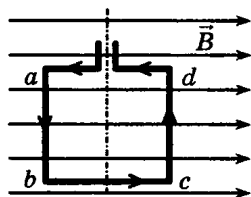
- 1) $+3e$
- 2) $-e$
- 3) $-3e$
- 4) $+e$

A12. На графике изображена зависимость силы тока в проводнике от напряжения между его концами. Чему равно сопротивление проводника?

- 1) 5 Ом
- 2) 4 Ом
- 3) 0,25 Ом
- 4) 20 Ом

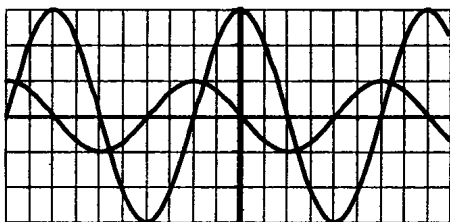


A13. Квадратная рамка расположена в однородном магнитном поле в плоскости линий магнитной индукции (см. рисунок). Направление тока в рамке показано стрелками. Как направлена сила, действующая на сторону bc рамки со стороны внешнего магнитного поля \vec{B} ?



- 1) перпендикулярно плоскости чертежа, от нас \otimes
- 2) вдоль направления линий магнитной индукции \rightarrow
- 3) сила равна нулю
- 4) перпендикулярно плоскости чертежа, к нам \odot

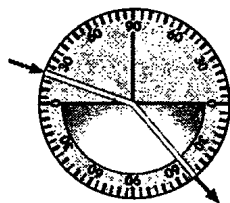
A14. На рисунке приведены осциллограммы напряжений на двух различных элементах электрической цепи переменного тока.



Колебания этих напряжений имеют

- 1) одинаковые периоды, но различные амплитуды
- 2) различные периоды, но одинаковые амплитуды
- 3) различные периоды и различные амплитуды
- 4) одинаковые периоды и одинаковые амплитуды

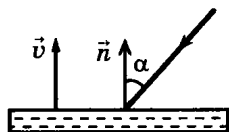
A15. На рисунке представлен опыт по преломлению света. Пользуясь приведённой таблицей, определите показатель преломления вещества.



угол α	20°	40°	50°	70°
$\sin \alpha$	0,34	0,64	0,78	0,94

- 1) 1,47
- 2) 1,88
- 3) 2,29
- 4) 1,22

A16. На зеркало, движущееся в вакууме относительно инерциальной системы отсчёта (ИСО) со скоростью \vec{v} (см. рисунок), падает луч синего света. Какова скорость света в этой ИСО после отражения от зеркала, если угол падения равен 60° ? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .



- 1) $\sqrt{\left(\frac{c}{2} + 2v\right)^2 + \frac{3}{4}c^2}$ 3) $c + 2v$
 2) c 4) $c - 2v$

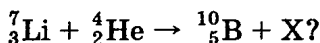
A17. Как нужно изменить частоту световой волны, чтобы энергия фотона в световом пучке увеличилась в 1,5 раза?

- 1) уменьшить в 1,5 раза
 2) увеличить в 1,5 раза
 3) уменьшить в 2,25 раза
 4) увеличить в 2,25 раза

A18. Каков заряд ядра ${}^{11}_5\text{B}$ (в единицах элементарного заряда)?

- 1) 5 2) 11 3) 16 4) 6

A19. Какая частица X образуется в реакции

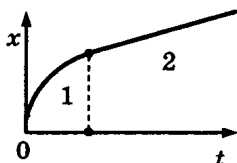


- 1) электрон
 2) нейтрон
 3) α -частица
 4) протон

A20. Чтобы рассчитать в равновесном состоянии плотность ρ разреженного газа с известной молярной массой μ , достаточно знать значение универсальной газовой постоянной и измерить

- 1) давление газа p и его объём V
 2) массу газа m и его температуру T
 3) температуру газа T и его объём V
 4) давление газа p и его температуру T

A21. Бусинка скользит по неподвижной горизонтальной спице. На графике изображена зависимость координаты бусинки от времени. Ось Ox параллельна спице. На основании графика можно утверждать, что



- 1) на участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — увеличивается
- 2) на участке 1 модуль скорости увеличивается, а на участке 2 — уменьшается
- 3) на участке 2 проекция ускорения a_x бусинки положительна
- 4) на участке 1 модуль скорости уменьшается, а на участке 2 — остаётся неизменным

ЧАСТЬ 2

Ответом к заданиям этой части (B1—B4) 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.

