

Тренировочная работа № 6 по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант №1

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

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

Часть 2 содержит 5 заданий (B1–B5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий B1 и B2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий B3–B5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1–C6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий B3–B5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении 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. За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. 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	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

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°С

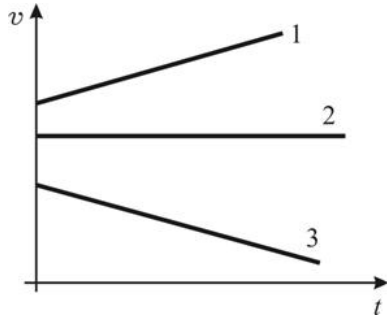
Молярная масса

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

Часть 1

При выполнении заданий А1 – А25 обведите кружком номер правильного ответа.

А1 Тела 1, 2 и 3 движутся по прямой. Какие графики зависимости скорости от времени соответствуют движению с постоянным по модулю ненулевым ускорением?



- 1) 1 и 2 2) 2 и 3 3) 1 и 3 4) 1, 2 и 3

А2 Материальная точка движется по окружности со скоростью 2 м/с. Модуль скорости точки изменился и стал равен 4 м/с. При этом

- 1) частота обращения точки по окружности увеличилась в 2 раза
- 2) частота обращения точки по окружности уменьшилась в 2 раза
- 3) период обращения точки по окружности увеличился в 2 раза
- 4) период обращения точки по окружности уменьшился в 4 раза

А3 Тело массой 1 кг движется по прямой под действием постоянной силы. Скорость этого тела изменяется с течением времени в соответствии с таблицей. Чему равен модуль силы, действующей на тело?

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4
$V, \text{ м/с}$	0	2	4	6	8

- 1) 1 Н 2) 2 Н 3) 3 Н 4) 4 Н

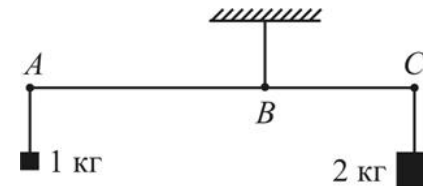
А4 Два тела одинаковой массы движутся навстречу друг другу вдоль оси Ox с одинаковыми по модулю скоростями. Между телами происходит неупругий удар, в результате которого тела слипаются. После удара

- 1) тела продолжают двигаться в положительном направлении вдоль оси Ox .
- 2) тела продолжают двигаться в отрицательном направлении вдоль оси Ox .
- 3) тела останавливаются.
- 4) направление дальнейшего движения тел предсказать невозможно.

А5 На гладком столе покоится брусок. В этот брусок попадает пуля, летящая в горизонтальном направлении, и застревает в нем. В результате полная механическая энергия пули...

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) становится равной нулю

А6 На горизонтальном легком рычаге уравновешены грузы массами 1 кг и 2 кг. Длина левого плеча рычага $AB = 20$ см. Чему равна длина BC правого плеча рычага?



- 1) 10 см 2) 20 см 3) 5 см 4) 40 см

А7 На длинной легкой пружине подвешивают грузы различной массы и изучают гармонические колебания получающегося пружинного маятника. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость угловой частоты ω колебаний груза от его массы m . Чему равна жесткость пружины?

$m, \text{ кг}$	0,1	0,4	1,6	2,5	6,4
$\omega, \text{ с}^{-1}$	10	5	2,5	2	1,25

- 1) 0,1 Н/м 2) 1 Н/м 3) 10 Н/м 4) 100 Н/м

А8 Какие из описанных ниже процессов объясняются только явлением диффузии?

- А) Если открыть окно, то в комнату поступает свежий воздух.
- Б) Если пролить на пол духи, то их запах распространяется по всей комнате.
- В) Если положить огурцы в соленую воду, то через некоторое время они просолятся.

- 1) А)
- 2) Б)
- 3) В)
- 4) А), Б) и В)

A9 В закрытом сосуде под поршнем находятся воздух и пары воды. Относительная влажность воздуха в сосуде 70%. Двигая поршень, объем сосуда медленно изотермически уменьшили в 2 раза. Чему стала равна относительная влажность воздуха?

- 1) 35% 2) 70% 3) 100% 4) 140%

A10 Водяной пар имеет температуру 100 °С. При его конденсации на холодной стеклянной пластинке

- 1) внутренняя энергия пара уменьшается, а внутренняя энергия стекла – увеличивается
- 2) внутренняя энергия пара увеличивается, а внутренняя энергия стекла – уменьшается
- 3) внутренняя энергия пара уменьшается, а внутренняя энергия стекла остается неизменной
- 4) внутренняя энергия пара увеличивается, а внутренняя энергия стекла остается неизменной

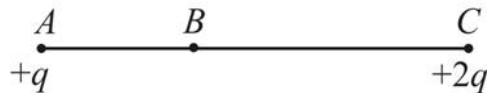
A11 Порцию идеального газа сжали, совершив над ней работу 200 Дж и одновременно сообщив количество теплоты 100 Дж. Как и на сколько изменилась внутренняя энергия этой порции газа?

- 1) уменьшилась на 100 Дж
- 2) увеличилась на 100 Дж
- 3) уменьшилась на 300 Дж
- 4) увеличилась на 300 Дж

A12 Идеальный тепловой двигатель имеет температуру нагревателя 800 К и температуру холодильника 300 К. За один цикл работы этот двигатель получает от нагревателя количество теплоты 16 кДж. Какое количество теплоты этот двигатель передает за один цикл работы холодильнику?

- 1) 4 кДж 2) 6 кДж 3) 8 кДж 4) 10 кДж

A13 В точках *A* и *C* расположены положительные точечные заряды $+q$ и $+2q$. Длина отрезка *AB* вдвое меньше длины отрезка *BC*. Как направлен вектор \vec{E} напряженности электростатического поля, создаваемого зарядами в точке *B*?

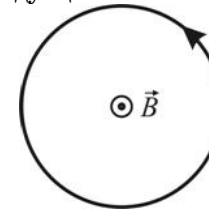


- 1) влево (\leftarrow)
- 2) вправо (\rightarrow)
- 3) вверх (\uparrow)
- 4) напряженность электростатического поля в точке *B* равна нулю

A14 Резистор сопротивлением 2 Ом подключен к источнику постоянного напряжения. Параллельно этому резистору подключили другой резистор сопротивлением 4 Ом. Как и во сколько раз изменилась мощность, выделяющаяся на участке цепи, состоящем из резисторов?

