

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 235 минут. Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (A1–A21). К каждому заданию даётся четыре 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 содержит 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 на то, что записи в черновике не будут учитываться при оценивании 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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами	
температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

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

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

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

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

Нормальные условия: давление – 10^5 Па , температура – $0 \text{ }^\circ\text{C}$

Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

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

A1 Два автомобиля движутся по прямому шоссе: первый – со скоростью \vec{v} , второй – со скоростью $-3\vec{v}$. Скорость первого автомобиля относительно второго равна

- 1) $-4\vec{v}$
- 2) $-2\vec{v}$
- 3) $2\vec{v}$
- 4) $4\vec{v}$

A2 Материальная точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью. Как изменится величина её центростремительного ускорения, если скорость увеличить в 2 раза, а радиус окружности уменьшить в 2 раза?

- 1) увеличится в 8 раз
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) увеличится в 2 раза
- 4) не изменится

A3 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} величиной 12 Н (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплён к стенке. Система покоится. Удлинение первой пружины равно 2 см. Вторая пружина растянута на 3 см. Жёсткость первой пружины равна

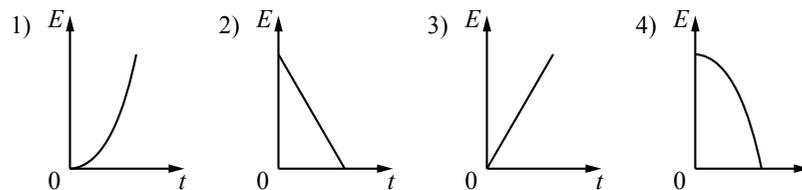


- 1) 240 Н/м
- 2) 1200 Н/м
- 3) 600 Н/м
- 4) 400 Н/м

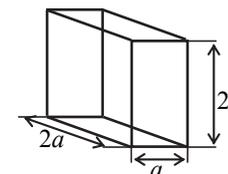
A4 Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен 30 кг·м/с. Под действием постоянной силы величиной 5 Н, направленной вдоль этой прямой, за 6 с импульс тела уменьшился и стал равен

- 1) 10 кг·м/с
- 2) 5 кг·м/с
- 3) 0
- 4) 20 кг·м/с

A5 Тело свободно падает с высоты H . Какой из графиков, представленных на рисунке, выражает зависимость потенциальной энергии тела от времени?



A6 Аквариум, изображённый на рисунке, доверху наполнили водой. Найдите силу давления воды на дно аквариума. Плотность воды равна ρ . Атмосферное давление не учитывать.

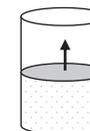


- 1) ρga
- 2) $2\rho ga$
- 3) $4\rho ga^3$
- 4) $2\rho ga^3$

A7 Абсолютная температура идеального газа в сосуде увеличилась в 2,5 раза, а давление возросло при этом в 5 раз. Как изменилась концентрация молекул газа?

- 1) уменьшилась в 12,5 раза
- 2) увеличилась в 2 раза
- 3) увеличилась в 12,5 раза
- 4) уменьшилась в 2 раза

A8 В цилиндре с тонкими, но прочными металлическими стенками, находится воздух. Придерживая цилиндр, поршень медленно поднимают вверх. Какое из приведённых ниже уравнений точнее всего описывает процесс, происходящий при этом с воздухом под поршнем?



- 1) $\frac{T}{V} = \text{const}$
- 2) $\frac{T}{p} = \text{const}$
- 3) $T \cdot p = \text{const}$
- 4) $V \cdot p = \text{const}$

A9 В калориметр с холодной водой погрузили медный цилиндр, нагретый до $100\text{ }^\circ\text{C}$. В результате в калориметре установилась температура $30\text{ }^\circ\text{C}$. Если вместо медного цилиндра опустить в калориметр алюминиевый цилиндр такой же массы при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$, то конечная температура в калориметре будет

- 1) выше $30\text{ }^\circ\text{C}$
- 2) ниже $30\text{ }^\circ\text{C}$
- 3) $30\text{ }^\circ\text{C}$
- 4) зависеть от отношения массы воды и цилиндров и в данном случае не поддаётся никакой оценке (никакому сравнению)

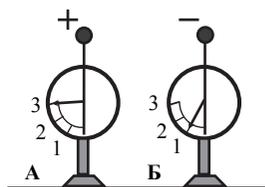
A10 Какое(-ие) из приведённых утверждений верно(-ы)?

