

Тренировочная работа №4**по ФИЗИКЕ****4 мая 2012 года****11 класс****Вариант 3****Район****Город (населенный пункт).****Школа.****Класс****Фамилия.****Имя****Отчество.****Инструкция по выполнению работы**

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

Часть 1 содержит 21 задание (A1–A21). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

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

Часть 3 состоит из 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание, что записи в черновике не будут учитываться при оценке работы

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удаётся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у Вас останется время, Вы сможете вернуться к пропущенным заданиям

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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения 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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Массы 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 теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

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

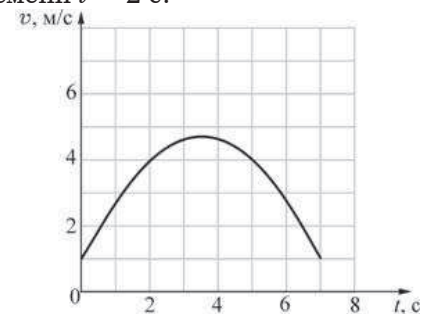
Молярная масса

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

Часть 1

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

A1 На рисунке показан график зависимости модуля скорости v материальной точки от времени t . Чему равен модуль скорости этой точки в момент времени $t = 2$ с?

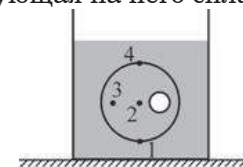


- 1) 2 м/с 2) 4 м/с 3) 1 м/с 4) 0,5 м/с

A2 Игрушечная ракета летит над горизонтальным футбольным полем параллельно его поверхности. Вектор силы тяги двигателя ракеты направлен горизонтально. Движение происходит в воздухе. Куда в этот момент направлен вектор ускорения ракеты?

- 1) горизонтально (\rightarrow)
 2) вертикально вверх (\uparrow)
 3) вверх под некоторым углом к горизонту (\nearrow)
 4) вниз под некоторым углом к горизонту (\searrow)

A3 Шар со сферической полостью полностью погружён в воду. В какой точке приложена действующая на него сила Архимеда?



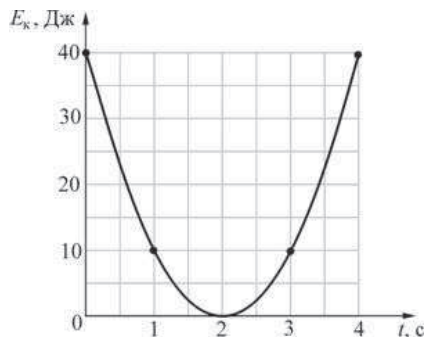
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Шайба скользит по горизонтальному столу и налетает на другую покоящуюся шайбу. На рисунке стрелками показаны импульсы шайб до и после столкновения. В результате столкновения модуль суммарного импульса шайб



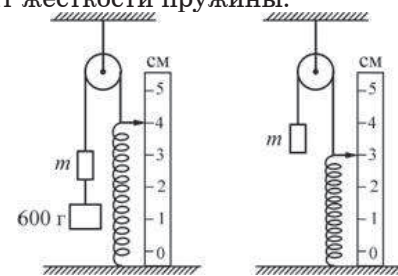
- 1) увеличился
- 2) уменьшился
- 3) не изменился
- 4) стал равным нулю

A5 Небольшое тело массой 0,2 кг бросили вертикально вверх. На рисунке показан график зависимости кинетической энергии E_k тела от времени t в течение полёта. Из графика следует, что



- 1) кинетическая энергия сначала увеличивалась, а потом уменьшалась
- 2) сопротивление воздуха влияло на движение тела
- 3) начальная скорость тела была равна 20 м/с
- 4) верны все три перечисленных утверждения

A6 После того как груз массой 600 г аккуратно отцепили от груза m , пружина сжалась так, как показано на рисунке, и система пришла в положение равновесия. Пренебрегая трением, определите, чему равен коэффициент жёсткости пружины.

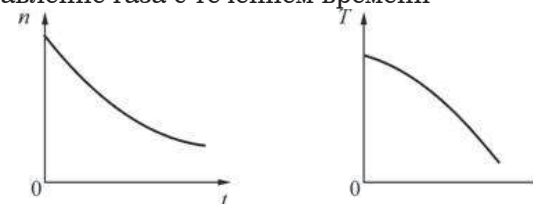


- 1) 300 Н/м
- 2) 200 Н/м
- 3) 600 Н/м
- 4) 800 Н/м

A7 Молекулы вещества

- 1) только притягиваются друг к другу
- 2) только отталкиваются друг от друга
- 3) могут и притягиваться друг к другу, и отталкиваться друг от друга
- 4) не взаимодействуют друг с другом

A8 На графиках представлены зависимости концентрации n и температуры T идеального газа от времени t . Из этих зависимостей следует, что давление газа с течением времени



- 1) увеличивалось
- 2) уменьшалось
- 3) не изменялось
- 4) сначала увеличивалось, а потом уменьшалось

A9 Два бруска, сделанные из разных металлов, приводят в тепловой контакт. После установления теплового равновесия у этих брусков будут одинаковыми

- 1) внутренние энергии
- 2) среднеквадратичные скорости молекул
- 3) температуры
- 4) все три вышеуказанные характеристики

A10 В таблице приведена зависимость КПД идеальной тепловой машины от температуры её нагревателя при неизменной температуре холодильника. Чему равна температура холодильника этой тепловой машины?

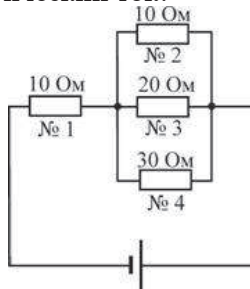
T_H, K	400	500	600	800	1000
$\eta, \%$	10	28	40	55	64

- 1) 360 K
- 2) 300 K
- 3) 320 K
- 4) 380 K

A11 При движении вдоль линии напряжённости электростатического поля от начала линии к её концу потенциал

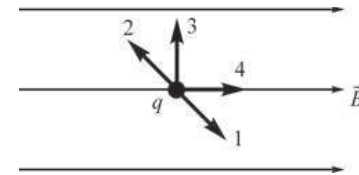
- 1) возрастает
- 2) убывает
- 3) не изменяется
- 4) может изменяться произвольным образом

A12 На рисунке показана схема электрической цепи. Через какой резистор течёт наибольший электрический ток?



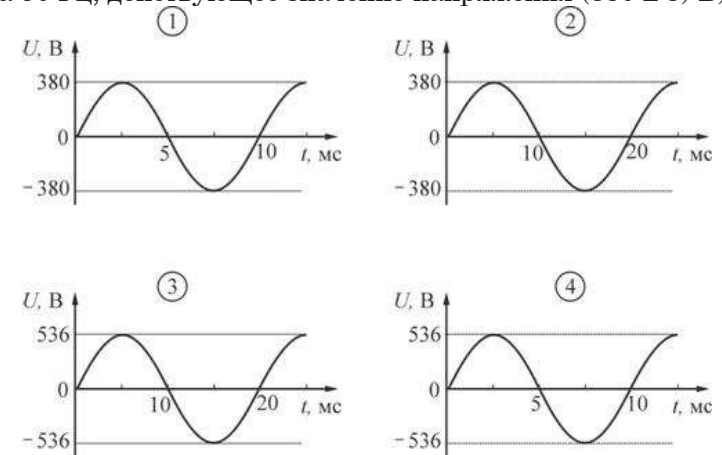
- 1) через 1-й
- 2) через 2-й
- 3) через 3-й
- 4) через 4-й

A13 В каком направлении нужно двигать в однородном магнитном поле \vec{B} точечный заряд q , для того чтобы действующая на него сила Лоренца при одинаковой по модулю скорости этого движения была максимальной?