- 1) уменьшилась в 1,5 раза
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 1,5 раза
- 4) увеличилась в 2 раза

A15 Проволочное кольцо находится в однородном магнитном поле, вектор индукции \vec{B} которого направлен вдоль оси кольца так, как показано на рисунке. По кольцу течет индукционный ток, направление которого указано стрелкой. Модуль индукции магнитного поля в данном случае

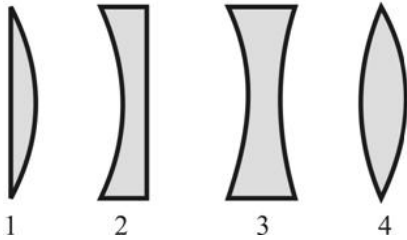


- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) может и увеличиваться, и уменьшаться – однозначно определить нельзя

A16 В процессе распространения бегущей электромагнитной волны векторы напряженности \vec{E} электрического поля и индукции \vec{B} магнитного поля

- 1) параллельны друг другу и направлены в одну сторону
- 2) параллельны друг другу и направлены в противоположные стороны
- 3) перпендикулярны друг другу
- 4) постоянны по модулю и неизменны по направлению

A17 Какие из изображенных на рисунке стеклянных линз являются собирающими? Линзы находятся в воздухе.

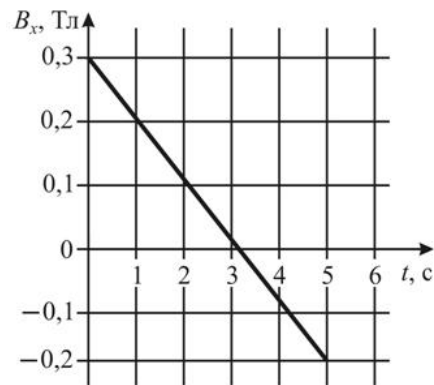


- 1) 1 и 2 2) 2 и 4 3) 1 и 4 4) 2, 3 и 4

A18 Для наблюдения дифракции монохроматического света используется дифракционная решетка. Всего в дифракционной картине за решеткой наблюдаются 3 максимума интенсивности света. Если использовать для наблюдения дифракции решетку с вдвое большим периодом, то число наблюдаемых максимумов интенсивности

- 1) не изменится
- 2) уменьшится
- 3) увеличится
- 4) может и увеличиться, и уменьшиться – однозначно определить нельзя

A19 В однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} находится тонкое проводящее кольцо площадью 100 см^2 и сопротивлением 1 Ом . Ось кольца параллельна координатной оси Ox . Проекция B_x вектора индукции на ось Ox изменяется так, как показано на графике. Какой заряд протекает по кольцу к моменту времени $t = 5 \text{ с}$?



- 1) 1 мКл 2) 2 мКл 3) 3 мКл 4) 5 мКл

A20 Красной границей фотоэффекта называют

- 1) минимальную интенсивность падающего на металл света, при которой наблюдается фотоэффект
- 2) максимальную интенсивность падающего на металл света, при которой наблюдается фотоэффект
- 3) минимальную длину волны падающего на металл света, при которой наблюдается фотоэффект
- 4) максимальную длину волны падающего на металл света, при которой наблюдается фотоэффект

A21 Электрон в атоме водорода переходит с энергетического уровня $E_1 = -3,4 \text{ эВ}$ на энергетический уровень $E_2 = -13,6 \text{ эВ}$. При этом

- 1) испускает фотон с энергией 17 эВ
- 2) поглощает фотон с энергией 17 эВ
- 3) испускает фотон с энергией $10,2 \text{ эВ}$
- 4) поглощает фотон с энергией $10,2 \text{ эВ}$

A22 При радиоактивном β -распаде из ядра атома A_ZX вылетает электрон. При этом атомный номер Z ядра X , претерпевающего распад,

- 1) может только уменьшаться
- 2) может только увеличиваться
- 3) может и уменьшаться, и увеличиваться
- 4) остается без изменений

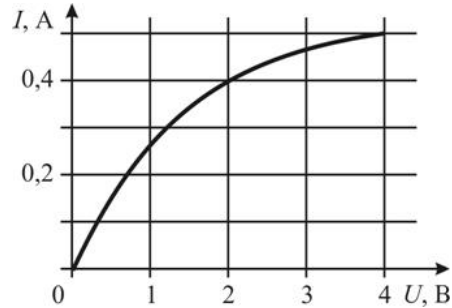
A23 Химический элемент менделевий ${}^{256}_{101}\text{Md}$ был искусственно получен путем облучения эйнштейния ${}^{253}_{99}\text{Es}$. При этом происходила ядерная реакция ${}^{253}_{99}\text{Es} + {}^Z_A X \rightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0\text{n}$. Частица X , которой облучали эйнштейний, это

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

A24 Какие из перечисленных законов, согласно современным представлениям, являются фундаментальными (то есть справедливыми всегда и везде без каких-либо исключений)?

- А) Закон сохранения энергии.
 Б) Закон всемирного тяготения.
 В) Закон Гука.
 Г) Закон Бойля-Мариотта.
- 1) А) и Б)
 - 2) А), Б) и В)
 - 3) Б), В) и Г)
 - 4) Все перечисленные законы

A25 На графике показана экспериментально полученная зависимость силы тока I , текущего через лампу накаливания, от напряжения U на лампе. Две такие лампы соединили последовательно и подключили к источнику постоянного напряжения 4 В. Чему равна сила тока, текущего через источник?



- 1) 0,5 А 2) 0,4 А 3) 0,3 А 4) 0,2 А

Часть 2

При выполнении заданий В1 – В5 укажите ответ в отведенном для него поле.

В1 Груз на пружине совершает гармонические колебания с частотой 1 Гц. Как в процессе этих колебаний изменяются следующие физические величины, перечисленные в первом столбце?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|--|
| А) скорость груза | 1) не изменяется |
| Б) потенциальная энергия деформации пружины | 2) изменяется по гармоническому закону с частотой 1 Гц |
| В) полная механическая энергия системы | 3) изменяется по гармоническому закону с частотой 2 Гц |

Ответ:

А	Б	В

В2 Установите соответствие между приборами и физическими явлениями, которые используются в работе этих приборов (для каждого прибора укажите соответствующий номер физического явления). Номера могут повторяться.

ПРИБОР

ФИЗИЧЕСКОЕ ЯВЛЕНИЕ

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| А) генератор переменного тока | 1) преломление света |
| Б) лупа | 2) электромагнитная индукция |
| В) дозиметр | 3) ионизация газов |
| Г) трансформатор | |

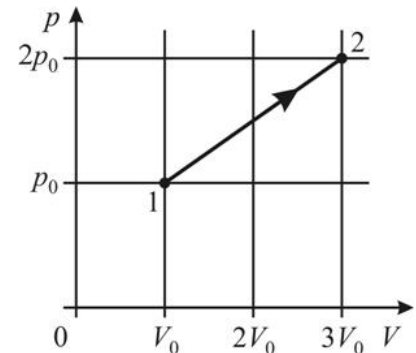
Ответ:

А	Б	В	Г

В3 Маленький шарик массой 60 г прикреплен к концу нити длиной 96 см. Второй конец нити привязан к вбитому в стену гвоздю. Шарик движется по окружности, лежащей в вертикальной плоскости. В момент, когда шарик проходит верхнюю точку окружности, сила натяжения нити равна 1 Н. Чему равна скорость шарика в момент, когда он проходит нижнюю точку окружности? Ответ выразите в м/с.

