

Инструкция по выполнению работы

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

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию 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 6 задач (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	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	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
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	подсолнечного масла	900 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
		ртути	13600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

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	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	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°C

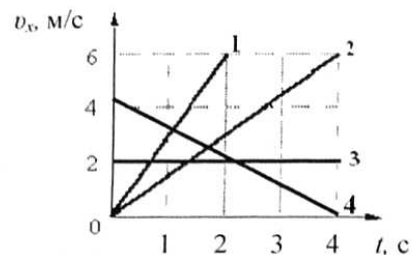
Молярная масса

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

- A1** Четыре тела движутся вдоль оси Ox . На рисунке изображены графики зависимости проекций скоростей этих тел v_x на ось Ox от времени t . Какое из тел движется с самым большим по модулю ускорением?



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

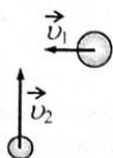
- A2** С каким ускорением движется брусок массой 10 кг под действием силы 5 Н?

- 1) $0,5 \text{ м/с}^2$
2) 50 м/с^2
3) 25 м/с^2
4) 2 м/с^2

- A3** Мяч массой 300 г брошен под углом 45° к горизонту с начальной скоростью $v = 20 \text{ м/с}$. Модуль силы тяжести, действующей на мяч сразу после броска, равен

- 1) 1,5 Н 2) 0 3) 6 Н 4) 3 Н

- A4** Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и сталкиваются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если удар абсолютно упругий?



- 1) ↖
2) ←
3) ↗
4) ↑

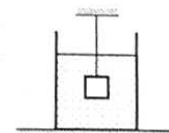
- A5** Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту, причём масса грузовика $m_2 = 3000 \text{ кг}$. Какова масса легкового автомобиля, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 3?

- 1) 1000 кг 2) 1500 кг 3) 1370 кг 4) 330 кг

- A6** При упругой деформации 1 см стальная пружина имеет потенциальную энергию 1 Дж. Насколько изменится потенциальная энергия этой пружины при увеличении упругой деформации до 2 см?

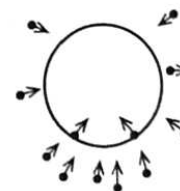
- 1) уменьшится на 1 Дж
2) уменьшится на 2 Дж
3) увеличится на 3 Дж
4) увеличится на 4 Дж

- A7** Груз массой $m = 2,0 \text{ кг}$ и объёмом $V = 1,0 \text{ л}$, подвешенный на тонкой нити, целиком погружён в жидкость и не касается дна сосуда (см. рисунок). Модуль силы натяжения нити $T = 12 \text{ Н}$. Найдите плотность жидкости.



- 1) 900 кг/м^3
2) 800 кг/м^3
3) 1100 кг/м^3
4) 1000 кг/м^3

- A8** На рисунке изображено положение покоящейся броуновской частицы и указаны направления скоростей ближайших к ней молекул окружающей среды в некоторый момент времени. В этот момент броуновская частица начинает двигаться



- 1) влево
2) вниз
3) вверх
4) вправо

- A9** 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

- A10** Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 25%. Какой будет относительная влажность, если объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

- 1) 25% 2) 100% 3) 75% 4) 8%

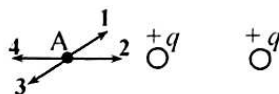
A11 Идеальный газ совершил работу 8 Дж и получил количество теплоты 12 Дж. Внутренняя энергия газа

- 1) увеличилась на 20 Дж
- 2) увеличилась на 4 Дж
- 3) уменьшилась на 4 Дж
- 4) уменьшилась на 20 Дж

A12 За один цикл работы идеальный тепловой двигатель Карно получает от нагревателя количество теплоты, равное 25 кДж, и совершает работу 8 кДж. Какова температура нагревателя, если температура холодильника равна 350 К?

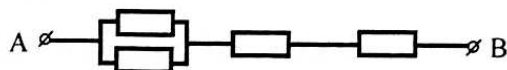
- 1) 1094 К
- 2) 462 К
- 3) 515 К
- 4) 588 К

A13 На рисунке представлено расположение двух неподвижных положительных точечных электрических зарядов $+q$ и $+q$. Направлению вектора напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке А соответствует стрелка



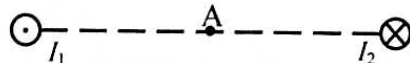
- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A14 На участке цепи, изображённом на рисунке, сопротивление каждого из четырёх резисторов 6 Ом. Общее сопротивление цепи между клеммами А и В равно



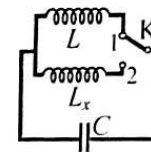
- 1) 1,5 Ом
- 2) 24 Ом
- 3) 15 Ом
- 4) 8 Ом