B1. В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия одного моля разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия, его давление и объём?

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 гелия	Давление гелия	Объём гелия

В2. Монохроматический свет с энергией фотонов E_{ϕ} падает на поверхность металла, вызывая фотоэффект. При этом напряжение, при котором фототок прекращается, равно $U_{\text{зап}}$. Как изменятся длина волны λ падающего света, модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и длина волны $\lambda_{\text{кр}}$, соответствующая «красной границе» фотоэффекта, если энергия падающих фотонов E_{ϕ} увеличится?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Длина волны λ падающего света	Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	«Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$

В3. Пучок света переходит из воды в воздух. Частота световой волны — ν , длина световой волны в воде — λ , показатель преломления воды относительно воздуха — n . 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

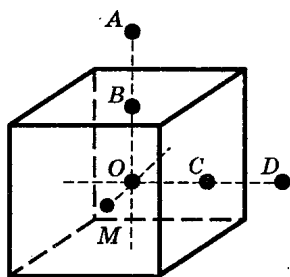
- А) скорость света в воздухе
 Б) скорость света в воде

ФОРМУЛЫ

- 1) $\lambda \cdot \nu$
- 2) $\frac{\lambda}{\nu}$
- 3) $\lambda \cdot \nu \cdot n$
- 4) $\frac{\lambda}{\nu} \cdot n$

А	Б

В4. На неподвижном проводящем уединённом кубике находится заряд Q . Точка O — центр кубика, точки B и C — центры его граней, $AB = OB$, $CD = OC$, $OM = \frac{OB}{2}$. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A равен E_A . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке D и в точке M ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

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

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ

А) модуль напряжённости электростатического поля кубика в точке D

1) 0

Б) модуль напряжённости электростатического поля кубика в точке M

2) E_A

3) $4E_A$

4) $16E_A$

А	Б

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

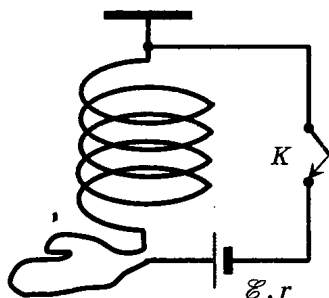
ЧАСТЬ 3

Задания третьей части представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике.

При выполнении заданий (А22—А25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания поставьте знак «Х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

Полное решение задач С1—С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

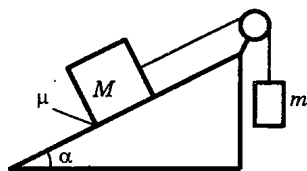
С1. Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ K , а нижний — с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно



большое время после замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Эффектами, связанными с нагреванием провода, пренебречь.

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

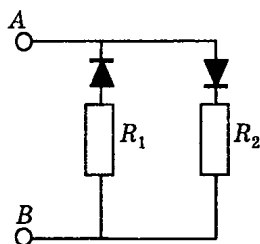
С2. Грузы массами $M = 1$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой M



находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения $\mu = 0,3$). Чему равно максимальное значение массы m , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя?

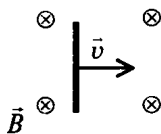
С3. В сосуде лежит кусок льда. Температура льда $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Если сообщить ему количество теплоты Q , то весь лёд растает и образовавшаяся вода нагреется до температуры $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Какая доля льда k растает, если сообщить ему количество теплоты $q = \frac{Q}{2}$? Тепловыми потерями на нагрев сосуда пренебречь.

С4. В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном — многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке A — положительного, а к точке B — отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 7,2 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 14,4 Вт.



Укажите условия протекания тока через диоды и резисторы в обоих случаях и определите сопротивление резисторов в этой цепи.

С5. Проводник длиной 1 м движется равноускоренно в однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). Начальная скорость движения проводника 4 м/с. Значение ЭДС индукции в этом проводнике в конце перемещения на расстояние 1 м равно 3 В. Чему равно ускорение, с которым движется проводник в магнитном поле?