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

A14 Какой из приведённых ниже графиков зависимости напряжения U от времени t соответствует промышленному переменному напряжению (частота 50 Гц, действующее значение напряжения $(380 \pm 3) V$)?

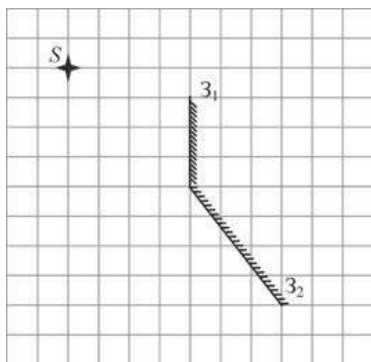


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A15

Точечный источник света S расположен вблизи системы, состоящей из двух плоских зеркал Z_1 и Z_2 , так, как показано на рисунке.

Сколько изображений источника даст эта система зеркал?



- 1) 0 2) 1 3) 2 4) 3

A16

В распоряжении экспериментатора имеются две дифракционные решётки – с периодом 1 мкм и с периодом 0,3 мкм. При помощи какой из этих решёток можно наблюдать дифракцию при нормальном падении света с длиной волны 400 нм?

- 1) только с помощью первой
- 2) только с помощью второй
- 3) с помощью первой и второй
- 4) с обеими решётками наблюдать дифракцию невозможно

A17 Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта выражает собой

- 1) закон сохранения импульса для падающего фотона и выбиваемого им электрона
- 2) закон сохранения электрического заряда для падающего фотона и выбиваемого им электрона
- 3) закон сохранения энергии для падающего фотона и выбиваемого им электрона
- 4) все три перечисленных закона для падающего фотона и выбиваемого им электрона

A18

В таблице приведены длины волн, испускаемых атомами разных газов при переходе электрона из некоторого возбуждённого состояния в основное. Каким из этих газов нужно заполнить газоразрядную трубку, чтобы она давала свет в жёлтой части видимого спектра? Границы видимой части спектра – от 380 до 760 нм.

Газ	Длина волны, мкм
Пары ртути (Hg)	0,435
Пары натрия (Na)	0,589
Аргон (Ar)	0,811

- 1) парами ртути
- 2) парами натрия
- 3) аргоном
- 4) любым из перечисленных газов

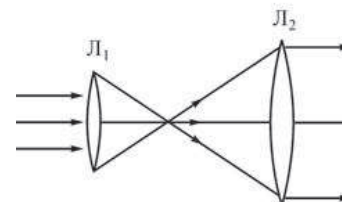
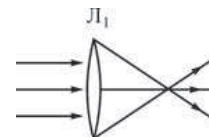
A19

Какие ядра и частицы могут быть продуктами радиоактивного распада ядра ${}_{92}^{238}\text{U}$?

- 1) ${}_{90}^{234}\text{Th}$ и нейтрон
- 2) ${}_{90}^{234}\text{Th}$ и протон
- 3) ${}_{90}^{234}\text{Th}$ и β -частица
- 4) ${}_{90}^{234}\text{Th}$ и α -частица

A20

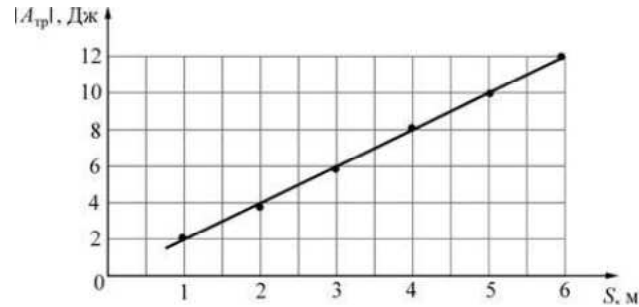
Школьник проводит опыты с двумя линзами, направляя на них параллельный пучок света. Ход лучей в этих опытах показан на рисунках. Согласно результатам этих опытов, фокусное расстояние линзы L_2



- 1) больше фокусного расстояния линзы L_1
- 2) меньше фокусного расстояния линзы L_1
- 3) равно фокусному расстоянию линзы L_1
- 4) не может быть соотнесено с фокусным расстоянием линзы L_1

A21 Брусок массой 500 г тащат по горизонтальной шероховатой поверхности, прикладывая к нему горизонтально направленную силу. На графике приведена зависимость модуля работы $|A_{тр}|$ силы сухого трения, действующей на брусок, от пройденного им пути S .

Чему равен коэффициент трения бруска о поверхность?



- 1) 0,4 2.) $4 \cdot 10^{-5}$ 3) 4 4.) 0,2

Часть 2.

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

В1 Идеальный газ находится в цилиндре под поршнем. Поршень быстро передвигают, увеличивая занимаемый газом объём. Как при этом изменяются следующие физические величины: среднее расстояние между молекулами газа, внутренняя энергия газа, температура газа?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|--|--|
| А.) среднее расстояние между молекулами газа
Б) внутренняя энергия газа
В.) температура газа | 1) увеличивается
2) уменьшается
3) не изменяется |
|--|--|

Ответ:

А	Б	В

В2 В колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, происходят свободные электромагнитные колебания. В момент, когда конденсатор разряжен, параллельно к нему подключают второй такой же конденсатор. Как после этого изменятся следующие физические величины: запасённая в контуре энергия, частота свободных электромагнитных колебаний, амплитуда напряжения между пластинами первого конденсатора?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) запасённая в контуре энергия
- Б) частота свободных электромагнитных колебаний
- В) амплитуда напряжения между пластинами первого конденсатора

ИХ

ИЗМЕНЕНИЕ

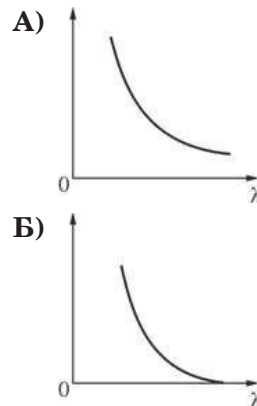
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Ответ:

А	Б	В

В3 При освещении металлической пластины светом наблюдается фотоэффект. Длину волны света λ плавно изменяют. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от длины волны падающего света эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

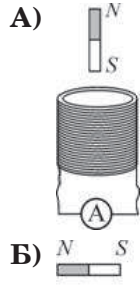
- 1) работа выхода фотоэлектрона из металла
- 2) импульс падающего на металл фотона
- 3) сила фототока
- 4) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

Ответ:

А	Б

В4 На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**СХЕМА
ЭКСПЕРИМЕНТА**



Ответ:

А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

ЕГО ЦЕЛЬ

- 1) наблюдение картины силовых линий постоянного магнита
- 2) измерение зависимости модуля индукции магнитного поля постоянного магнита от расстояния до его полюса
- 3) обнаружение явления электромагнитной индукции
- 4) проверка закона Ома

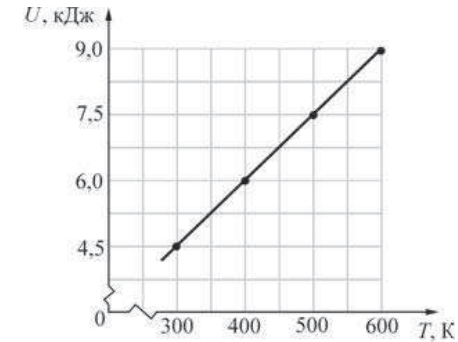
Часть 3

Задания третьей части представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А22 Тело массой 1,5 кг лежит на горизонтальном столе. На него почти мгновенно начинает действовать сила, направленная вертикально вверх. Через 3 с после начала действия силы модуль скорости этого тела равен 9 м/с. Чему равен модуль приложенной к телу силы?