A15 Магнитное поле $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы $\vec{B}_1$ и $\vec{B}_2$ в точке А направлены в плоскости чертежа следующим образом:



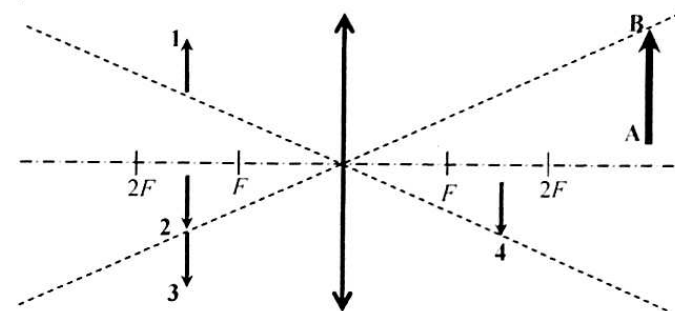
- 1) $\vec{B}_1$ – вверх, $\vec{B}_2$ – вверх
- 2) $\vec{B}_1$ – вниз, $\vec{B}_2$ – вверх
- 3) $\vec{B}_1$ – вверх, $\vec{B}_2$ – вниз
- 4) $\vec{B}_1$ – вниз, $\vec{B}_2$ – вниз

A16 Какой должна быть индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре увеличился в 3 раза?



- 1) $3L$
- 2) $9L$
- 3) $\frac{1}{9}L$
- 4) $\frac{1}{3}L$

A17 Какому из предметов 1–4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



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

A18 Примером проявления дифракции может служить

- 1) голубой цвет неба
- 2) солнечное затмение
- 3) поглощение рентгеновских лучей свинцовой пластиной
- 4) проникновение света в область геометрической тени

A19 Две частицы, отношение зарядов которых $\frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{2}$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Найдите отношение масс частиц $\frac{m_2}{m_1}$, если их кинетические энергии одинаковы, а отношение радиусов траекторий $\frac{R_2}{R_1} = 2$.

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 8
- 4) 4

A20 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

A21 В свинцовую капсулу поместили $6 \cdot 10^{21}$ атомов радиоактивного актиния $^{227}_{89}\text{Ac}$. Сколько атомов актиния останется в капсуле через 20 дней? Период полураспада 10 дней.

- 1) $7 \cdot 10^{20}$ 2) $1,5 \cdot 10^{21}$ 3) $24 \cdot 10^{21}$ 4) $3 \cdot 10^{21}$

A22 Ядро стронция $^{90}_{38}\text{Sr}$ претерпело β^- -распад. В результате этого образовались:

- 1) ядро $^{90}_{37}\text{Rb}$ и $^0_{-1}\text{e}$
 2) ядро $^{90}_{36}\text{Kr}$ и ^4_2He
 3) ядро $^{90}_{39}\text{Y}$ и $^0_{-1}\text{e}$
 4) ядро $^{90}_{38}\text{Sr}$ и γ -излучение

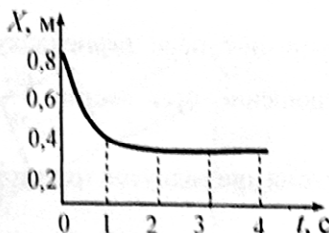
A23 На металлическую пластинку падает электромагнитное излучение, выбивающее электроны из пластинки. Работа выхода электронов из металла равна 6 эВ, а максимальная кинетическая энергия электронов, вылетевших из пластинки в результате фотоэффекта, в 2 раза меньше работы выхода. Чему равна энергия фотонов падающего излучения?

- 1) 2 эВ 2) 3 эВ 3) 6 эВ 4) 9 эВ

A24 Идеальный газ в количестве ν молей занимает при температуре T объем V . Универсальная газовая постоянная R . Какую величину можно определить по этим данным?

- 1) массу газа m
 2) молярную массу газа μ
 3) молярную теплоёмкость газа C_V при постоянном объёме
 4) давление p

A25 На рисунке показан график изменения координаты тележки с течением времени в инерциальной системе отсчёта. На основании графика можно утверждать, что



- 1) тележка первые 2 секунды двигалась с уменьшающейся скоростью, а затем равномерно
 2) тележка первые 2 секунды двигалась с уменьшающейся скоростью, а затем покоилась
 3) равнодействующая сил, действующая на тележку, всё время уменьшалась
 4) координата тележки изменялась обратно пропорционально времени

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 первой серии опытов исследовались малые колебания груза на нити некоторой длины. Затем этот же груз закрепили на нити меньшей длины. Максимальные углы отклонения нити от вертикали в опытах одинаковые. Как при переходе от первой серии опытов ко второй изменятся период колебаний, частота и амплитуда колебаний?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
 2) уменьшится
 3) не изменится

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

Период колебаний	Частота колебаний	Амплитуда колебаний

B2 Как изменятся при γ -излучении следующие характеристики атомного ядра: массовое число ядра, заряд ядра и число нуклонов в ядре?