Ответ:

В4 На pV -диаграмме показан процесс 1–2, в котором участвовало неизменное количество одноатомного идеального газа. В состоянии 1 эта порция газа имела внутреннюю энергию 4 кДж. Какую работу совершил газ в процессе 1–2? Ответ выразите в кДж.



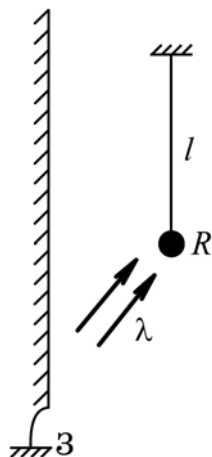
Ответ:

В5 К аккумулятору, на клеммах которого поддерживается постоянное напряжение 12 В, последовательно подсоединены разомкнутый ключ, резистор и незаряженный воздушный конденсатор емкостью 2 мкФ. Ключ замыкают. Какое количество теплоты выделяется в электрической цепи за достаточно большое время после замыкания ключа? Ответ выразите в мкДж.

Ответ:

При выполнении заданий С1 – С6 напишите развернутый ответ.

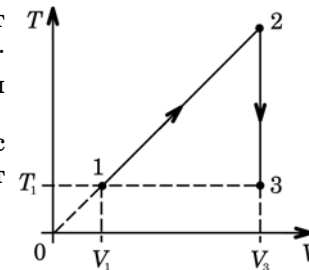
С1 Маленький незаряженный металлический шарик, подвешенный на непроводящей нити в вакууме около большой вертикальной заземленной металлической плоскости (см. рисунок), начинают облучать узким пучком монохроматического света, длина волны λ которого находится в видимом диапазоне. Опишите, как может в дальнейшем изменяться угол наклона нити к вертикали. Силами светового давления можно пренебречь, длина l нити подвеса намного больше радиуса R шарика, и превышает расстояние от точки подвеса до плоскости.



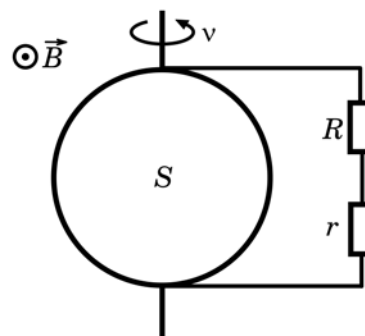
С2 Упругий шар, движущийся по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью \vec{V} , испытывает абсолютно упругое нелобовое столкновение с таким же покоящимся шаром, в результате чего он продолжает движение со скоростью \vec{V}' , направленной под углом $\phi = 30^\circ$ к первоначальному направлению. Под каким углом α к первоначальному направлению движения первого шара направлена скорость \vec{V}_1 второго шара после столкновения?

С3 С одним молем идеального газа проводят процесс 1–2–3, изображенный на TV -диаграмме. Известно, что $T_1 = 300$ К, а $\frac{V_3}{V_1} = 4$. Каким

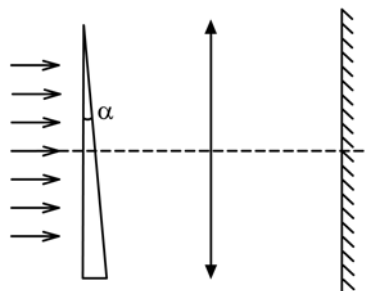
количеством теплоты Q_{123} газ обменялся с окружающими телами в этом процессе? Ответ округлите до десятых долей кДж.



С4 В однородное постоянное магнитное поле с индукцией $B = 0,955$ Тл помещена катушка с малым сопротивлением, намотанная на цилиндрический каркас и состоящая из $N = 100$ витков площадью $S = 10$ см² каждый. Катушка вращается с частотой $\nu = 50$ Гц вокруг оси, лежащей в плоскости витков и перпендикулярной вектору \vec{B} (см. рисунок). При помощи скользящих контактов концы катушки присоединены к цепи, состоящей из последовательно соединенных резисторов сопротивлениями $R = 20$ Ом и $r = 5$ Ом. Найдите амплитуду переменного напряжения на резисторе r . Явлением самоиндукции в катушке пренебречь.



С5 На стеклянный клин с малым преломляющим углом $\alpha = 0,05$ рад падает перпендикулярно его передней грани параллельный пучок монохроматического света. За клином помещена тонкая собирающая линза с оптической силой $D = 1$ дптр, а за ней – экран, который находится в фокальной плоскости этой линзы. Плоскость линзы перпендикулярна оси падающего на систему пучка. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин, $n = 1,8$. На каком расстоянии от главного фокуса линзы пучок соберется на экране?



С6 Движущаяся нейтральная частица (π^0 -мезон) распалась на два γ -кванта с энергиями E_1 и E_2 , которые летят в противоположных направлениях. Найдите скорость частицы до распада, если $\frac{E_1}{E_2} = 1,5$.

Тренировочная работа № 6

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант №2

Район _____

Город (населенный пункт) _____

Школа _____

Класс _____

Фамилия _____

Имя _____

Отчество _____

Инструкция по выполнению работы

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении 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. За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. 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	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

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°С

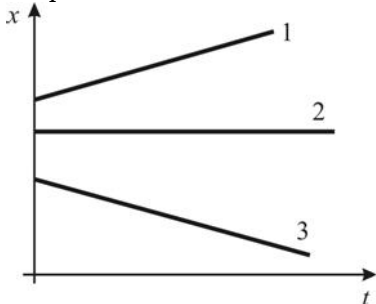
Молярная масса

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

Часть 1

При выполнении заданий А1 – А25 обведите кружком номер правильного ответа.

А1 На рисунке приведены графики зависимостей координаты от времени для тел 1, 2 и 3. Какие графики соответствуют равномерному прямолинейному движению с ненулевой скоростью?



- 1) только 2 2) 1 и 2 3) 2 и 3 4) 1 и 3

А2 Материальная точка движется по окружности. Частота ее обращения составляет 4 Гц. Если частота обращения изменится и станет равной 2 Гц, то

- 1) центростремительное ускорение точки уменьшится в 4 раза
- 2) центростремительное ускорение точки увеличится в 4 раза
- 3) период обращения точки по окружности увеличится в 4 раза
- 4) период обращения точки по окружности уменьшится в 2 раза

А3 Тело движется по прямой под действием постоянной силы 3 Н. Скорость этого тела изменяется с течением времени в соответствии с таблицей. Чему равна масса тела?