- 1) 4,5 Н 2) 5,5 Н 3) 19,5 Н 4) 14,5 Н

А23 На рисунке приведён график зависимости внутренней энергии U порции идеального газа от температуры T . Газ нагревают при постоянном объёме. Чему равна теплоёмкость этой порции данного газа?



- 1) 67 мДж/К 2) 15 мДж/К 3) 15 Дж/К 4) 67 Дж/К

А24 В таблице приведена зависимость заряда q , протекшего через резистор сопротивлением 3 Ом, от времени t . Какое количество теплоты выделится в резисторе за первые 5 секунд, если сила протекающего тока постоянна?

t, c	0	1	2	3	4	5
$q, Кл$	0	3	6	9	12	15

- 1) 9 Дж 2) 15 Дж 3) 27 Дж 4) 135 Дж

А25 На участок прямого провода с током, расположенный в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} , как показано на рисунке 1, действует магнитная сила \vec{F} . Чему станет равным модуль магнитной силы, действующей на этот участок провода, если дополнительно включить другое магнитное поле с индукцией $2\vec{B}$, направленное так, как показано на рисунке 2?

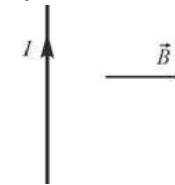


Рис. 1

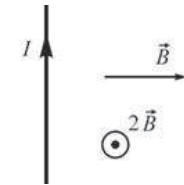


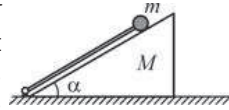
Рис. 2

- 1) F 2) $\sqrt{5}F$ 3) $F/\sqrt{5}$ 4) $3F$

Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. 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.

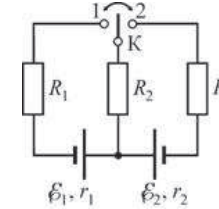
C1 В сельской местности люди обычно живут в деревянных домах. Трубы, по которым в дом подаётся из уличного водопровода холодная вода, имеющая температуру $8-10^\circ\text{C}$, опытные хозяева теплоизолируют и защищают от влаги, оборачивая влагостойкими материалами с низкой теплопроводностью. Это, наряду с проветриванием, позволяет уменьшить сырость в доме. Объясните, опираясь на известные физические законы, зачем это делается и почему описанные процедуры уменьшают сырость.

C2 На горизонтальной плоскости стоит клин массой M с углом при основании $\alpha = 30^\circ$. Вдоль наклонной плоскости клина расположена лёгкая штанга, нижний конец которой укреплен в шарнире, находящемся на горизонтальной плоскости, а к верхнему концу прикреплен маленький шарик массой m , касающийся клина (см. рисунок). Систему освобождают, и она начинает движение, во время которого шарик сохраняет контакт с клином. На какой максимальный угол β штанга отклонится от горизонтали после того, как клин отъедет от неё? Трением пренебречь, удар шарика о горизонтальную плоскость считать абсолютно упругим.



C3 В 2012 году зима в Подмоскowie была очень холодной, и приходилось использовать системы отопления дачных домов на полную мощность. В одном из них установлено газовое отопительное оборудование с тепловой мощностью $17,5\text{ кВт}$ и КПД 85% , работающее на природном газе – метане CH_4 . Сколько пришлось заплатить за газ хозяевам дома после месяца (30 дней) отопления в максимальном режиме? Цена газа составляла на этот период 3 рубля 30 копеек за 1 кубометр газа, удельная теплота сгорания метана $50,4\text{ МДж/кг}$. Можно считать, что объём потреблённого газа измеряется счётчиком при нормальных условиях. Ответ округлите до целого числа рублей в меньшую сторону.

C4 Как и во сколько раз изменится мощность, выделяющаяся на резисторе R_2 в цепи, схема которой изображена на рисунке, если перевести ключ K из положения 1 в положение 2? Параметры цепи: $\mathcal{E}_1 = 1,5\text{ В}$, $r_1 = 1\text{ Ом}$, $\mathcal{E}_2 = 3\text{ В}$, $r_2 = 2\text{ Ом}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R = 4\text{ Ом}$.



C5 Один радиоловитель постоянно слушал свою любимую радиостанцию, вещающую на длине волны $\lambda = 3,29\text{ м}$ в диапазоне FM. Однажды передатчик этой радиостанции испортился, и она перешла на резервный передатчик, работающий в диапазоне УКВ на частоте $73,82\text{ МГц}$. Радиоловитель решил перестроить входной контур своего радиоприёмника на эту частоту, для чего он в два раза увеличил индуктивность катушки контура, вставив в неё ферромагнитный сердечник большего размера. Настройка на нужную частоту у него при этом сразу не получилась, и пришлось вдобавок немного уменьшить ёмкость конденсатора в контуре. На сколько процентов была уменьшена ёмкость этого конденсатора для точной настройки приемника на новую частоту?

C6 Для измерения величины постоянной Планка h в своё время использовался следующий опыт. В вакуумный фотоэлемент помещался катод из какого-либо металла, окружённый металлическим анодом. Катод облучали светом определённой длины волны (и частоты) и измеряли задерживающее напряжение между катодом и анодом, при котором ток в цепи с фотоэлементом прекращался. Оказалось, что при длине волны света, падающего на фотокатод, равной $\lambda_1 = 250\text{ нм}$, задерживающее напряжение было равно $U_1 = 2,82\text{ В}$, а при освещении светом с частотой $\nu_2 = 1,5 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$ оно равнялось $U_2 = 4,05\text{ В}$. Найдите по этим данным величину постоянной Планка.