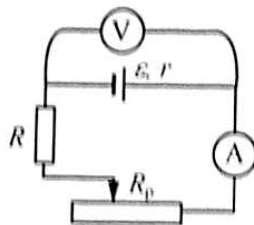
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
 2) уменьшится
 3) не изменится

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

Массовое число ядра	Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

В3 Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

- А) показания амперметра
Б) показания вольтметра

ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЁТОВ ПОКАЗАНИЙ ПРИБОРОВ

- 1) $\varepsilon(R + R_p + r)$
2) $\frac{\varepsilon}{R + R_p + r}$
3) $\frac{\varepsilon(R + R_p)}{R + R_p + r}$
4) $\frac{\varepsilon(R_p + r)}{R + R_p}$

Ответ:

А	Б

В4

При исследовании свойств изображения в линзах в первом опыте предмет приближается к рассеивающей линзе (рис. 1), во втором – к собирающей (рис. 2). При каких расстояниях d можно наблюдать действительное увеличенное изображение (отражение света от поверхностей линз не рассматривается)? К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ТИП ЛИНЗЫ

А) рассеивающая

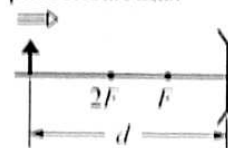


Рис. 1

Б) собирающая

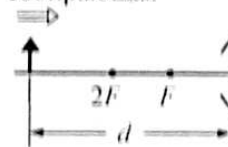


Рис. 2

УСЛОВИЯ НАБЛЮДЕНИЯ

- 1) при любых d , кроме $d = F$,
2) при $F < d < 2F$,
3) при $d = 2F$,
4) нельзя наблюдать ни при каком d .

Ответ:

А	Б

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Часть 3

Задания C1–C6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1

Намагниченный стальной стержень начинает свободное падение с нулевой начальной скоростью из положения, изображённого на рис. 1. Пролетая сквозь закреплённое проволоочное кольцо, стержень создаёт в нём электрический ток, сила которого изменяется со временем так, как показано на рис. 2.

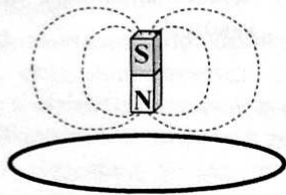


Рис. 1

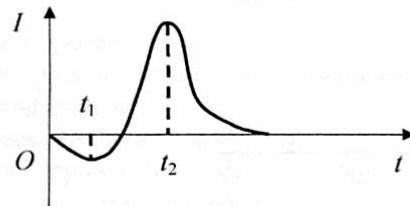


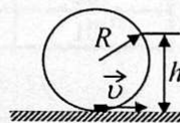
Рис. 2

Почему в момент времени t_2 модуль силы тока больше, чем в момент времени t_1 ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения. Влиянием тока в кольце на движение магнита пренебречь.

Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 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.

C2

Небольшая шайба, начав движение из нижней точки закреплённого гладкого кольца радиусом $R = 0,14$ м, скользит по его внутренней поверхности. На высоте $h = 0,18$ м она отрывается от кольца и свободно падает. Какова начальная скорость v шайбы?

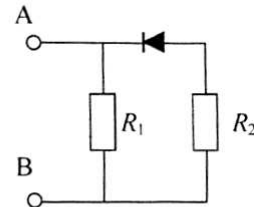


C3

В калориметре находился лёд при температуре -5°C . Какой была масса льда, если после добавления в калориметр 15 г воды, имевшей температуру 20°C , и установления теплового равновесия температура содержимого калориметра оказалась равной -2°C ? Теплообменом с окружающей средой и теплоёмкостью калориметра пренебречь.

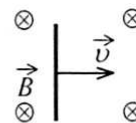
C4

В цепи, изображённой на рисунке, сопротивление диода 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 $21,6$ Вт. Укажите условия протекания тока через диод и резисторы и определите сопротивления резисторов в этой цепи.



C5

Проводник длиной $0,1$ м движется равноускоренно в однородном магнитном поле, индукция которого 1 Тл и направлена перпендикулярно проводнику и скорости его движения (см. рисунок). При начальной скорости проводника, равной нулю, и ускорении 8 м/с² проводник переместился на 1 м. Какова ЭДС индукции в этом проводнике в конце перемещения?



C6

Свободный пион (π^0 -мезон) с энергией покоя 135 МэВ движется со скоростью $V = 3 \cdot 10^7$ м/с. В результате его распада образовались два γ -кванта, причём первый распространяется в направлении движения пиона, а второй – в противоположном направлении. Чему равна энергия первого γ -кванта?