



ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ТЕСТИРОВАНИЯ



Вариант по физике № 4

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения 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 задач (C1–C6), для которых требуется дать развернутые решения.

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	милли	м	10^{-3}
мега	М	10^6	микро	мк	10^{-6}
кило	к	10^3	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}
санти	с	10^{-2}	атто	а	10^{-18}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
заряд электрона	$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273,15^\circ \text{C}$
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	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$

Плотность

воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	железа, стали	7800 кг/м^3
аэтона	790 кг/м^3		

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

Удельная

теплоемкость воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
теплоемкость твердого свинца	$130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
теплоемкость твердого олова	$230 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
теплоемкость твердого железа	$460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$
теплота парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления олова	$5,9 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
теплота плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	воздуха	$29 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
аргона	$40 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
водяных паров	$18 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	лития	$6 \cdot 10^{-3}$ кг/моль
гелия	$4 \cdot 10^{-3}$ кг/моль	неона	$20 \cdot 10^{-3}$ кг/моль

Энергия покоя			
	электрона	0,5 МэВ	
	нейтрона	939,6 МэВ	
	протона	938,3 МэВ	
ядра водорода	${}^1_1\text{H}$	ядра бериллия	${}^9_4\text{Be}$ 8392,8 МэВ
ядра дейтерия	${}^2_1\text{H}$	ядра бора	${}^{10}_5\text{B}$ 9324,4 МэВ
ядра трития	${}^3_1\text{H}$	ядра азота	${}^{14}_7\text{N}$ 13040,3 МэВ
ядра гелия	${}^4_2\text{He}$	ядра кислорода	${}^{15}_8\text{O}$ 13971,3 МэВ
ядра лития	${}^6_3\text{Li}$	ядра кислорода	${}^{17}_8\text{O}$ 15830,6 МэВ
ядра лития	${}^7_3\text{Li}$	ядра фосфора	${}^{30}_{15}\text{P}$ 27917,1 МэВ

Зависимость плотности ρ насыщенного водяного пара от температуры									
$t, ^\circ\text{C}$	-5	3	6	9	12	15	18	25	50
$\rho, \text{г/м}^3$	3,2	6,0	7,3	8,8	10,7	12,8	15,4	23,0	83,0

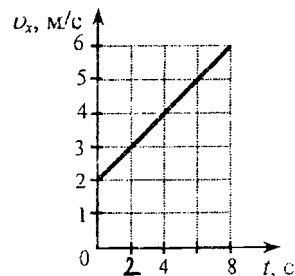
Температура плавления				
свинца	327 $^\circ\text{C}$		олова	232 $^\circ\text{C}$

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 Тело движется вдоль оси X . На рисунке представлен график зависимости проекции его скорости v_x от времени t . Определите проекцию ускорения тела на ось X в момент времени $t = 2$ с.

- 1) 0
- 2) $0,5 \text{ м/с}^2$
- 3) $0,75 \text{ м/с}^2$
- 4) $3,0 \text{ м/с}^2$



A2 Разогнавшись, стрекоза прекращает движения крыльями и некоторое время планирует по инерции с постоянной скоростью. При этом на стрекозу действует

- 1) только сила тяжести
- 2) только аэродинамическая сила воздушного потока
- 3) только архимедова выталкивающая сила
- 4) сила тяжести и аэродинамическая сила воздушного потока

A3 Проводят несколько экспериментов, во время которых брусок, нагружая сверху грузами разной массы, равномерно перемещают с помощью динамометра по горизонтальной поверхности доски. Показание F динамометра и суммарную массу m бруска с грузом для каждого опыта заносят в таблицу. Чему равен коэффициент трения скольжения μ ?

Номер опыта	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
$F, \text{Н}$	1,5	2,0	2,5	3,0
$m, \text{кг}$	0,3	0,4	0,5	0,6

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

A4 Мальчик и папа стоят на катке лицом друг к другу, при этом лезвия их коньков расположены между собой параллельно. Мальчик руками отталкивается от папы, стремясь откатиться как можно дальше. После чего папа

- 1) останется на том же месте
- 2) откатится от начального положения на такое же расстояние, что и мальчик
- 3) откатится от начального положения на расстояние, заметно меньшее, чем мальчик
- 4) откатится от начального положения на расстояние, заметно большее, чем мальчик

A5 Первоначальная скорость падающего тела относительно Земли v_0 . Как изменится кинетическая энергия тела в системе координат, связанной с Землей, если его скорость станет вдвое меньше?