Тренировочная работа №4**по ФИЗИКЕ****4 мая 2012 года****11 класс****Вариант 4****Район****Город (населенный пункт).****Школа.****Класс****Фамилия.****Имя****Отчество.****Инструкция по выполнению работы**

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

Часть 1 содержит 21 задание (A1–A21). К каждому заданию даётся 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

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

Часть 3 состоит из 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек

При выполнении заданий Вы можете пользоваться черновиком. Обращаем Ваше внимание, что записи в черновике не будут учитываться при оценке работы

Советуем выполнять задания в том порядке, в котором они даны. Для экономии времени пропускайте задание, которое не удаётся выполнить сразу, и переходите к следующему. Если после выполнения всей работы у Вас останется время, Вы сможете вернуться к пропущенным заданиям

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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношения 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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Массы 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 теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

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

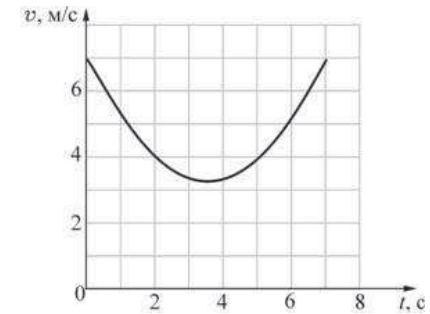
Молярная масса

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

Часть 1

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

A1 На рисунке показан график зависимости модуля скорости v материальной точки от времени t . Чему равен модуль скорости этой точки в момент времени $t = 2$ с?

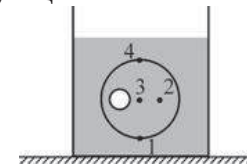


- 1) 2 м/с 2) 4 м/с 3) 7 м/с 4) 3 м/с

A2 Игрушечная ракета летит над горизонтальным футбольным полем параллельно его поверхности с ускорением, направленным горизонтально. Движение происходит в воздухе. Куда направлен вектор силы тяги двигателя ракеты?

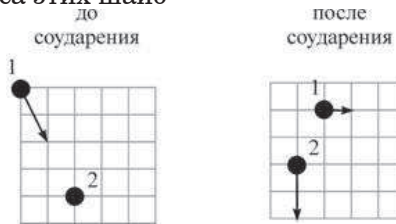
- 1) горизонтально (\rightarrow)
 2) вертикально вверх (\uparrow)
 3) вверх под некоторым углом к горизонту (\nearrow)
 4) вниз под некоторым углом к горизонту (\searrow)

A3 Шар со сферической полостью полностью погружён в воду. В какой точке приложена действующая на него сила Архимеда?



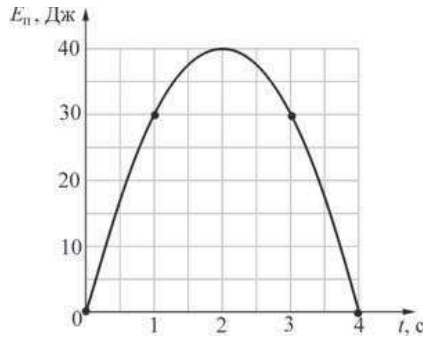
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

A4 Шайба скользит по горизонтальному столу и налетает на другую покоящуюся шайбу. На рисунке стрелками показаны импульсы шайб до и после столкновения. В результате столкновения модуль суммарного импульса этих шайб



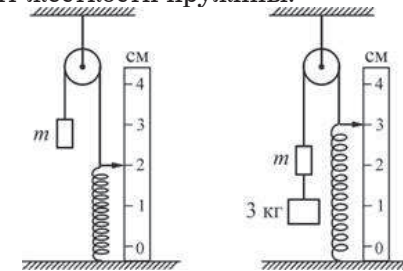
- 1) увеличился
- 2) уменьшился
- 3) не изменился
- 4) стал равным нулю

A5 Небольшое тело массой 0,2 кг бросили вертикально вверх. На рисунке показан график зависимости потенциальной энергии $E_{п}$ тела от времени t в течение полёта. Из графика следует, что



- 1) потенциальная энергия сначала уменьшалась, а потом увеличивалась
- 2) сопротивление воздуха влияло на движение тела
- 3) тело поднялось на максимальную высоту 20 м
- 4) верны все три перечисленных утверждения

A6 После аккуратного подвешивания к грузу m другого груза массой 3 кг пружина удлинилась так, как показано на рисунке, и система пришла в положение равновесия. Пренебрегая трением, определите, чему равен коэффициент жёсткости пружины.

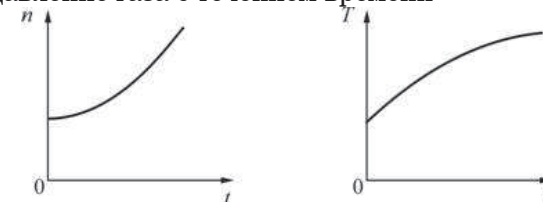


- 1) 1 кН/м
- 2) 1,5 кН/м
- 3) 3 кН/м
- 4) 2 кН/м

A7 При деформации твёрдого тела силы межмолекулярного взаимодействия

- 1) носят характер только притяжения
- 2) носят характер только отталкивания
- 3) носят характер притяжения или отталкивания – в зависимости от вида деформации
- 4) не возникают

A8 На графиках представлены зависимости концентрации n и температуры T идеального газа от времени t . Из этих зависимостей следует, что давление газа с течением времени



- 1) увеличивалось
- 2) уменьшалось
- 3) не изменялось
- 4) сначала увеличивалось, а потом уменьшалось

A9 Два разных по размеру бруска, сделанные из одного и того же металла, приводят в тепловой контакт. После установления теплового равновесия у этих брусков будут различными

- 1) внутренние энергии
- 2) среднеквадратичные скорости молекул
- 3) температуры
- 4) все три вышеуказанные характеристики

A10 В таблице приведена зависимость КПД идеальной тепловой машины от температуры её нагревателя при неизменной температуре холодильника. Чему равна температура холодильника этой тепловой машины?

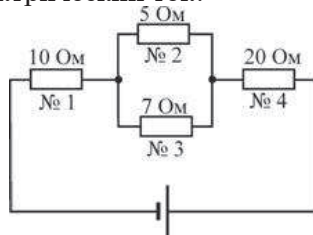
T_H, K	400	500	600	800	1000
$\eta, \%$	25	40	50	62,5	70

- 1) 300 K
- 2) 250 K
- 3) 275 K
- 4) 350 K

A11 При движении вдоль линии напряжённости электростатического поля от конца линии к её началу потенциал

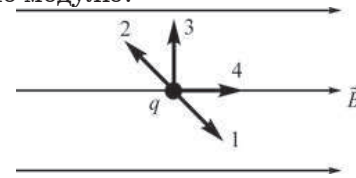
- 1) возрастает
- 2) убывает
- 3) не изменяется
- 4) может изменяться произвольным образом

A12 На рисунке показана схема электрической цепи. Через какой резистор течёт наименьший электрический ток?



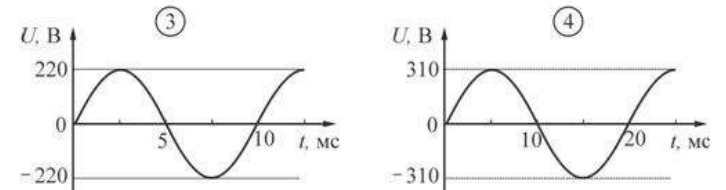
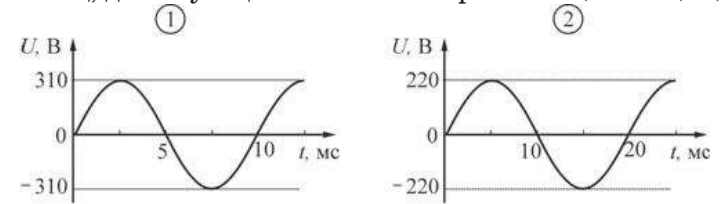
- 1) через 1-й
- 2) через 2-й
- 3) через 3-й
- 4) через 4-й

A13 В каком направлении нужно двигать в однородном магнитном поле \vec{B} точечный заряд q , для того чтобы действующая на него сила Лоренца была минимальной по модулю?