С6. Покоящийся атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6$ эВ) поглощает в вакууме фотон с длиной волны $\lambda = 80$ нм. С какой скоростью движется вдали от ядра электрон, вылетевший из атома в результате ионизации? Кинетической энергией образовавшегося иона пренебречь.

Решения заданий варианта 1, часть 1

A1.

Тело движется по прямой, поэтому его ускорение направлено по этой же прямой, причём модуль ускорения $a = |a_x|$. График зависимости $v(t)$ представляет собой отрезок наклонной прямой, поэтому тело движется с постоянным ускорением. В этом случае $|a_x| = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$.

Выбирая по графику $t_1 = 0$, $t_2 = 4$ с, $v_1 = v(t_1) = 50$ м/с, $v_2 = v(t_2) = 10$ м/с, получаем $|a_x| = \left| \frac{10 - 50}{4 - 0} \right|$ м/с² = 10 м/с².

Ответ: 1.

A2.

По условию задачи, скорость ящика сохраняет величину и направление. Значит, ускорение ящика равно нулю. Согласно второму закону Ньютона, в инерциальной системе отсчёта (ИСО) это происходит, если сумма приложенных к телу сил равна нулю.

Ответ: 1.

A3.

Модуль силы тяжести mg определяется только массой тела и его положением (т.к. ускорение свободного падения зависит от расстояния до центра Земли), но не зависит от скорости тела и других сил, действующих на тело. Поэтому $F_{\text{тяж}} = mg = 0,1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 1 \text{ Н}$.

Ответ: 3.

A4.

Тело движется прямолинейно в одном направлении, поэтому модуль изменения импульса и изменение модуля импульса тела совпадают и равны в ИСО модулю импульса действующей силы: $\Delta p = F \Delta t$, откуда $\Delta t = \frac{\Delta p}{F} = (4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}) : 2 \text{ Н} = 2 \text{ с}$.

Ответ: 1.

А5.

Будем отсчитывать потенциальную энергию шарика в поле силы тяжести от уровня земли. Из условия задачи следует, что механическая энергия шарика сохраняется. Приравняем друг другу значения энергии шарика в начальном состоянии $E_1 = mgh$ и в конечном состоянии $E_2 = E_{\text{кин}}$. Получаем $E_{\text{кин}} = mgh = 0,15 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с} \cdot 20 \text{ м} = 30 \text{ Дж}$.

Ответ: 3.

А6.

Начальное положение, как это следует из условия задачи, — положение максимального отклонения маятника. Минимум потенциальной энергии маятника достигается при прохождении положения равновесия. В силу симметрии движения маятника в отсутствие сопротивления воздуха время движения маятника от максимального отклонения до положения равновесия равно четверти периода колебаний (при этом колебания могут быть и не малыми).

Ответ: 4.

А7.

Броуновское движение — это хаотичное движение видимых, т.е. крупных по сравнению с молекулами, частиц в среде молекул, которые постоянно сталкиваются с броуновскими частицами благодаря своему тепловому движению.

Ответ: 2.

А8.

Разреженный углекислый газ будем описывать уравнением Клапейрона–Менделеева: $pV = \frac{m}{M} RT$. Поскольку по условию задачи масса газа и его давление постоянны, получаем из этого уравнения, что $\frac{V}{T} = \frac{mR}{pM} = \text{const}$. Значит, чтобы уменьшить объём газа в данном процессе, надо во столько же раз понизить его температуру.

Ответ: 4.

A9.

Концентрация и давление насыщенного пара зависят только от его температуры. Поэтому при изотермическом сжатии насыщенного пара концентрация его молекул не изменится. Просто та часть молекул, которая занимала исчезнувший объём, сконденсируется в воду.

Ответ: 2.

A10.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$. При постоянном значении ν внутренняя энергия убывает только при понижении температуры. На графике процесса есть только один участок понижения температуры — это участок CD .

Ответ: 2.

A11.