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4
$V, \text{ м/с}$	12	9	6	3	0

- 1) 1 кг 2) 2 кг 3) 3 кг 4) 4 кг

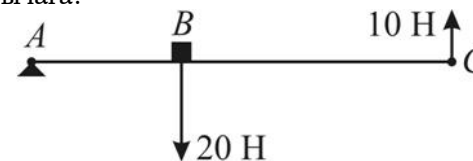
А4 Покоящаяся молекула распадается на два одинаковых атома. Первый атом летит со скоростью 1 м/с вдоль оси Ox в положительном направлении. Скорость второго атома

- 1) равна по модулю 1 м/с и направлена вдоль оси Ox в положительном направлении
- 2) равна по модулю 1 м/с и направлена вдоль оси Ox в отрицательном направлении
- 3) равна нулю
- 4) равна по модулю 1 м/с и может быть направлена в любую сторону

А5 На гладком столе покоится брусок. В этот брусок попадает пуля, летящая в горизонтальном направлении, и застревает в нем. В результате полная механическая энергия бруска

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется
- 4) становится равной нулю

А6 При помощи легкого горизонтального рычага AC удерживают в равновесии небольшой груз B весом 20 Н. Для этого к концу C рычага прикладывают вертикально направленную силу 10 Н. Известно, что $AB = 10 \text{ см}$. Чему равна длина AC рычага?



- 1) 10 см 2) 20 см 3) 30 см 4) 40 см

А7 Астронавт, находящийся на Луне, измерял зависимость угловой частоты ω колебаний математического маятника от его длины L . Результаты измерений приведены в таблице. Чему равно ускорение свободного падения на Луне?

$L, \text{ м}$	0,025	0,1	0,4	0,9	1,6
$\omega, \text{ рад/с}$	8	4	2	1,33	1

- 1) $0,4 \text{ м/с}^2$ 2) $1,6 \text{ м/с}^2$ 3) $5,0 \text{ м/с}^2$ 4) $9,8 \text{ м/с}^2$

А8 Диффузия возможна

- 1) только в газах
- 2) только в газах и в жидкостях
- 3) только в жидкостях и в твердых телах
- 4) в газах, в жидкостях и в твердых телах

А9 В закрытом сосуде под поршнем находится смесь воздуха и паров воды, которую можно считать идеальным газом. Относительная влажность воздуха в сосуде 50%. Объем сосуда медленно увеличивают, поддерживая температуру смеси постоянной. Относительная влажность воздуха при этом

- 1) не изменяется
- 2) увеличивается
- 3) уменьшается
- 4) может как увеличиваться, так и уменьшаться

A10 Жидкий эфир испарился с поверхности металлической пластинки. При этом

- 1) внутренняя энергия эфира уменьшилась, а внутренняя энергия металла – увеличилась
- 2) внутренняя энергия эфира увеличилась, а внутренняя энергия металла – уменьшилась
- 3) внутренняя энергия эфира уменьшилась, а внутренняя энергия металла осталась неизменной
- 4) внутренняя энергия эфира увеличилась, а внутренняя энергия металла осталась неизменной

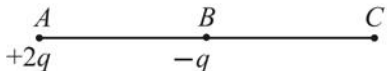
A11 От идеального газа в некотором процессе отняли количество теплоты 200 Дж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 300 Дж. Какую работу совершил газ в этом процессе?

- 1) 100 Дж
- 2) 500 Дж
- 3) –500 Дж
- 4) –100 Дж

A12 Идеальная тепловая машина имеет температуру нагревателя 900 К и температуру холодильника 300 К. За один цикл работы этот двигатель получает от нагревателя количество теплоты 15 кДж. Какую работу совершает этот двигатель за один цикл работы?

- 1) 5 кДж
- 2) 10 кДж
- 3) 15 кДж
- 4) 22,5 кДж

A13 В точке A расположен положительный точечный заряд $+2q$, а в точке B – отрицательный точечный заряд $-q$. Длины отрезков AB и BC одинаковы. Вектор \vec{E} напряженности электростатического поля, создаваемого зарядами в точке C , направлен на рисунке

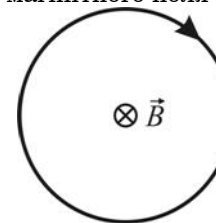


- 1) влево (\leftarrow)
- 2) вправо (\rightarrow)
- 3) напряженность электростатического поля в точке C равна нулю.
- 4) вниз (\downarrow)

A14 Участок цепи представляет собой два резистора сопротивлениями 3 Ом и 6 Ом, соединенные параллельно. На этом участке цепи поддерживается постоянное напряжение. Резистор сопротивлением 6 Ом отключили. Как и во сколько раз изменилась мощность, выделяющаяся на участке цепи?

- 1) уменьшилась в 1,5 раза
- 2) уменьшилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 1,5 раза
- 4) увеличилась в 2 раза

A15 Проволочное кольцо находится в однородном магнитном поле, вектор индукции \vec{B} которого направлен вдоль оси кольца так, как показано на рисунке. По кольцу течет индукционный ток, направление которого указано стрелкой. Модуль индукции магнитного поля в данном случае

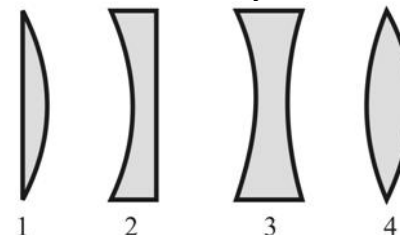


- 1) уменьшается
- 2) увеличивается
- 3) не изменяется
- 4) может либо увеличиваться, либо уменьшаться – однозначно определить нельзя

A16 Скорость распространения электромагнитных волн

- 1) в веществе больше, чем в вакууме
- 2) в веществе меньше, чем в вакууме
- 3) одинакова в веществе и в вакууме
- 4) в некоторых веществах больше, чем в вакууме, а в некоторых – меньше, чем в вакууме

A17 Какие из изображенных на рисунке стеклянных линз являются рассеивающими? Линзы находятся в воздухе.