- 1) увеличится в 4 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

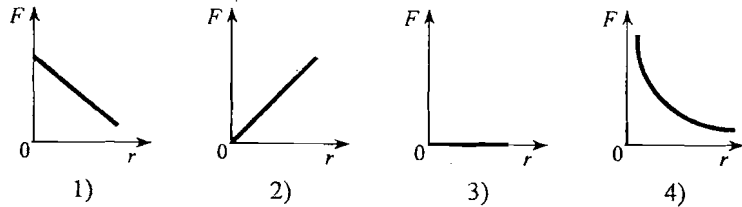
A6 Тело вращается по окружности, расположенной в горизонтальной плоскости. Проекция ускорения тела на ось X со временем меняется в соответствии с уравнением $a_x = -0,5 \cos(2\pi t)$, где все физические величины выражены в единицах СИ. Угловая скорость вращения тела равна

- 1) 0,5 рад/с 2) 1,0 рад/с 3) 2π рад/с 4) $\frac{1}{2\pi}$ рад/с

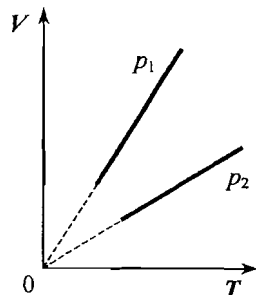
A7 По реке (недалеко от берега) плывет плот массой 140 кг со скоростью 0,5 м/с. Мальчик массой 40 кг прыгает с берега на плот со скоростью 3 м/с. Скорости плота и мальчика до столкновения взаимно перпендикулярны. Начальная скорость совместного движения плота и мальчика примерно равна

- 1) 0,8 м/с 2) 1,4 м/с 3) 2,6 м/с 4) 3,5 м/с

A8 На рисунке представлены четыре различных графика зависимости силы взаимодействия между материальными точками от расстояния между ними. Какой из графиков соответствует силам взаимодействия между молекулами идеального газа?



A9 В двух различных цилиндрических сосудах с подвижными поршнями заключен один и тот же идеальный газ в неизвестных количествах. На рисунке показаны графики зависимости объема газа от абсолютной температуры при изобарном процессе в каждом из этих сосудов. Каково соотношение между количеством вещества в сосудах?

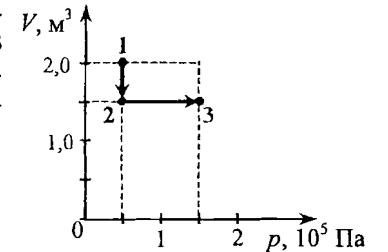


- 1) $v_1 < v_2$
 2) $v_1 = v_2$
 3) $v_1 > v_2$
 4) возможно любое из выше приведенных соотношений

A10 При некотором адиабатном процессе температура идеального газа уменьшается. Какова при этом работа внешних сил над газом?

- 1) положительная
 2) равна нулю
 3) отрицательная
 4) возможен любой из выше приведенных вариантов

A11 Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 3 согласно представленной на рисунке диаграмме. При этом газ совершает работу, равную

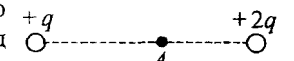


- 1) – 25 кДж
 2) 25 кДж
 3) 125 кДж
 4) 175 кДж

A12 Температура нагревателя теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна 227°C, а температура холодильника на 150°C меньше. За один цикл рабочее тело совершает работу 12 кДж, при этом получая от нагревателя количество теплоты, равное

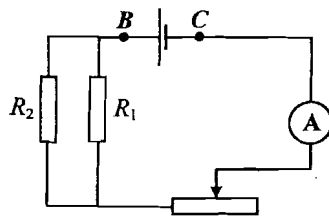
- 1) 18 кДж 2) 20 кДж 3) 24 кДж 4) 40 кДж

A13 На рисунке изображены два положительно заряженных шарика, причем заряд правого вдвое больше, чем заряд левого. Вектор напряженности электрического поля в точке А, равноудаленной от обоих шариков, направлен



- 1) вправо
 2) влево
 3) к наблюдателю (к нам)
 4) от наблюдателя (от нас)