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

A14 Какой из приведённых ниже графиков зависимости напряжения U от времени t соответствует промышленному переменному напряжению (частота 50 Гц, действующее значение напряжения $(220 \pm 2) V$)?

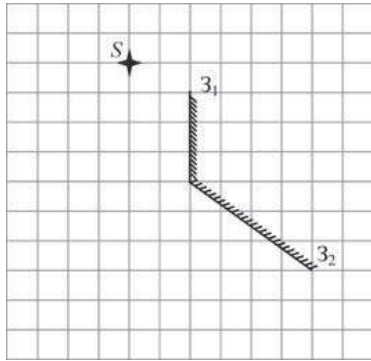


- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

A15

Точечный источник света S расположен вблизи системы, состоящей из двух плоских зеркал Z_1 и Z_2 , так, как показано на рисунке.

Сколько изображений источника даст эта система зеркал?



- 1) 0 2) 1 3) 2 4) 3

A16

В распоряжении экспериментатора имеются две дифракционные решетки – с периодом $0,4 \text{ мкм}$ и с периодом $1,5 \text{ мкм}$. При помощи какой из этих решеток можно наблюдать дифракцию при нормальном падении света с длиной волны 500 нм ?

- 1) только с помощью первой
- 2) только с помощью второй
- 3) с помощью первой и второй
- 4) с обеими решетками наблюдать дифракцию невозможно

A17 При фотоэффекте

- 1) импульс падающего фотона полностью передаётся выбиваемому им электрону
- 2) энергия падающего фотона полностью передаётся выбиваемому им электрону
- 3) энергия падающего фотона частично передаётся выбиваемому им электрону
- 4) энергия и импульс падающего фотона полностью передаются выбиваемому им электрону

A18

В таблице приведены длины волн, испускаемых атомами разных газов при переходе электрона из некоторого возбужденного состояния в основное. Каким из этих газов нужно заполнить газоразрядную трубку, чтобы она давала свет в сине-голубой части видимого спектра? Границы видимой части спектра – от 380 до 760 нм .

Газ	Длина волны, мкм
Пары ртути (Hg)	0,435
Пары натрия (Na)	0,589
Аргон (Ar)	0,811

- 1) парами ртути
- 2) парами натрия
- 3) аргон
- 4) любым из перечисленных газов

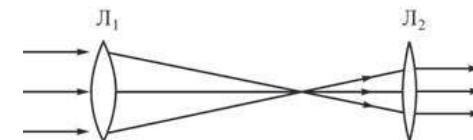
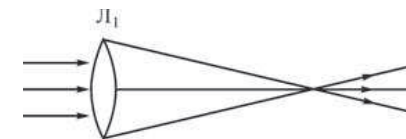
A19

Какие ядра и частицы могут быть продуктами радиоактивного распада ядра $^{137}_{55}\text{Cs}$?

- 1) $^{137}_{56}\text{Ba}$ и нейтрон
- 2) $^{137}_{56}\text{Ba}$ и протон
- 3) $^{137}_{56}\text{Ba}$ и α -частица
- 4) $^{137}_{56}\text{Ba}$ и β -частица

A20

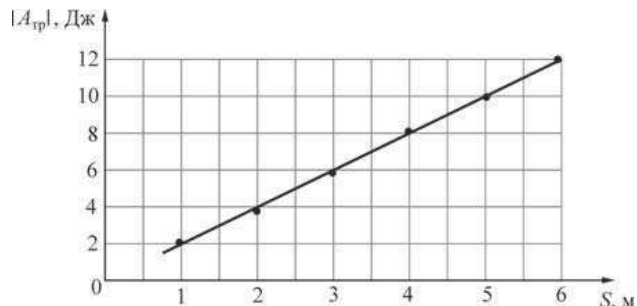
Школьник проводит опыты с двумя линзами, направляя на них параллельный пучок света. Ход лучей в этих опытах показан на рисунках. Согласно результатам этих опытов, фокусное расстояние линзы L_2



- 1) больше фокусного расстояния линзы L_1
- 2) меньше фокусного расстояния линзы L_1
- 3) равно фокусному расстоянию линзы L_1
- 4) не может быть соотнесено с фокусным расстоянием линзы L_1

A21

Брусок тащат по горизонтальной шероховатой поверхности, прикладывая к нему горизонтально направленную силу. Коэффициент трения бруска о поверхность равен 0,5. На графике приведена зависимость модуля работы $|A_{тр}|$ силы сухого трения, действующей на брусок, от пройденного им пути S . Чему равна масса бруска?



- 1) 1 кг 2) 2 кг 3) 4 кг 4) 0,4 кг

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

Идеальный газ находится в цилиндре под поршнем. Поршень быстро передвигают, уменьшая занимаемый газом объём. Как при этом изменяются следующие физические величины: среднее расстояние между молекулами газа, внутренняя энергия газа, температура газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается;
- 2) уменьшается;
- 3) не изменяется.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

- | | |
|---|------------------|
| А) среднее расстояние между молекулами газа | 1) увеличивается |
| Б) внутренняя энергия газа | 2) уменьшается |
| В) температура газа | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

В2

В колебательном контуре, состоящем из двух параллельно соединённых одинаковых конденсаторов и подключённой к ним катушки индуктивности, происходят свободные электромагнитные колебания. В момент, когда конденсаторы разряжены, один из них отсоединяют. Как после этого изменятся следующие физические величины: запасённая в контуре энергия, частота свободных электромагнитных колебаний, амплитуда напряжения между пластинами второго конденсатора?

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.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) запасённая в контуре энергия
- Б) частота свободных электромагнитных колебаний
- В) амплитуда напряжения между пластинами первого конденсатора

ИХ ИЗМЕНЕНИЕ

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

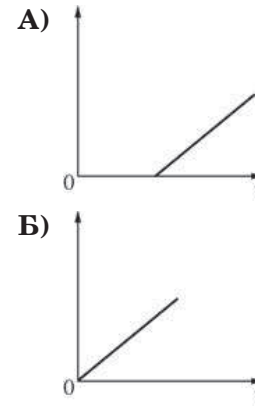
Ответ:

А	Б	В

В3

При освещении металлической пластины светом наблюдается фотоэффект. Частоту света ν плавно изменяют. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от частоты падающего света эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

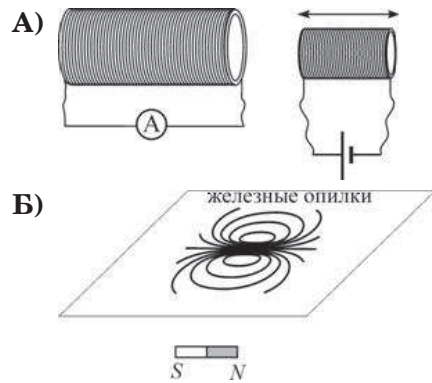
- 1) работа выхода фотоэлектрона из металла
- 2) максимальный импульс фотоэлектронов
- 3) энергия падающего на металл фотона
- 4) максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