Заряд электрона $q_e = -e < 0$. Конечный заряд пылинки $q_{\text{кон}}$ связан с её начальным зарядом $q_{\text{нач}}$ очевидным равенством, следующим из закона сохранения электрического заряда: $q_{\text{кон}} = q_{\text{нач}} - q_e = -2e - (-e) = -e$.

Ответ: 2.

A12.

Согласно графику в условии задачи, сила тока в проводнике прямо пропорциональна напряжению: $\frac{I}{U} = \text{const}$. Значит, согласно закону Ома, сопротивление проводника постоянно и равно $R = \frac{U}{I}$. Выбирая любую точку на графике, например, $U = 20$ В, $I = 4$ А, получим $R = 20$ В : 4 А = 5 Ом.

Ответ: 1.

A13.

На рисунке показано, что проводник bc параллелен вектору магнитной индукции \vec{B} . Поэтому модуль силы Ампера, действующей на этот проводник, равен нулю.

Ответ: 3.

A14.

На экране осциллографа горизонтальная ось — это ось времени t , а напряжение представлено отклонением графика от этой оси по вертикали. Судя по графикам, периоды колебаний обоих напряжений одинаковы (по 8 клеток), а амплитуды — разные (1 клетка и 3 клетки).

Ответ: 1.

A15.

Согласно рисунку, угол падения светового луча из воздуха на границу раздела «воздух–вещество» равен 70° , а угол преломления равен 40° . Согласно закону преломления света, показатель преломления вещества

$$\text{равен } n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\sin 70^\circ}{\sin 40^\circ} = \frac{0,94}{0,64} \approx 1,47.$$

Ответ: 1.

A16.

Скорость света в вакууме в любой ИСО равна по модулю c независимо от скорости источника.

Ответ: 2.

A17.

Энергия фотона связана с его частотой равенством: $E = h\nu$, где h — постоянная Планка. Поэтому для увеличения энергии фотона в 1,5 раза надо увеличить частоту фотона во столько же раз.

Ответ: 2.

A18.

Зарядовое число (оно же — порядковый номер элемента в таблице Менделеева) показывает заряд ядра в единицах элементарного заряда. Зарядовое число указывается слева внизу от символа элемента. В данном случае оно равно 5.

Ответ: 1.

A19.

В ядерных реакциях выполняются законы сохранения электрического заряда (это равносильно сохране-

нию зарядового числа) и массового числа. Исходя из этого, получаем для реакции, данной в условии, два равенства:

$$7 + 4 = 10 + A, \text{ откуда } A = 1;$$

$$3 + 2 = 5 + Z, \text{ откуда } Z = 0.$$

Таким образом, неизвестная частица — это ${}^1_0\text{X}$, то есть нейтрон.

Ответ: 2.

A20.

Разреженный углекислый газ в равновесном состоянии будем описывать уравнением Клапейрона–Менделеева:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT. \text{ Из этого уравнения получаем для плотности } \rho = \frac{m}{V} \text{ выражение: } \rho = \frac{p\mu}{RT}.$$

Зная μ и R , найдем ρ , если измерим давление газа p и его температуру T .

Ответ: 4.

A21.

При движении тела вдоль оси Ox можно судить о модуле скорости тела v по наклону графика $x(t)$: чем больше наклон, тем больше модуль скорости. Судя по графику в условии, на участке 1 модуль скорости тела уменьшается с течением времени, а на участке 2 остается постоянным.

Ответ: 4.

Решения заданий варианта 1, часть 2

B1.

Первое начало термодинамики в случае адиабаты записываем в виде: $0 = \Delta U + A$, где ΔU — изменение внутренней энергии газа, A — работа газа. Из того, что $\Delta U > 0$, следует, во-первых, что работа газа $A < 0$, т.е. объём газа уменьшается. Во-вторых, поскольку для разреженного

гелия $U = \frac{3}{2} \nu RT$, при $\nu = \text{const}$ из $\Delta U > 0$ следует, что температура газа увеличивается. Наконец, внутреннюю энергию гелия можно представить в виде $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$.

Поскольку внутренняя энергия газа увеличивается, а его объем, как мы установили, уменьшается, то необходимо, чтобы давление гелия увеличивалось.

Ответ: 112.

В2.