А. При тепловом контакте двух тел, имеющих разную температуру, положительное количество теплоты самопроизвольно не может переходить от тела с меньшей температурой к телу с большей температурой.

Б. Нельзя создать циклический тепловой двигатель, с помощью которого можно энергию, полученную от нагревателя, полностью превратить в механическую работу.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

A11 На рисунке изображены два одинаковых электрометра: А и Б, шары которых имеют заряд противоположных знаков. Какими станут показания электрометров, если их шары соединить проволокой?

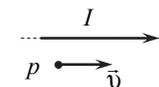


- 1) показание электрометра А станет равным 0, а электрометра Б – равным 2
- 2) показания обоих станут равными 2
- 3) показания обоих станут равными 0
- 4) показания обоих станут равными 1

A12 Участок цепи состоит из двух последовательно соединённых цилиндрических проводников, сопротивление первого из которых равно $4R$, а второго – $2R$. Как изменится общее сопротивление этого участка, если удельное сопротивление первого проводника вдвое уменьшить, а его длину вдвое увеличить?

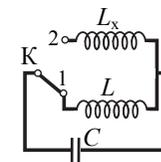
- 1) уменьшится вдвое
- 2) не изменится
- 3) увеличится вдвое
- 4) уменьшится вчетверо

A13 Протон p имеет горизонтальную скорость \vec{v} , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца \vec{F} ?



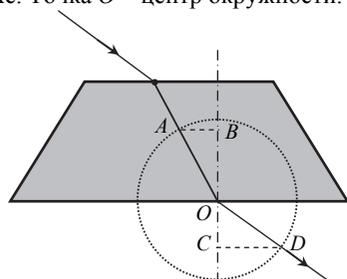
- 1) вертикально вверх в плоскости рисунка \uparrow
- 2) вертикально вниз в плоскости рисунка \downarrow
- 3) горизонтально влево в плоскости рисунка \leftarrow
- 4) перпендикулярно плоскости рисунка к нам \odot

A14 Какой должна быть индуктивность L_x катушки в контуре (см. рисунок), чтобы при переводе ключа К из положения 1 в положение 2 период собственных электромагнитных колебаний в контуре уменьшился в 3 раза?



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

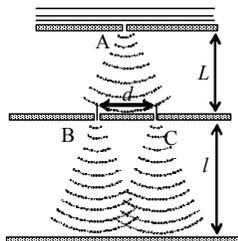
A15 На рисунке показан ход светового луча через стеклянную пластину, находящуюся в воздухе. Точка O – центр окружности.



Показатель преломления стекла n равен отношению длин отрезков

- 1) $\frac{CD}{AB}$ 2) $\frac{AB}{CD}$ 3) $\frac{OB}{CD}$ 4) $\frac{OC}{OB}$

A16 В классическом опыте Юнга по дифракции пучок света, прошедший через узкое отверстие A , освещает отверстия B и C , за которыми на экране возникает интерференционная картина (см. рисунок).