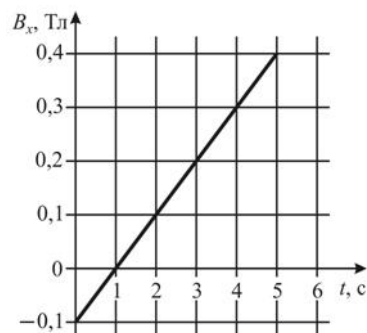


- 1) 1 и 2
- 2) 2 и 3
- 3) 3 и 4
- 4) 1, 2 и 3

A18 Для наблюдения дифракции монохроматического света используется дифракционная решетка. Всего в дифракционной картине за решеткой наблюдаются 5 максимумов интенсивности света. Если использовать для наблюдения дифракции свет с вдвое меньшей длиной волны, то число наблюдаемых максимумов интенсивности

- 1) уменьшится
- 2) увеличится
- 3) не изменится
- 4) может либо увеличиться, либо уменьшиться – однозначно определить нельзя

A19 В однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} находится тонкое проводящее кольцо площадью 100 см^2 и сопротивлением 1 Ом . Ось кольца параллельна координатной оси Ox . Проекция B_x вектора индукции на ось Ox изменяется так, как показано на графике. Какой заряд протекает по кольцу к моменту времени $t = 5 \text{ с}$?



- 1) 1 мКл
- 2) 3 мКл
- 3) 4 мКл
- 4) 5 мКл

A20 Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта является следствием

- 1) закона сохранения импульса, примененного для фотона, который выбивает из металла электрон
- 2) закона сохранения энергии, примененного для фотона, который выбивает из металла электрон
- 3) закона сохранения электрического заряда, примененного к процессу выбивания фотоном электрона из металла
- 4) законов Ньютона, примененных к процессу выбивания фотоном электрона из металла

A21 Электрон в атоме водорода переходит с энергетического уровня $E_1 = -13,6 \text{ эВ}$ на энергетический уровень $E_2 = -1,5 \text{ эВ}$. При этом атом

- 1) испускает фотон с энергией $15,1 \text{ эВ}$
- 2) поглощает фотон с энергией $15,1 \text{ эВ}$
- 3) испускает фотон с энергией $12,1 \text{ эВ}$
- 4) поглощает фотон с энергией $12,1 \text{ эВ}$

A22 При радиоактивном β -распаде из ядра атома ${}^A_Z X$ вылетает электрон. При этом массовое число A ядра X , претерпевающего распад,

- 1) может только уменьшаться
- 2) может только увеличиваться
- 3) может и уменьшаться, и увеличиваться
- 4) остается без изменений

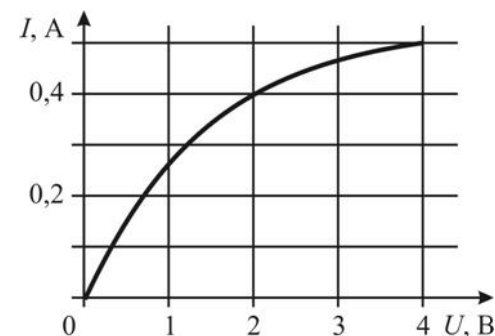
A23 Химический элемент курчатовий ${}^{260}_{104}\text{Ku}$ был искусственно получен путем облучения плутония ${}^{242}_{94}\text{Pu}$ ядрами неона ${}^{22}_{10}\text{Ne}$. При этом происходила ядерная реакция ${}^{242}_{94}\text{Pu} + {}^{22}_{10}\text{Ne} \rightarrow {}^{260}_{104}\text{Ku} + X$. Незвестный продукт X данной реакции – это

- 1) 4 протона
- 2) 4 нейтрона
- 3) 2 протона и 2 нейтрона
- 4) α -частица

A24 Какие из перечисленных законов, согласно современным представлениям, являются фундаментальными (то есть справедливыми всегда и везде без каких-либо исключений)?

- А) Закон Гей-Люссака
 Б) Закон Кулона
 В) Закон Ома для участка цепи
 Г) Закон электромагнитной индукции Фарадея
- 1) А) и Б)
 - 2) А), Б) и Г)
 - 3) Б) и Г)
 - 4) все перечисленные законы

A25 На графике показана экспериментально полученная зависимость силы тока I , текущего через лампу накаливания, от напряжения U на лампе. Две такие лампы соединили параллельно и подключили к источнику постоянного напряжения 2 В . Чему равна сила тока, текущего через источник?



- 1) 0,2 А
- 2) 0,4 А
- 3) 0,6 А
- 4) 0,8 А

Часть 2

При выполнении заданий В1 – В5 укажите ответ в отведенном для него поле.

В1 Математический маятник, сделанный из тяжелого грузика, висящего на длинной нити, совершает гармонические колебания с частотой 0,5 Гц. Как в процессе этих колебаний изменяются следующие физические величины, перечисленные в первом столбце?

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|--|
| А) смещение грузика от положения равновесия | 1) не изменяется |
| Б) кинетическая энергия грузика | 2) изменяется по гармоническому закону с частотой 1 Гц |
| В) полная механическая энергия маятника | 3) изменяется по гармоническому закону с частотой 0,5 Гц |

Ответ:

А	Б	В

В2 Установите соответствие между устройствами и физическими законами, на которых основана работа этих устройств (для каждого устройства укажите соответствующий номер физического закона). Номера могут повторяться.

УСТРОЙСТВО

ФИЗИЧЕСКИЙ ЗАКОН

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| А) поршневой насос | 1) Закон Паскаля |
| Б) двигатель внутреннего сгорания | 2) Закон Гука |
| В) гидравлический пресс | 3) Первый закон термодинамики |
| Г) пружинный динамометр | |

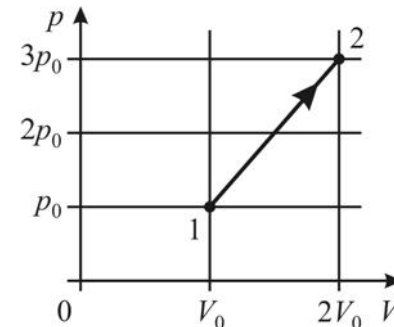
Ответ:

А	Б	В	Г

В3 Маленький шарик массой 60 г прикреплен к концу нити длиной 96 см. Второй конец нити привязан к вбитому в стену гвоздю. Шарик движется по окружности, лежащей в вертикальной плоскости. В момент, когда шарик проходит нижнюю точку окружности, сила натяжения нити равна 4 Н. Чему равна скорость шарика в момент, когда он проходит верхнюю точку окружности? Ответ выразите в м/с.

Ответ:

В4 На pV -диаграмме показан процесс 1–2, в котором участвовало неизменное количество одноатомного идеального газа. В состоянии 2 эта порция газа имела внутреннюю энергию 9 кДж. Какую работу совершил газ в процессе 1–2? Ответ выразите в кДж.