A14 В электрической цепи, изображенной на рисунке, сопротивления резисторов равны: $R_1 = R_2 = 1 \text{ Ом}$. Амперметр показывает силу тока $1,2 \text{ А}$, а вольтметр, будучи присоединенным к точкам B и C параллельно источнику тока, показывает напряжение $4,8 \text{ В}$. При этом сопротивление реостата равно



- 1) $2,0 \text{ Ом}$
- 2) $3,5 \text{ Ом}$
- 3) $4,0 \text{ Ом}$
- 4) $4,5 \text{ Ом}$

A15 На вертикально расположенный полосовой магнит сверху падает металлическое кольцо, плоскость которого остается вертикальной (см. рис.). Во время падения индукционный ток в кольце



- 1) появляется только в случае, если сверху у магнита находится северный полюс
- 2) появляется только в случае, если сверху у магнита находится южный полюс
- 3) появляется при любом расположении полюсов магнита
- 4) не появляется

A16 На стеклянную призму, стоящую на столе, направляют горизонтальный пучок белого света. За призмой размещают экран так, чтобы был виден спектр. Менее всего от начального направления отклоняется свет

- 1) зеленого цвета, более всего красного цвета
- 2) красного цвета, более всего – фиолетового цвета
- 3) оранжевого цвета, более всего – синего цвета
- 4) фиолетового цвета, более всего – красного цвета

A17 Луч света лазера направляют из оптически более плотной среды в оптически менее плотную среду под углом падения, меньшим, чем предельный угол полного отражения. Достигнув границы раздела двух сред, луч лазера

- 1) полностью возвращается в более плотную среду
- 2) далее распространяется вдоль границы
- 3) частично отражается, а частично распространяется вдоль границы
- 4) частично отражается, а частично переходит в менее плотную среду

A18 Относительно Земли свет от неподвижного источника распространяется со скоростью c . По прямолинейной дороге едет автобус со скоростью v , а навстречу ему идет турист со скоростью u . Свет фар автобуса попадает в глаза туристу, при этом скорость фотонов этого света относительно туриста равна

- 1) $c + v + u$
- 2) $c + v - u$
- 3) $c - v - u$
- 4) c

A19 Две одинаково заряженные частицы массами m_1 и m_2 влетают в однородное магнитное поле так, что векторы их начальных скоростей перпендикулярны линиям магнитной индукции. Скорость второй частицы в 2 раза больше скорости первой. Как будут соотноситься между собой радиусы окружностей, по которым частицы продолжат свой путь в магнитном поле, если $m_2 = 2m_1$?

- 1) $R_2 = R_1$
- 2) $R_2 = 4R_1$
- 3) $R_2 = 8R_1$
- 4) $R_1 = 8R_2$

A20 Ядро изотопа протактиния ${}_{91}^{226}\text{Pa}$ претерпевает два α -распада. В результате образуется ядро изотопа

- 1) висмута ${}_{83}^{214}\text{Bi}$
- 2) франция ${}_{87}^{218}\text{Fr}$
- 3) актиния ${}_{89}^{222}\text{Ac}$
- 4) нептуния ${}_{93}^{234}\text{Np}$

A21 Используя данные, приведенные в таблице «Энергия покоя», рассчитайте энергию связи в ядре изотопа бора ${}_{5}^{10}\text{B}$.

- 1) $32,6 \text{ МэВ}$
- 2) $41,5 \text{ МэВ}$
- 3) $53,7 \text{ МэВ}$
- 4) $65,1 \text{ МэВ}$

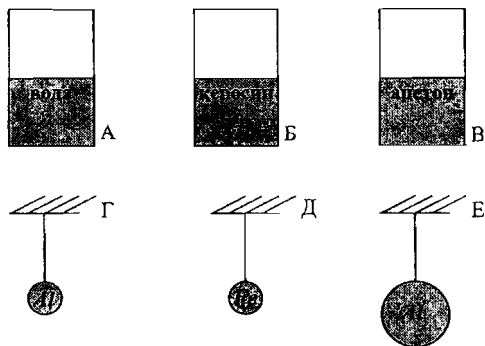
A22 Период полураспада ядер изотопа олова $^{123}_{50}\text{Sn}$ составляет 40 мин. Это означает, что за 80 мин