Ответ:

А	Б

В4 На рисунках изображены схемы физических экспериментов. Установите соответствие между этими экспериментами и их целью. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

СХЕМА ЭКСПЕРИМЕНТА



ЕГО ЦЕЛЬ

- 1) наблюдение картины силовых линий постоянного магнита
- 2) измерение зависимости модуля индукции магнитного поля постоянного магнита от расстояния до его полюса
- 3) обнаружение явления электромагнитной индукции
- 4) проверка закона Ома

Ответ:

А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

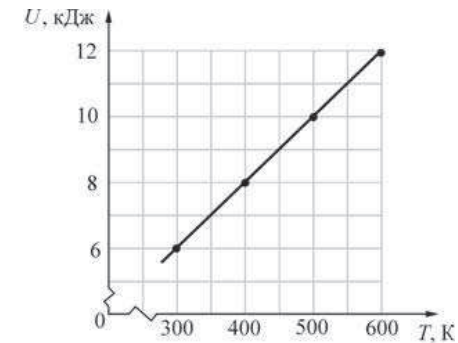
Часть 3

Задания третьей части представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий А22–А25 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

А22 Тело массой 1,5 кг лежит на горизонтальном столе. На него почти мгновенно начинает действовать сила, направленная вертикально вверх и равная по модулю 21 Н. Чему будет равен модуль скорости этого тела через 2 с после начала действия силы?

- 1) 48 м/с 2) 28 м/с 3) 8 м/с 4) 13,3 м/с

А23 На рисунке приведён график зависимости внутренней энергии U порции идеального газа от температуры T . Газ охлаждают при постоянном объёме. Чему равна теплоёмкость этой порции данного газа?



- 1) 20 Дж/К 2) 20 мДж/К 3) 50 Дж/К 4) 50 мДж/К

А24 В таблице приведена зависимость заряда q , протекшего через резистор сопротивлением 2 Ом, от времени t . Какое количество теплоты выделится в резисторе за первые 4 секунды, если сила протекающего тока постоянна?

t, c	0	1	2	3	4	5
$q, Кл$	0	2	4	6	8	10

- 1) 2 Дж 2) 8 Дж 3) 16 Дж 4) 32 Дж

А25 На участок прямого провода с током, расположенный в однородном магнитном поле с индукцией $2\vec{B}$, как показано на рисунке 1, действует магнитная сила \vec{F} . Чему станет равным модуль магнитной силы, действующей на этот участок провода, если дополнительно включить другое магнитное поле с индукцией \vec{B} , направленное так, как показано на рисунке 2?

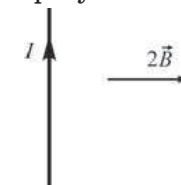


Рис. 1

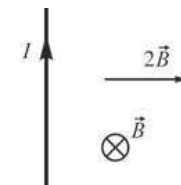


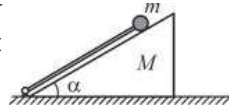
Рис. 2

- 1) F 2) $\frac{\sqrt{5}F}{2}$ 3) $F/\sqrt{5}$ 4) $3F$

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

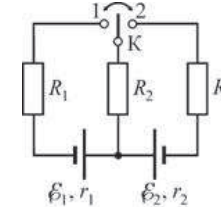
С1 В сельской местности люди обычно живут в деревянных домах. Трубы, по которым в дом подаётся из уличного водопровода холодная вода, имеющая температуру $8-10^\circ\text{C}$, опытные хозяева теплоизолируют и защищают от влаги, оборачивая влагостойкими материалами с низкой теплопроводностью. Это, наряду с проветриванием, позволяет уменьшить сырость в доме. Объясните, опираясь на известные физические законы, зачем это делается и почему описанные процедуры уменьшают сырость.

С2 На горизонтальной плоскости стоит клин массой M с углом при основании $\alpha = 30^\circ$. Вдоль наклонной плоскости клина расположена лёгкая штанга, нижний конец которой укреплен в шарнире, находящемся на горизонтальной плоскости, а к верхнему концу прикреплен маленький шарик массой m , касающийся клина (см. рисунок). Систему освобождают, и она начинает движение, во время которого шарик сохраняет контакт с клином. На какой максимальный угол β штанга отклонится от горизонтали после того, как клин отъедет от неё? Трением пренебречь, удар шарика о горизонтальную плоскость считать абсолютно упругим.



С3 В 2012 году зима в Подмоскowie была очень холодной, и приходилось использовать системы отопления дачных домов на полную мощность. В одном из них установлено газовое отопительное оборудование с тепловой мощностью $17,5\text{ кВт}$ и КПД 85% , работающее на природном газе – метане CH_4 . Сколько пришлось заплатить за газ хозяевам дома после месяца (30 дней) отопления в максимальном режиме? Цена газа составляла на этот период 3 рубля 30 копеек за 1 кубометр газа, удельная теплота сгорания метана $50,4\text{ МДж/кг}$. Можно считать, что объём потреблённого газа измеряется счётчиком при нормальных условиях. Ответ округлите до целого числа рублей в меньшую сторону.

С4 Как и во сколько раз изменится мощность, выделяющаяся на резисторе R_2 в цепи, схема которой изображена на рисунке, если перевести ключ K из положения 1 в положение 2? Параметры цепи: $\mathcal{E}_1 = 1,5\text{ В}$, $r_1 = 1\text{ Ом}$, $\mathcal{E}_2 = 3\text{ В}$, $r_2 = 2\text{ Ом}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R = 4\text{ Ом}$.



С5 Один радиоловитель постоянно слушал свою любимую радиостанцию, вещающую на длине волны $\lambda = 3,29\text{ м}$ в диапазоне FM. Однажды передатчик этой радиостанции испортился, и она перешла на резервный передатчик, работающий в диапазоне УКВ на частоте $73,82\text{ МГц}$. Радиоловитель решил перестроить входной контур своего радиоприёмника на эту частоту, для чего он в два раза увеличил индуктивность катушки контура, вставив в неё ферромагнитный сердечник большего размера. Настройка на нужную частоту у него при этом сразу не получилась, и пришлось вдобавок немного уменьшить ёмкость конденсатора в контуре. На сколько процентов была уменьшена ёмкость этого конденсатора для точной настройки приемника на новую частоту?

С6 Для измерения величины постоянной Планка h в своё время использовался следующий опыт. В вакуумный фотоэлемент помещался катод из какого-либо металла, окружённый металлическим анодом. Катод облучали светом определённой длины волны (и частоты) и измеряли задерживающее напряжение между катодом и анодом, при котором ток в цепи с фотоэлементом прекращался. Оказалось, что при длине волны света, падающего на фотокатод, равной $\lambda_1 = 250\text{ нм}$, задерживающее напряжение было равно $U_1 = 2,82\text{ В}$, а при освещении светом с частотой $\nu_2 = 1,5 \cdot 10^{15}\text{ Гц}$ оно равнялось $U_2 = 4,05\text{ В}$. Найдите по этим данным величину постоянной Планка.