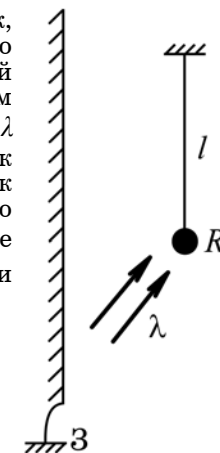
Ответ:

В5 К аккумулятору, на клеммах которого поддерживается постоянное напряжение, последовательно подсоединены разомкнутый ключ, резистор и незаряженный воздушный конденсатор емкостью 2 мкФ. Ключ замыкают. За достаточно большое время после замыкания ключа в электрической цепи выделяется количество теплоты 81 мкДж. Чему равно напряжение на клеммах источника? Ответ выразите в В.

Ответ:

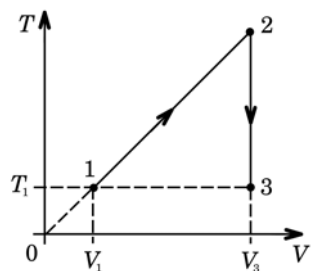
При выполнении заданий С1 – С6 напишите развернутый ответ.

С1 Маленький незаряженный металлический шарик, подвешенный на непроводящей нити в вакууме около большой вертикальной заземленной металлической плоскости (см. рисунок), начинают облучать узким пучком монохроматического света, длина волны λ которого находится в видимом диапазоне. Опишите, как может в дальнейшем изменяться угол наклона нити к вертикали. Силами светового давления можно пренебречь, длина l нити подвеса намного больше радиуса R шарика, и превышает расстояние от точки подвеса до плоскости.

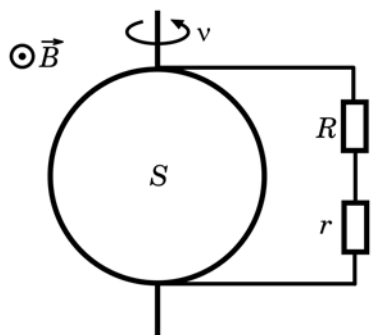


С2 Упругий шар, движущийся по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью \vec{V} , испытывает абсолютно упругое нелобовое столкновение с таким же покоящимся шаром, в результате чего он продолжает движение со скоростью \vec{V}' , направленной под углом $\varphi = 30^\circ$ к первоначальному направлению. Под каким углом α к первоначальному направлению движения первого шара направлена скорость \vec{V}_1 второго шара после столкновения?

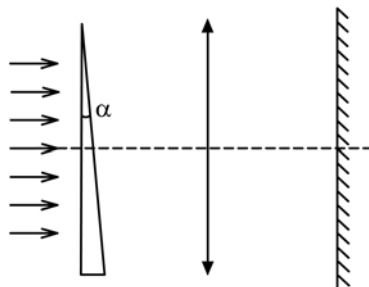
С3 С одним молем идеального газа проводят процесс 1–2–3, изображенный на TV -диаграмме. Известно, что $T_1 = 300$ К, а $\frac{V_3}{V_1} = 4$. Каким количеством теплоты Q_{123} газ обменялся с окружающими телами в этом процессе? Ответ округлите до десятых долей кДж.



С4 В однородное постоянное магнитное поле с индукцией $B = 0,955$ Тл помещена катушка с малым сопротивлением, намотанная на цилиндрический каркас и состоящая из $N = 100$ витков площадью $S = 10$ см² каждый. Катушка вращается с частотой $\nu = 50$ Гц вокруг оси, лежащей в плоскости витков и перпендикулярной вектору \vec{B} (см. рисунок). При помощи скользящих контактов концы катушки присоединены к цепи, состоящей из последовательно соединенных резисторов сопротивлениями $R = 20$ Ом и $r = 5$ Ом. Найдите амплитуду переменного напряжения на резисторе r . Явлением самоиндукции в катушке пренебречь.



С5 На стеклянный клин с малым преломляющим углом $\alpha = 0,05$ рад падает перпендикулярно его передней грани параллельный пучок монохроматического света. За клином помещена тонкая собирающая линза с оптической силой $D = 1$ дптр, а за ней – экран, который находится в фокальной плоскости этой линзы. Плоскость линзы перпендикулярна оси падающего на систему пучка. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин, $n = 1,8$. На каком расстоянии от главного фокуса линзы пучок соберется на экране?



С6 Движущаяся нейтральная частица (π^0 -мезон) распалась на два γ -кванта с энергиями E_1 и E_2 , которые летят в противоположных направлениях. Найдите скорость частицы до распада, если $\frac{E_1}{E_2} = 1,5$.

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	231
B2	2132
B3	8

№ задания	Ответ
B4	8
B5	144

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

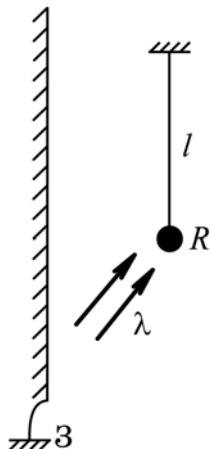
Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	321
B2	1312
B3	4

№ задания	Ответ
B4	2
B5	9

Критерии оценивания заданий с развернутым ответом

C1 Маленький незаряженный металлический шарик, подвешенный на непроводящей нити в вакууме около большой вертикальной заземленной металлической плоскости (см. рисунок), начинают облучать узким пучком монохроматического света, длина волны λ которого находится в видимом диапазоне. Опишите, как может в дальнейшем изменяться угол наклона нити к вертикали. Силами светового давления можно пренебречь, длина l нити подвеса намного больше радиуса R шарика, и превышает расстояние от точки подвеса до плоскости.



Образец возможного решения

Фотоны видимого света могут выбивать электроны из шарика, если их длина волны меньше той, которая соответствует красной границе фотоэффекта для металла, из которого сделан шарик. При этом шарик будет приобретать положительный заряд до тех пор, пока кинетической энергии вылетающих электронов будет хватать для преодоления силы их притяжения к шарика. Положительно заряженный шарик индуцирует отрицательный заряд такой же величины на заземленной плоскости, и будет притягиваться к ней, что вызовет отклонение нити от вертикали на определенный угол в сторону плоскости. Если сила притяжения небольшая, то установится некоторый постоянный угол отклонения нити от вертикали, который в дальнейшем не будет изменяться.

При достаточно большой силе притяжения шарик притянется к плоскости вплоть до касания с ней, произойдет разряд, при котором заряд с шарика стечет на плоскость, а сила притяжения исчезнет. После этого начнутся колебания шарика на нити: попадая в луч света, шарик будет заряжаться, притягиваться к плоскости, отдавать ей свой заряд, отклоняться обратно и т.д.

При длине волны падающего света, превышающей красную границу фотоэффекта, фотоэффект отсутствует. При этом шарик не будет заряжаться, и в условиях данной задачи угол отклонения нити подвеса от вертикали при освещении шарика будет все время оставаться близким к нулю.