- 1) распадутся все ядра изотопа, находящиеся в образце
- 2) распадутся примерно три четверти ядер изотопа, находящихся в образце
- 3) распадется примерно половина всех ядер изотопа, находящихся в образце
- 4) распадется примерно одна четверть всех ядер, находящихся в образце

A23 При проведении экспериментальных исследований по изучению фотоэффекта было установлено, что фотоэффект наблюдается только в том случае, если длина волны падающего излучения и красная граница вещества $\nu_{кр}$ фото катода связаны между собой следующим соотношением

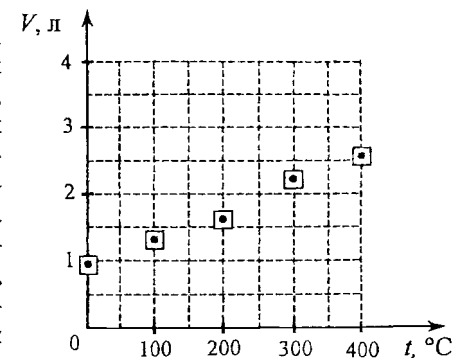
- 1) $\lambda < \frac{\nu_{кр}}{c}$
- 2) $\lambda > \frac{\nu_{кр}}{c}$
- 3) $\lambda < \frac{c}{\nu_{кр}}$
- 4) $\lambda > \frac{c}{\nu_{кр}}$

A24 На тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила. Ученик хочет на опыте убедиться, что величина этой силы зависит и от объема тела, и от плотности жидкости, в которую тело погружено. Какой набор оборудования для своих опытов он должен выбрать из указанных четырех вариантов?



- 1) А, Б, Г, Д
- 2) А, Б, Г, Е
- 3) Б, В, Д, Е
- 4) Б, В, Г, Д

A25 Некоторое количество инертного газа аргона, помещенного под поршнем в цилиндрическом сосуде, медленно нагревают. При этом поршень перемещается вдоль стенок цилиндра пока давление аргона больше давления окружающего цилиндра воздуха, равного 100 кПа. На рисунке показаны результаты измерений, проделанных во время эксперимента. Погрешность измерения температуры составляет $\Delta T = \pm 10$ К, объема $\Delta V = \pm 0,1$ л. По полученным данным определите, приблизительно какая масса аргона находится под поршнем.



- 1) 1,2 г
- 2) 1,8 г
- 3) 2,4 г
- 4) 3,0 г

Часть 2

Ответом к каждому из заданий В1–В2 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1 Электрическая цепь состоит из источника тока с внутренним сопротивлением r , резистора с сопротивлением R_1 и ключа. В цепи последовательно первому резистору подсоединяют второй резистор с сопротивлением R_2 . Как при этом изменяется общее сопротивление цепи, сила тока через источник тока и мощность тока в первом резисторе?
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). Затем получившуюся последовательность цифр запишите в бланк ответов № 1 справа от номера задания В1.

Общее сопротивление цепи	Сила тока через источник тока	Мощность тока в первом резисторе

В2 Установите соответствие между названиями диапазонов электромагнитных волн, перечисленными в левом столбце, и интервалами частот, перечисленными в правом столбце.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ

ИНТЕРВАЛЫ ЧАСТОТ

- А) радиоволны 1) $3 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^{13}$ Гц
- Б) видимое излучение 2) $3 \cdot 10^{14} - 8 \cdot 10^{14}$ Гц
- В) рентгеновское излучение 3) $3 \cdot 10^{16} - 3 \cdot 10^{19}$ Гц

Каждому элементу левого столбца подберите позицию из правого столбца и впишите выбранные цифры в таблицу. Затем получившуюся последовательность цифр запишите в бланк ответов № 1 справа от номера задания В2.

А	Б	В

Ответом к каждому из заданий В3–В5 будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ (цифру, запятую, знак минус) пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами. Единицы физических величин писать не нужно.

В3 Камень массой 100 г бросают с края обрыва вертикально вниз с начальной скоростью 4 м/с. Вычислите кинетическую энергию камня через 1 с после начала падения. Сопротивлением движению со стороны воздуха следует пренебречь.