Поскольку энергия фотона связана с длиной волны равенством $E_{\text{ф}} = \frac{hc}{\lambda}$, то с ростом $E_{\text{ф}}$ длина волны λ уменьшается. «Красная граница» фотоэффекта $\lambda_{\text{кр}}$ не зависит от $E_{\text{ф}}$. Наконец, из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта в форме $E_{\text{ф}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{кр}}} + eU_{\text{зап}}$ следует, что с ростом $E_{\text{ф}}$ при неизменном значении $\lambda_{\text{кр}}$ растет модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$.

Ответ: 213.

В3.

Длина волны λ в воде связана со скоростью v света в воде равенством $\lambda = vT = \frac{v}{\nu}$, где ν — частота света. Отсюда $v = \lambda\nu$. При переходе светового пучка в воздух частота света не изменяется, а скорость света возрастает: $c = v n = \lambda\nu n$.

Ответ: 31.

В4.

Напряженность электростатического поля в симметричных точках пространства одинакова по модулю, поэтому $E_D = E_A$. Напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю, поэтому $E_M = 0$.

Ответ: 21.

Решения заданий варианта 1, часть 3А

А22.

В отсутствие трения при выключенном двигателе сохраняется механическая энергия автомобиля. Сравнивая начальное и конечное состояния автомобиля, из закона сохранения механической энергии получаем:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv_1^2}{2}. \text{ Учтем, что } h = L\sin\alpha, \text{ и получим}$$

$$v_0 = \sqrt{v_1^2 - 2gh} = \sqrt{v_1^2 - 2gL\sin\alpha} = 20 \text{ м/с.}$$

Ответ: 4.

А23.

При плотности кислорода $\rho = 2 \text{ кг/1,66 м}^3 \approx 1,2 \text{ кг/м}^3$ его вполне можно считать разреженным газом и описывать уравнением Клапейрона–Менделеева: $pV = \frac{m}{M}RT$.

Подставляя в это уравнение числовые данные из условия задачи и молярную массу кислорода $M = 32 \cdot 10^{-3} \text{ г/моль}$ из справочной таблицы, получим:

$$T = \frac{MpV}{mR} = \frac{32 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 \cdot 1,66}{2 \cdot 8,31} \approx 320 \text{ (К)}.$$

Ответ: 4.

А24.

Под действием постоянной силы, равной по модулю qE , частица движется по горизонтали с ускорением $a = \frac{qE}{m}$ из состояния покоя по направлению напряжённости электрического поля. В этом направлении за время t частица сместится от начального положения на

$$\text{расстояние } x = \frac{at^2}{2} = \frac{qEt^2}{2m}. \text{ Отсюда } t = \sqrt{\frac{2mx}{qE}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 4,5 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-13} \cdot 2 \cdot 10^5}} \text{ с} \approx 0,03 \text{ с.}$$

Ответ: 3.

A25.

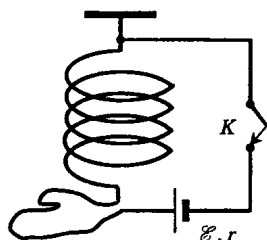
Запишем уравнение Эйнштейна для фотоэффекта в терминах условия задачи. В случае λ_0 получаем: $\frac{hc}{\lambda_0} = 2E_0 + E_0 = 3E_0$. В случае искомой длины волны λ получаем: $\frac{hc}{\lambda} = 2E_0 + 7E_0 = 9E_0$. Поделив первое равенство на второе, получим $\frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{3E_0}{9E_0} = \frac{1}{3}$. Таким образом, $\lambda = \frac{\lambda_0}{3}$.

Ответ: 1.

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

ВАРИАНТ № 1

C1. Мягкая пружина из нескольких крупных витков провода подвешена к потолку. Верхний конец пружины подключается к источнику тока через ключ K , а нижний — с помощью достаточно длинного мягкого провода (см. рисунок). Как изменится длина пружины через достаточно большое время после замыкания ключа K ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Эффектами, связанными с нагреванием провода, пренебречь.