Таким образом, в зависимости от соотношения параметров в условии задачи, возможно три разных случая: угол отклонения нити от вертикали может все время быть близким к нулю, или он может возрасти от нуля до некоторой величины и далее оставаться постоянным, или он может изменяться в некоторых пределах – от нуля до максимального значения – при колебаниях шарика.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
------------------------------------	-------

<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – описание поведения угла наклона нити подвеса шарика во всех трех случаях), и дано полное верное объяснение причин наблюдаемых эффектов и их описание (в данном случае – описание процесса заряжения шарика вследствие фотоэффекта, объяснение причины его притяжения к плоскости и рассмотрение дальнейших возможных вариантов его движения).</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 – Недостаточно полно описаны существенные черты физических явлений, понимание которых необходимых 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 <u>правильный</u> ответ без обоснований.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, разрозненные записи и т.п.).</p>	0

C2 Упругий шар, движущийся по гладкой горизонтальной плоскости со скоростью \vec{V} , испытывает абсолютно упругое нелобовое столкновение с таким же покоящимся шаром, в результате чего он продолжает движение со скоростью \vec{V}' , направленной под углом $\varphi = 30^\circ$ к первоначальному направлению. Под каким углом α к первоначальному направлению движения первого шара направлена скорость \vec{V}'_1 второго шара после столкновения?

Образец возможного решения

Способ 1. Согласно условию, при столкновении шаров массой m выполняются законы сохранения импульса и механической энергии:

$$m\vec{V} = m\vec{V}' + m\vec{V}_1, \quad \frac{mV^2}{2} = \frac{m(V')^2}{2} + \frac{mV_1^2}{2}.$$

Перепишем первое уравнение в проекциях на направление вектора \vec{V} и на направление, перпендикулярное ему:

$$V = V' \cos \varphi + V_1 \cos \alpha, \quad V' \sin \varphi - V_1 \sin \alpha = 0.$$

С учетом этого, из закона сохранения механической энергии имеем:

$$(V')^2 \cos^2 \varphi + 2V' V_1 \cos \varphi \cos \alpha + V_1^2 \cos^2 \alpha = (V')^2 + V_1^2$$

или

$$(V')^2 \sin^2 \varphi + V_1^2 \sin^2 \alpha = 2V' V_1 \cos \varphi \cos \alpha.$$

Разделив правую и левую части уравнения на $V' V_1$, получаем:

$$\frac{V' \sin^2 \varphi}{V_1} + \frac{V_1 \sin^2 \alpha}{V'} = 2 \cos \varphi \cos \alpha.$$

Поскольку $\frac{V'}{V_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \varphi}$, то из последнего уравнения находим:

$\sin \alpha \sin \varphi = \cos \varphi \cos \alpha$, или $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{ctg} \varphi$. Отсюда следует, что $\alpha = \pi / 2 - \varphi = 60^\circ$.

Способ 2. Согласно условию, при столкновении шаров выполняются законы сохранения импульса и механической энергии:

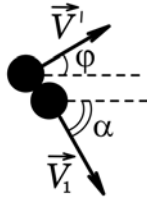
$$m\vec{V} = m\vec{V}' + m\vec{V}_1, \quad \frac{mV^2}{2} = \frac{m(V')^2}{2} + \frac{mV_1^2}{2}.$$

Возведем первое уравнение в квадрат. Тогда система уравнений переписется в следующем виде:

$$V^2 = (V')^2 + 2(\vec{V}' \cdot \vec{V}_1) + V_1^2, \quad V^2 = (V')^2 + V_1^2.$$

Далее вычтем из первого уравнения второе. В результате получим, что скалярное произведение $(\vec{V}' \cdot \vec{V}_1) = 0$, то есть $\vec{V}' \perp \vec{V}_1$. Поэтому угол $\alpha = \pi / 2 - \varphi = 60^\circ$.

Ответ: $\alpha = \pi / 2 - \varphi = 60^\circ$.



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – законы сохранения импульса и механической энергии при упругом соударении шаров); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ.	3

Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов.

2

ИЛИ

Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу.

ИЛИ

В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.

В решении содержится ошибка в необходимых математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты.

1

ИЛИ

Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка.

ИЛИ

Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).

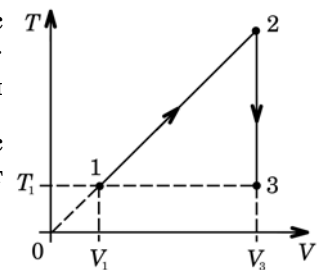
0

С3

С одним молем идеального газа проводят процесс 1–2–3, изображенный на TV -диаграмме.

Известно, что $T_1 = 300$ К, а $\frac{V_3}{V_1} = 4$. Каким

количеством теплоты Q_{123} газ обменялся с окружающими телами в этом процессе? Ответ округлите до десятых долей кДж.



Образец возможного решения

Как следует из диаграммы процесса, на участке 1–2 температура газа прямо пропорциональна его объему, так что этот участок является изобарой, а участок 2–3 – изохора.

Согласно первому началу термодинамики, $Q_{123} = A_{123} + \Delta U_{123}$.

На изобарном участке 1–2 газ совершает работу

$$A_{12} = p_1(V_3 - V_1) = p_1 V_1 (V_3 / V_1 - 1) = RT_1(V_3 / V_1 - 1), \quad \text{поскольку согласно}$$

уравнению Клапейрона–Менделеева для 1 моля идеального газа $p_1 V_1 = RT_1$. На изохорном участке 2–3 газ работы не совершает, так что $A_{23} = 0$. Значит, $A_{123} = RT_1(V_3 / V_1 - 1)$.

Поскольку внутренняя энергия U идеального газа прямо пропорциональна его абсолютной температуре T , а температуры в точках 1 и 3 одинаковы и равны T_1 , то $\Delta U_{123} = 0$, и $\Delta U_{123} = 0$.

Таким образом,

$$Q_{123} = A_{123} = RT_1(V_3 / V_1 - 1) = 8,3 \cdot 300 \cdot (4 - 1) = 7470 \text{ Дж} \approx 7,5 \text{ кДж.}$$

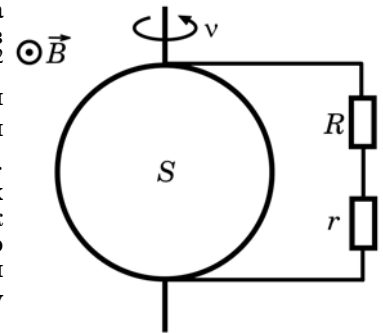
Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

Ответ: $Q_{123} \approx 7,5 \text{ кДж}$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: – верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона–Менделеева, выражение для работы газа и связь внутренней энергии с температурой у идеального газа); – проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. ИЛИ Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

С4

В однородное постоянное магнитное поле с индукцией $B = 0,955 \text{ Тл}$ помещена катушка с малым сопротивлением, намотанная на цилиндрический каркас и состоящая из $N = 100$ витков площадью $S = 10 \text{ см}^2$ каждый. Катушка вращается с частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$ вокруг оси, лежащей в плоскости витков и перпендикулярной вектору \vec{B} (см. рисунок). При помощи скользящих контактов концы катушки присоединены к цепи, состоящей из последовательно соединенных резисторов сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$ и $r = 5 \text{ Ом}$. Найдите амплитуду переменного напряжения на резисторе r . Явлением самоиндукции в катушке пренебречь.