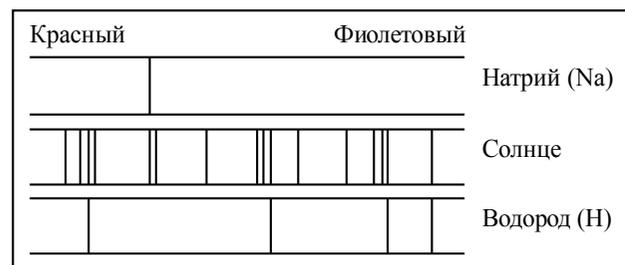
Если уменьшить расстояние l вдвое, то

- 1) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
 2) расстояние между интерференционными полосами увеличится
 3) интерференционная картина не изменится
 4) интерференционная картина сместится по экрану вправо, сохранив свой вид

A17 Модуль импульса фотона в рентгеновском дефектоскопе 2 раза больше модуля импульса фотона в рентгеновском медицинском аппарате. Отношение энергии фотона в первом пучке рентгеновских лучей к энергии фотона во втором пучке равно

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

A18 На рисунке приведены спектры поглощения паров натрия, атомарного водорода и атмосферы Солнца.



Об атмосфере Солнца можно утверждать, что в ней

- 1) не содержится натрия
 2) не содержится водорода
 3) содержится только натрий и водород
 4) содержится и натрий, и водород

A19 Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией ${}^1_0n + {}^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow {}^Y_X\text{Z} + {}^{94}_{36}\text{Kr} + 3^1_0n + 7\gamma$. При этом образуется ядро химического элемента ${}^Y_X\text{Z}$. Что это за элемент?

- 1) ${}^{139}_{63}\text{Eu}$
 2) ${}^{139}_{56}\text{Ba}$
 3) ${}^{132}_{56}\text{Ba}$
 4) ${}^{136}_{56}\text{Ba}$

A20 Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии.

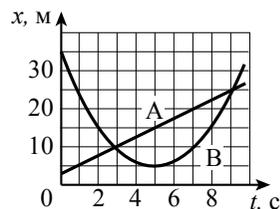


Погрешность измерения равна цене деления динамометра. В каком случае показания динамометра записаны верно?

- 1) $(1,8 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 2) $(1,3 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 3) $(1,4 \pm 0,01) \text{ Н}$
- 4) $(1,4 \pm 0,1) \text{ Н}$

A21 На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось Ох. Выберите верное(-ые) утверждение(-я) о характере движения тел.

А. Тело А движется равноускоренно.
Б. Расстояние между точками встречи тел А и В составляет 15 м.



- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

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 запятых, пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

В1 Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянута. Как ведёт себя потенциальная энергия пружины, кинетическая энергия груза, его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вниз к положению равновесия?

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.

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

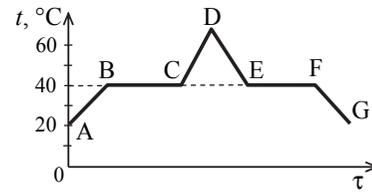
В2 Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Чтобы в этом поле двигалась по окружности с той же скоростью α -частица, радиус её орбиты, её энергия и модуль силы Лоренца по сравнению с протоном должны:

- 1) увеличиться
- 2) уменьшиться
- 3) не измениться

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

Радиус окружности	Энергия частицы	Модуль силы Лоренца

В3 В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры t эфира от времени τ его нагревания и последующего охлаждения. Установите соответствие между процессами, происходящими с эфиром, и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



- | | |
|----------------------|-----------------|
| ПРОЦЕССЫ | УЧАСТКИ ГРАФИКА |
| А) кипение эфира | 1) BC |
| Б) конденсация эфира | 2) CD |
| | 3) DE |
| | 4) EF |

Ответ:

А	Б

В4 Тело, брошенное с горизонтальной поверхности со скоростью v под углом α к горизонту, через некоторое время t падает на расстоянии S от точки броска. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

- | | |
|--|-----------------------------------|
| ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ | ФОРМУЛЫ |
| А) время полёта t | 1) $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ |
| Б) расстояние S от точки броска до точки падения | 2) $\frac{2v \sin \alpha}{g}$ |
| | 3) $\frac{v \sin \alpha}{2g}$ |
| | 4) $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$ |

Ответ:

А	Б

Часть 3

Задания части 3 представляют собой задачи. Рекомендуется провести их предварительное решение на черновике. При выполнении заданий (A22–A25) в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

A22 Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 200 м/с, разрывается на два осколка. Первый осколок массой 1 кг летит под углом 90° к первоначальному направлению. Скорость второго осколка 500 м/с. Скорость первого осколка равна

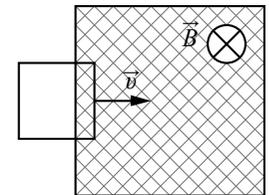
1) 200 м/с 2) 400 м/с 3) 300 м/с 4) 100 м/с

A23 Концентрация молекул в холодных облаках межзвездного газа достигает $n = 10^{10} \text{ 1/м}^3$, а температура составляет 10 К. Оцените давление газа.

1) $6 \cdot 10^{-13} \text{ Па}$
 2) $8,31 \cdot 10^{-23} \text{ Па}$
 3) $1,38 \cdot 10^{-12} \text{ Па}$
 4) 10^{-10} Па

A24 В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле $B = 0,1 \text{ Тл}$. Квадратную проволочную рамку со стороной $l = 10 \text{ см}$ перемещают в плоскости рисунка в этом поле поступательно со скоростью $v = 1 \text{ м/с}$. Чему равно сопротивление рамки, если в положении, показанном на рисунке, в рамке возникает индукционный ток силой 1 мА?

1) 10 Ом 2) 2 Ом 3) 5 Ом 4) 20 Ом

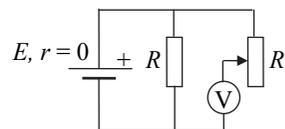


A25 В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13,6 \text{ эВ}$) поглощает фотон и ионизируется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра с импульсом $p = 9,1 \cdot 10^{-25} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Какова энергия поглощенного фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

1) 19,3 эВ
 2) 27,2 эВ
 3) 13,6 эВ
 4) 16,4 эВ

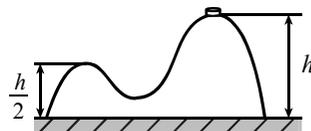
Полное решение задач C1–C6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (C1, C2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1 В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны R , ЭДС батарейки равна E , её внутреннее сопротивление ничтожно ($r = 0$). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



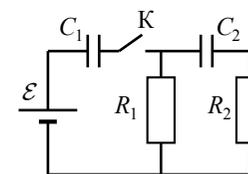
Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 Горка с двумя вершинами, высоты которых h и $\frac{1}{2}h$, покоится на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). На правой вершине горки находится монета. От незначительного толчка монета и горка приходят в движение, причём монета движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. В некоторый момент времени монета оказалась на левой вершине горки, имея скорость v . Найдите скорость горки в этот момент.

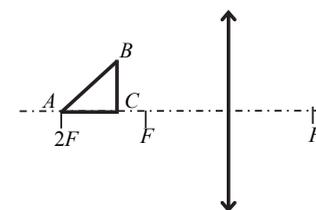


C3 Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объёму. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Чему равна внутренняя энергия газа после расширения?

C4 В цепи, изображённой на рисунке, ЭДС батареи равна 100 В, сопротивления резисторов $R_1 = 10$ Ом и $R_2 = 6$ Ом, а ёмкости конденсаторов $C_1 = 60$ мкФ и $C_2 = 100$ мкФ. В начальном состоянии ключ K разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Через некоторое время после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какую работу совершат сторонние силы к моменту установления равновесия?



C5 Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC площадью 50 см^2 расположен перед тонкой собирающей линзой так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы. Фокусное расстояние линзы равно 50 см. Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A , расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы (см. рисунок). Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



C6 Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси Ox под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть частота падающего света ν , чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена в положительном направлении оси Oy ? Работа выхода для вещества катода 2,39 эВ, напряжённость электрического поля $3 \cdot 10^2$ В/м, индукция магнитного поля 10^{-3} Тл.