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

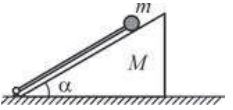
C1 В сельской местности люди обычно живут в деревянных домах. Трубы, по которым в дом подаётся из уличного водопровода холодная вода, имеющая температуру 8-10° С, опытные хозяева теплоизолируют и защищают от влаги, оборачивая влагостойкими материалами с низкой теплопроводностью. Это, наряду с проветриванием, позволяет уменьшить сырость в доме. Объясните, опираясь на известные физические законы, зачем это делается и почему описанные процедуры уменьшают сырость.

- 1) Так как по трубам течёт холодная вода, поверхность труб имеет температуру, близкую к 8-10° С. Температура воздуха в жилом доме превышает эту температуру.
- 2) Абсолютная влажность воздуха в доме обычно довольно высокая. Если оказывается, что температура поверхности труб ниже точки росы, то водяной пар начинает конденсироваться на холодных трубах. При этом на трубах образуются водяные капли, которые затем падают на пол. Плохое проветривание замедляет испарение воды с пола и препятствует удалению водяных паров.
- 3) Оборачивание труб слоем тепло- и влагоизолирующего материала позволяет ликвидировать резкий перепад температур между поверхностью трубы и воздухом в доме. Наружная поверхность теплоизолятора имеет температуру, близкую к температуре воздуха, а внутренняя поверхность – близкую к температуре воды в трубе. При этом образование конденсата на трубах становится невозможным, и сырость в доме уменьшается. Дополнительно она уменьшается за счёт проветривания, при котором влажный воздух удаляется и заменяется более сухим наружным.

Указания по оцениванию	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п.п. 1–3) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – описание процесса конденсации воды на трубах с указанием причины конденсации, описание влияния проветривания на влажность воздуха в доме, объяснение причины невозможности конденсации воды на трубе после её теплоизоляции)	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков. В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержатся логические недочёты	2

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

C2 На горизонтальной плоскости стоит клин массой M с углом при основании $\alpha = 30^\circ$. Вдоль наклонной плоскости клина расположена лёгкая штанга, нижний конец которой укреплен в шарнире, находящемся на горизонтальной плоскости, а к верхнему концу прикреплен маленький шарик массой m , касающийся клина (см. рисунок). Систему освобождают, и она начинает движение, во время которого шарик сохраняет контакт с клином. На какой максимальный угол β штанга отклонится от горизонтали после того, как клин отъедет от неё? Трением пренебречь, удар шарика о горизонтальную плоскость считать абсолютно упругим.



Обозначим длину штанги через l . Поскольку трения нет, механическая энергия системы сохраняется. В процессе движения до удара шарика о горизонтальную плоскость потенциальная энергия шарика переходит в кинетическую энергию клина и шарика. Обозначим скорость клина в момент, когда шарик ударяется о горизонтальную плоскость, через V , а скорость шарика перед ударом – через u . Тогда закон сохранения энергии можно записать в следующем виде:

$$mgl\sin\alpha = \frac{MV^2}{2} + \frac{mu^2}{2}.$$

Непосредственно перед ударом шарика о горизонтальную плоскость его скорость \vec{u} направлена перпендикулярно этой плоскости, поскольку он находится на конце штанги, другой конец которой укреплен в шарнире, находящемся на этой плоскости. За малый промежуток времени Δt перед ударом о плоскость шарик проходит по вертикали расстояние $u\Delta t$, а клин, не теряя по условию контакта с шариком, проходит по горизонтали расстояние $V\Delta t$, и эти расстояния связаны, очевидно, соотношением $u\Delta t = V\Delta t \cdot \text{tg}\alpha$, откуда

$$u = V \cdot \text{tg}\alpha, \text{ или } V = u \cdot \text{ctg}\alpha.$$

После абсолютно упругого удара шарика о плоскость его скорость изменит направление на противоположное, а по модулю сохранит своё значение. После этого кинетическая энергия шарика по мере подъёма штанги будет уменьшаться, переходя в потенциальную энергию, так что при максимальном отклонении штанги от горизонтали на угол β будет выполняться соотношение, следующее из закона сохранения энергии:

$$mgl\sin\beta = \frac{mu^2}{2}.$$

Из написанных уравнений имеем

$$mgl\sin\alpha = \frac{u^2}{2}(m + M \text{ctg}^2\alpha),$$

$$u^2 = \frac{2mgl\sin\alpha}{m + M \text{ctg}^2\alpha},$$

поэтому угол максимального отклонения штанги после удара шарика о плоскость определяется из следующего соотношения:

$$\sin\beta = \frac{m\sin\alpha}{m + M \text{ctg}^2\alpha}.$$

Ответ: $\sin\beta = \frac{m\sin\alpha}{m + M \text{ctg}^2\alpha}.$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон сохранения механической энергии для клина и шарика, связь скоростей клина и шарика); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или всем пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При полном правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

СЗ

В 2012 году зима в Подмосковье была очень холодной, и приходилось использовать системы отопления дачных домов на полную мощность. В одном из них установлено газовое отопительное оборудование с тепловой мощностью 17,5 кВт и КПД 85%, работающее на природном газе – метане CH_4 . Сколько пришлось заплатить за газ хозяевам дома после месяца (30 дней) отопления в максимальном режиме? Цена газа составляла на этот период 3 рубля 30 копеек за 1 кубометр газа, удельная теплота сгорания метана 50,4 МДж/кг. Можно считать, что объём потреблённого газа измеряется счётчиком при нормальных условиях. Ответ округлите до целого числа рублей в меньшую сторону.

Метан CH_4 имеет молярную массу $\mu = 16$ г/моль.

Согласно уравнению Клапейрона–Менделеева, плотность метана ρ при нормальных условиях (температура $T = 273$ К, давление $p = 10^5$ Па) равна

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT} = \frac{10^5 \cdot 0,016}{8,31 \cdot 273} \approx 0,705 \text{ кг/м}^3.$$

Теплота сгорания метана в пересчёте на кубометр газа равна

$$q = 50,4 \cdot 0,705 \approx 35,5 \text{ МДж/м}^3.$$

КПД газового отопительного оборудования $\eta = 0,85$, а тепловая мощность установки $N = 17,5$ кВт, поэтому мощность, выделяющаяся при сгорании газа, равна

$$N_{\text{затр}} = \frac{N}{\eta} \approx 20,6 \text{ кВт}.$$

Таким образом, за месяц (30 суток по 86400 секунд) потребление энергии составит

$$Q = N_{\text{затр}} \cdot 86400 \cdot 30 \approx 5,34 \cdot 10^{10} \text{ Дж} \approx 53400 \text{ МДж}.$$

Объём потреблённого за месяц газа будет равен $V = \frac{53400}{35,5} \approx 1504 \text{ м}^3$, а его цена равняется $1504 \cdot 3,30 \approx 4963$ рубля.