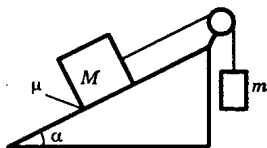


Образец возможного решения

- 1) Пружина сожмётся, её длина уменьшится.
- 2) До замыкания ключа пружина находится в состоянии равновесия, в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со сторон соседних витков, уравновешивают силу тяжести, действующую на виток.

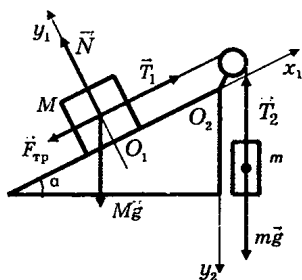
Образец возможного решения	
<p>3) При замыкании ключа К по цепи пойдет ток. В соседних витках пружины токи потекут сонаправленно. Проводники с сонаправленными токами притягиваются друг к другу. В результате после затухания вертикальных колебаний витков пружины будет достигнуто новое состояние равновесия (пружина станет короче), в котором упругие силы, действующие на каждый виток пружины со стороны соседних витков, будут уравновешивать силу тяжести и силу Ампера, действующие на виток.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее ответ (в данном случае — п. 1), рассуждения, приводящие к правильному ответу (в данном случае — пп. 2, 3), и указаны физические явления и законы (в данном случае — <i>взаимное притяжение проводников с сонаправленными токами, сила Ампера, условие равновесия витка пружины</i>).</p>	3
<p>Приведено решение и дан верный ответ, но имеется <u>один</u> 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.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> 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.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

С2. Грузы массами $M = 1$ кг и m связаны лёгкой нерастяжимой нитью, переброшенной через блок, по которому нить может скользить без трения (см. рисунок). Груз массой M находится на шероховатой наклонной плоскости (угол наклона плоскости к горизонту $\alpha = 30^\circ$, коэффициент трения $\mu = 0,3$). Чему равно максимальное значение массы m , при котором система грузов ещё не выходит из первоначального состояния покоя?



Образец возможного решения

1. Если масса m достаточно велика, но грузы ещё покоятся, то сила трения покоя, действующая на груз массой M , направлена вниз вдоль наклонной плоскости (см. рисунок).
2. Будем считать систему отсчета, связанную с наклонной плоскостью, инерциальной. Запишем второй закон Ньютона для каждого из покоящихся тел в проекциях на оси введенной системы координат:



$$\left. \begin{aligned} O_1 x_1 : T_1 - M g \sin \alpha &= 0 \\ O_1 y_1 : N - M g \cos \alpha &= 0 \\ O_2 y_2 : m g - T_2 &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Учтем, что

$T_1 = T_2 = T$ (нить легкая, между блоком и нитью трения нет),

$F_{\text{тр}} \leq \mu N$ (сила трения покоя).

Тогда

$$T = m g,$$

$$F_{\text{тр}} = m g - M g \sin \alpha,$$

$$N = M g \cos \alpha,$$

и мы приходим к неравенству

$$m g - M g \sin \alpha \leq \mu M g \cos \alpha$$

с решением

$$m \leq M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha).$$

Таким образом,

$$m_{\text{max}} = M(\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \approx 0,76 \text{ кг.}$$

Ответ: $m_{\text{max}} \approx 0,76$ кг.

С3. В сосуде лежит кусок льда. Температура льда $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Если сообщить ему количество теплоты Q , то весь лёд растает и образовавшаяся вода нагреется до температуры $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Какая доля льда k растает, если сообщить ему количество теплоты $q = \frac{Q}{2}$? Тепловыми потерями на нагрев сосуда пренебречь.

Образец возможного решения

1. Пусть m — масса льда, λ — удельная теплота плавления льда, c — удельная теплоемкость воды. Тогда

$$\begin{cases} Q = \lambda m + cm(t_2 - t_1), \\ \frac{Q}{2} = \lambda(km). \end{cases}$$

2. Выразив Q из второго уравнения и подставив этот результат в первое уравнение, получим:

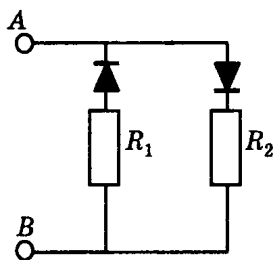
$$(2k - 1)\lambda = c(t_2 - t_1),$$

откуда

$$k = \frac{1}{2} \left[\frac{c}{\lambda} (t_2 - t_1) + 1 \right] \approx 0,63.$$

Ответ: $k \approx 0,63$.