В4 100 г жидкого олова при температуре 232°C вливают в воду, находящуюся в теплоизолированном сосуде при температуре 100°C. Какое количество воды превратится в пар до того момента, пока установится тепловое равновесие? Ответ выразите в граммах и округлите до десятых.

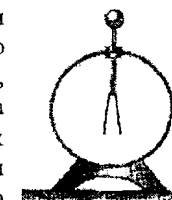
В5 В нейтронографии для определения структуры вещества используются нейтроны, движущиеся со скоростью 1 км/с. Чему равна длина волны де Бройля для этих нейтронов? Ответ выразите в нанометрах и округлите до десятых.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1

Часть 3

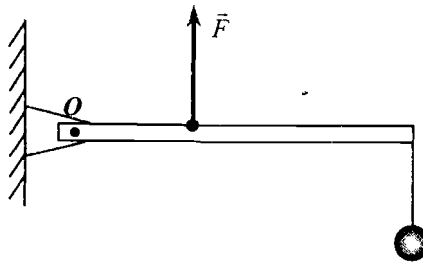
Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1 К электроскопу с опущенными листочками медленно подносят (1) положительно заряженную стеклянную палочку, касаются (2) и убирают (3). Опишите, как будут вести себя листочки на каждом из 3-х этапов, и объясните причину их движения в каждом случае, указав, какими физическими явлениями и закономерностями оно вызвано. Что можно сказать о заряде стеклянной палочки после касания?

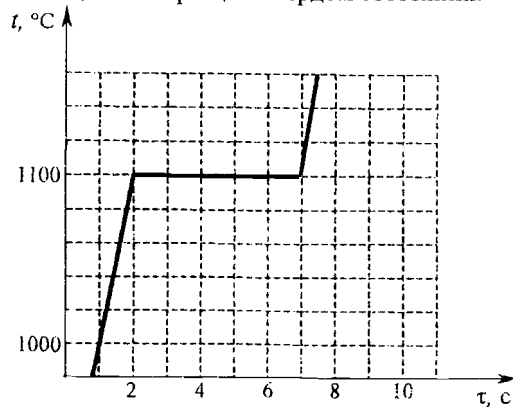


Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С2 Стальной шарик массой $m = 780$ г удерживается силой $F = 28$ Н с помощью стержня, один конец которого на шарнире прикреплен к стене (см. рис.). Длина стержня $L = 80$ см, масса $M = 400$ г. Затем шарик опускают в сосуд с водой. Как следует изменить точку приложения силы \vec{F} , чтобы стержень при этом остался в горизонтальном положении?



С3 На рисунке представлен график зависимости температуры образца от времени при постоянной мощности теплоподвода к нему. Известно, что удельная теплота плавления вещества равна 210 кДж/кг и что в начальный момент наблюдения образец находился в твердом состоянии. Рассчитайте удельную теплоемкость вещества образца в твердом состоянии.



С4 Для наблюдения интерференционной картины ученик использует дифракционную решетку (100 делений на 1 мм) и газоразрядную лампу с неизвестным газом. В опыте свет от лампы нормально падает на дифракционную решетку, расположенную от экрана на расстоянии 1,4 м. На экране ученик видит линейчатый спектр: центральную светлую полосу, а справа и слева от нее – симметрично расположенные цветные линии. Ученик измеряет расстояние между двумя красными линиями, ближе всех расположенных к центральной полосе. И записывает показание: $\Delta \approx 17,8$ см. Сможет ли ученик по полученным данным определить, какой газ содержится в газоразрядной лампе?

Наиболее интенсивные линии красного цвета спектров различных газов			
Газ	аргон	водород	неон
Длина волны, нм	696	656	640

С5 Катушка диаметром 4 см, концы которой разомкнуты, равномерно вращается в однородном магнитном поле с частотой 360 оборотов в секунду. Ось вращения катушки перпендикулярна вектору магнитной индукции, по модулю равной 30 мТл. Обмотка катушки содержит 420 витков. Чему равно действующее значение напряжения на концах катушки?

С6 Фотоэффект для цезия наблюдается, если энергия фотонов падающего на фотокатод излучения равна или превышает $0,288$ эВ. Какова длина волны света, падающего на цезиевый фотокатод, если вылетающие с его поверхности фотоэлектроны полностью задерживаются металлической сеткой при достижении напряжения $0,7$ В между нею и катодом?