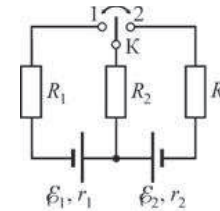
Ответ: хозяевам пришлось заплатить за месяц отопления дома газом 4963 рубля.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – уравнение Клапейрона–Менделеева, связь массы, объёма и плотности газа, а также формулы для КПД и для выражения энергии через мощность и время); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

С4

Как и во сколько раз изменится мощность, выделяющаяся на резисторе R_2 в цепи, схема которой изображена на рисунке, если перевести ключ К из положения 1 в положение 2? Параметры цепи: $\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ В}$, $r_1 = 1 \text{ Ом}$, $\mathcal{E}_2 = 3 \text{ В}$, $r_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_1 = R_2 = R_3 = R = 4 \text{ Ом}$.



Согласно закону Ома для полной цепи, при положении 1 ключа К сила тока через резистор R_2 будет равна $I_1 = \frac{\mathcal{E}_1}{R_1 + R_2 + r_1} = \frac{\mathcal{E}_1}{2R + r_1}$, а мощность, выделяющаяся на резисторе R_2 , согласно закону Джоуля–Ленца будет равна

$$P_1 = I_1^2 R = \frac{\mathcal{E}_1^2 R}{(2R + r_1)^2}.$$

При положении 2 ключа К аналогичным образом получаем, что сила тока через резистор R_2 будет равна $I_2 = \frac{\mathcal{E}_2}{R_3 + R_2 + r_2} = \frac{\mathcal{E}_2}{2R + r_2}$, а мощность, выделяющаяся на резисторе R_2 , будет равна

$$P_2 = I_2^2 R = \frac{\mathcal{E}_2^2 R}{(2R + r_2)^2}.$$

Таким образом, мощность, выделяющаяся на резисторе R_2 , увеличится в

$$k = \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} \cdot \frac{2R + r_1}{2R + r_2} \right)^2 = \left(\frac{3}{1,5} \cdot \frac{(2 \cdot 4 + 1)}{(2 \cdot 4 + 2)} \right)^2 = (2 \cdot 0,9)^2 = 3,24 \text{ раза}.$$

Ответ: Мощность увеличится в $k = \left(\frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} \cdot \frac{2R + r_1}{2R + r_2} \right)^2 = 3,24$ раза.

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – закон Ома для полной цепи и закон Джоуля–Ленца); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

С5 Один радиолюбитель постоянно слушал свою любимую радиостанцию, вещающую на длине волны $\lambda = 3,29$ м в диапазоне FM. Однажды передатчик этой радиостанции испортился, и она перешла на резервный передатчик, работающий в диапазоне УКВ на частоте 73,82 МГц. Радиолюбитель решил перестроить входной контур своего радиоприёмника на эту частоту, для чего он в два раза увеличил индуктивность катушки контура, вставив в неё ферромагнитный сердечник большего размера. Настройка на нужную частоту у него при этом сразу не получилась, и пришлось вдобавок немного уменьшить ёмкость конденсатора в контуре. На сколько процентов была уменьшена ёмкость этого конденсатора для точной настройки приемника на новую частоту?

Длина электромагнитной волны связана с её частотой ν соотношением $\lambda = \frac{c}{\nu} = cT$, где c – скорость света, а $T = 1/\nu$ – период колебаний.

Период электромагнитных колебаний в контуре связан с его индуктивностью L и ёмкостью C формулой Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Таким образом,

$$\lambda_1 = cT_1 = c \cdot 2\pi\sqrt{L_1C_1}$$

$$\lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} = cT_2 = c \cdot 2\pi\sqrt{L_2C_2}$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{c}{\nu_2\lambda_1} = \sqrt{\frac{L_2C_2}{L_1C_1}}$$

Отсюда

$$\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{c}{v_2 \lambda_1}\right)^2 \cdot \frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{3 \cdot 10^8}{73,82 \cdot 10^6 \cdot 3,29}\right)^2 \cdot \frac{1}{2} \approx 0,763, \text{ и}$$

$$1 - \frac{C_2}{C_1} = 1 - \left(\frac{c}{v_2 \lambda_1}\right)^2 \cdot \frac{L_1}{L_2} \approx 1 - 0,763 \approx 0,237 = 23,7\%.$$

Ответ: ёмкость конденсатора была уменьшена на $\frac{1}{2}$

$$1 - \frac{C_2}{C_1} = 1 - \left(\frac{c}{v_2 \lambda_1}\right)^2 \cdot \frac{L_1}{L_2} \approx 23,7\%.$$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (<i>в данном случае – формула для связи длины электромагнитной волны с её частотой и периодом, формула Томсона для периода свободных колебаний в контуре</i>); II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

С6	<p>Для измерения величины постоянной Планка h в своё время использовался следующий опыт. В вакуумный фотоэлемент помещался катод из какого-либо металла, окружённый металлическим анодом. Катод облучали светом определённой длины волны (и частоты) и измеряли задерживающее напряжение между катодом и анодом, при котором ток в цепи с фотоэлементом прекращался. Оказалось, что при длине волны света, падающего на фотокатод, равной $\lambda_1 = 250$ нм, задерживающее напряжение было равно $U_1 = 2,82$ В, а при освещении светом с частотой $\nu_2 = 1,5 \cdot 10^{15}$ Гц оно равнялось $U_2 = 4,05$ В. Найдите по этим данным величину постоянной Планка.</p>
-----------	--

Используем при решении задачи уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A_{\text{ВЫХ}} + mv^2 / 2,$$

где $A_{\text{ВЫХ}}$ – работа выхода фотоэлектрона из катода, а m и v – масса и скорость электрона.

Кроме того, учтем связь частоты и длины волны света: $\nu = c / \lambda$, а также тот факт, что ток в цепи с фотоэлементом прекращается при таком задерживающем напряжении U_3 , что кинетическая энергия фотоэлектрона $mv^2 / 2$ равна работе против сил задерживающего электрического поля: $eU_3 = mv^2 / 2$.

Запишем уравнение Эйнштейна с учётом приведённых выше соотношений для двух случаев, упомянутых в условии:

$$h\nu_1 = \frac{hc}{\lambda_1} = A_{\text{ВЫХ}} + mv_1^2 / 2 = A_{\text{ВЫХ}} + eU_1,$$

$$h\nu_2 = A_{\text{ВЫХ}} + mv_2^2 / 2 = A_{\text{ВЫХ}} + eU_2.$$

Вычтем из второго уравнения первое и получим:

$$h \left(\nu_2 - \frac{c}{\lambda_1} \right) = e(U_2 - U_1),$$

откуда

$$h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - (c / \lambda_1)} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot (4,05 - 2,82)}{1,5 \cdot 10^{15} - 3 \cdot 10^8 / (250 \cdot 10^{-9})} \text{ Дж} \cdot \text{с} \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

Ответ: $h = \frac{e(U_2 - U_1)}{\nu_2 - (c / \lambda_1)} \approx 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$

Указания по оцениванию	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, связь частоты и длины волны света, связь задерживающего напряжения с кинетической энергией фотоэлектронов); II) описаны все вводимые в решение буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют. ИЛИ При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или в утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с выбором ответа

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

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

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	122
B2	322

№ задания	Ответ
B3	24
B4	31

Ответы к заданиям с кратким ответом

№ задания	Ответ
B1	211
B2	311

№ задания	Ответ
B3	43
B4	31