С4. В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диодов в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном — многократно превышает сопротивление резисторов. При подключении к точке А — положительного, а к точке В — отрицательного полюса батареи с ЭДС 12 В и пренебрежимо малым внутренним сопротивлением потребляемая мощность равна 7,2 Вт. При изменении полярности подключения батареи потребляемая мощность оказалась равной 14,4 Вт.



Укажите условия протекания тока через диоды и резисторы в обоих случаях и определите сопротивление резисторов в этой цепи.

Образец возможного решения

При подключении положительного полюса батареи к точке A потенциал точки A выше потенциала точки B ($\varphi_A > \varphi_B$), поэтому ток через резистор R_1 не течёт, а течёт через резистор R_2 .

Эквивалентная схема цепи имеет вид, изображенный на рисунке 1. Потребляемая мощность

$$P_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_2}.$$

При изменении полярности подключения батареи $\varphi_A < \varphi_B$, ток через резистор R_2 не течёт, но течёт через резистор R_1 . Эквивалентная схема цепи в этом случае изображена на рисунке 2.

При этом потребляемая мощность $P_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{R_1}$.

Из этих уравнений получаем: $R_2 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_1}$, $R_1 = \frac{\mathcal{E}^2}{P_2}$.

Подставляя значения физических величин, указанные в условии, получаем: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом.

Ответ: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом.

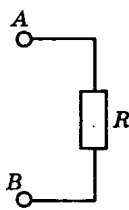


Рис. 1

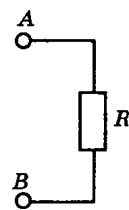
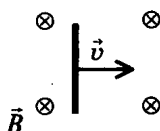


Рис. 2

С5. Проводник длиной 1 м движется равноускоренно в однородном магнитном поле, индукция которого равна 0,5 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). Начальная скорость движения проводника 4 м/с. Значение ЭДС индукции в этом проводнике в конце перемещения на расстояние 1 м равно 3 В. Чему равно ускорение, с которым движется проводник в магнитном поле?



Образец возможного решения

Модуль ЭДС индукции в проводнике, движущемся в однородном магнитном поле \vec{B} , в данном случае равен $|\mathcal{E}| = Blv$, где v — скорость движения проводника, l — его длина.

В конце перемещения \vec{d} в случае равноускоренного движения по прямой с ускорением \vec{a} и начальной скоростью \vec{v}_0

скорость проводника равна $v = \sqrt{v_0^2 + 2ad}$.

Образец возможного решения

Отсюда следует равенство $\frac{\mathcal{E}^2}{B^2 l^2} = v_0^2 + 2ad$, из которого полу-

чаем величину ускорения проводника: $a = \frac{1}{2d} \left(\frac{\mathcal{E}^2}{B^2 l^2} - v_0^2 \right) =$
 $= 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: $a = 10 \text{ м/с}^2$.

С6. Покоящийся атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6 \text{ эВ}$) поглощает в вакууме фотон с длиной волны $\lambda = 80 \text{ нм}$. С какой скоростью движется вдали от ядра электрон, вылетевший из атома в результате ионизации? Кинетической энергией образовавшегося иона пренебречь.

Образец возможного решения

Из условия следует, что кинетическая энергия исходного атома и кинетическая энергия образовавшегося иона в балансе энергии не участвуют.

Энергия поглощенного фотона $E_\phi = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Согласно зако-

ну сохранения энергии, $E_k = E_\phi + E_1$, где $E_k = \frac{mv^2}{2}$ — кинетическая энергия электрона, вылетевшего из атома. Отсюда

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} + E_1 \text{ и } v = \sqrt{\frac{2}{m} \left(\frac{hc}{\lambda} + E_1 \right)},$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \left(\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{8 \cdot 10^{-8}} - 13,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \right)}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 8,11 \cdot 10^5 \text{ (м/с)} =$$

$$= 811 \text{ км/с.}$$

Ответ: $v \approx 811 \text{ км/с}$.