Образец возможного решения

Магнитный поток через вращающуюся катушку изменяется по закону $\Phi = BNS\cos(2\pi\nu t + \varphi)$, в результате чего в ней, в соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея, возникает ЭДС индукции $E = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\Phi' = 2\pi\nu BNS\sin(2\pi\nu t + \varphi)$ с амплитудой $E_0 = 2\pi\nu BNS \approx 30$ В (штрихом обозначена операция вычисления производной по времени от потока Φ).

Катушка является источником переменного синусоидального напряжения для присоединенной к ней цепи из резисторов с общим сопротивлением, равным $R_{\Sigma} = R + r = 20 + 5 = 25$ Ом. Пренебрегая явлением самоиндукции в катушке и ее сопротивлением, на основании закона Ома для полной цепи можно считать, что в цепи течет переменный ток с амплитудой $I_0 = \frac{E_0}{R_{\Sigma}} \approx \frac{30}{25} = 1,2$ А. Следовательно,

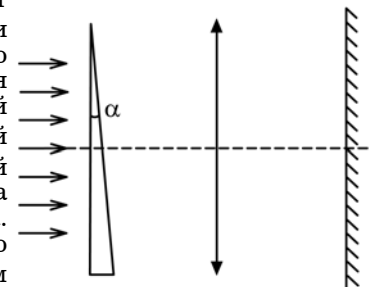
амплитуда падения напряжения на резисторе r , по закону Ома для участка цепи, равна $U_{r0} = I_0 \cdot r = 1,2 \cdot 5 = 6$ В.

Допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).

Ответ: $U_{r0} = 6$ В.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: – верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – закон электромагнитной индукции, закон Ома для замкнутой цепи из последовательно соединенных резисторов, закон Ома для участка цепи); – проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в ОДНОЙ из них допущена ошибка. ИЛИ Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

С5 На стеклянный клин с малым преломляющим углом $\alpha = 0,05$ рад падает перпендикулярно его передней грани параллельный пучок монохроматического света. За клином помещена тонкая собирающая линза с оптической силой $D = 1$ дптр, а за ней – экран, который находится в фокальной плоскости этой линзы. Плоскость линзы перпендикулярна оси падающего на систему пучка. Показатель преломления стекла, из которого изготовлен клин, $n = 1,8$. На каком расстоянии от главного фокуса линзы пучок соберется на экране?



Образец возможного решения

В силу условия задачи на передней грани клина пучок не преломляется и попадает на заднюю грань с малым углом падения α . Согласно закону преломления света, угол преломления пучка, отсчитываемый от перпендикуляра к задней грани клина, равен $\beta \approx n\alpha$, так как для углов $\varphi \ll 1$ можно считать, что $\sin \varphi \approx \varphi$. Угол отклонения пучка от первоначального направления равен $\gamma = \beta - \alpha \approx (n - 1)\alpha$, так что $\gamma \ll 1$.

Таким образом, после прохождения через клин узкий параллельный пучок монохроматического света падает на линзу под углом γ к ее главной оптической оси и собирается в точку на экране в фокальной плоскости линзы на расстоянии $l = f \operatorname{tg} \gamma \approx f\gamma = \frac{\gamma}{D} \approx \frac{(n - 1)\alpha}{D}$ от ее главного фокуса (здесь $f = 1/D$ – фокусное расстояние линзы).

Следовательно, $l \approx \frac{(n - 1)\alpha}{D} = \frac{0,8 \cdot 0,05}{1} = 0,04$ м = 4 см.

Допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).
Ответ: 4 см.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: – верно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – применен закон преломления света с учетом малости преломляющего угла призмы, найдено положение точки, в которую собираются параллельные лучи пучка монохроматического света после прохождения через линзу); – проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3

Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка. ИЛИ Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0

- С6** Движущаяся нейтральная частица (π^0 -мезон) распалась на два γ -кванта с энергиями E_1 и E_2 , которые летят в противоположных направлениях. Найдите скорость частицы до распада, если $\frac{E_1}{E_2} = 1,5$.

Образец возможного решения	
<p>При распаде частицы выполняются законы сохранения полной энергии и импульса.</p> $E = mc^2 = E_1 + E_2, p = mv = p_1 - p_2 = \frac{E_1 - E_2}{c},$ <p>где E – энергия частицы, m – ее масса, p – ее импульс, а v – скорость. Здесь применена формула Эйнштейна для связи массы и энергии частицы, и учтено, что импульс γ-кванта (т.е. фотона) связан с его энергией соотношением $E = pc$. Поскольку $E_1 \neq E_2$, и $p_1 \neq p_2$, то фотоны могут двигаться только по направлению движения π^0-мезона – в противном случае нарушался бы закон сохранения импульса.</p> $\text{Отсюда } v = \frac{E_1 - E_2}{mc} = \frac{E_1 - E_2}{E_1 + E_2}c = \frac{(E_1 / E_2) - 1}{(E_1 / E_2) + 1}c = 0,2c = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$ <p>Ответ: $v = 0,2c = 6 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы: — верно записаны формулы, выражающие физические законы, <u>применение</u> которых <u>необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <u>связь массы с полной энергией частицы, выражение для импульса частицы и связь энергии и импульса для фотона</u>); — проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ. При этом допускается решение "по частям" (с промежуточными вычислениями).	3
Представлено правильное решение только в общем виде, без каких-либо числовых расчетов. ИЛИ Правильно записаны необходимые формулы, записан правильный ответ, но не представлены преобразования, приводящие к ответу. ИЛИ В математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка, которая привела к неверному ответу.	2
В решении содержится ошибка в <u>необходимых</u> математических преобразованиях и отсутствуют какие-либо числовые расчеты. ИЛИ Записаны все исходные формулы, необходимые для решения задачи, но в <u>ОДНОЙ</u> из них допущена ошибка. ИЛИ Отсутствует одна из формул, необходимых для решения задачи.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла (использование неприменимого закона, отсутствие более одного исходного уравнения, разрозненные записи и т.п.).	0