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 (А1–А21). К каждому заданию даётся четыре варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1–В4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 содержит 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, 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}

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

Константы

число π	$\pi = 3{,}14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10$ м/с^2
гравитационная постоянная	$G = 6{,}7\cdot10^{-11}$ Н·м^2/кг^2
универсальная газовая постоянная	$R = 8{,}31$ Дж/(моль·К)
постоянная Больцмана	$k = 1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К
постоянная Авогадро	$N_A = 6\cdot10^{23}$ моль$^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3\cdot10^8$ м/с
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot10^9$ Н·м^2/Кл^2
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
постоянная Планка	$h = 6{,}6\cdot10^{-34}$ Дж·с

Соотношение между различными единицами

температура	0 К = – 273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = $1{,}66\cdot10^{-27}$ кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = $1{,}6\cdot10^{-19}$ Дж

Масса частиц

электрона	$9{,}1\cdot10^{-31}$кг ≈ $5{,}5\cdot10^{-4}$ а.е.м.
протона	$1{,}673\cdot10^{-27}$ кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	$1{,}675\cdot10^{-27}$ кг ≈ 1,008 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	13 600 кг/м^3

Удельная теплоёмкость

воды	$4{,}2\cdot10^3$	Дж/(кг·К)	алюминия	900	Дж/(кг·К)
льда	$2{,}1\cdot10^3$	Дж/(кг·К)	меди	380	Дж/(кг·К)
железа	460	Дж/(кг·К)	чугуна	500	Дж/(кг·К)
свинца	130	Дж/(кг·К)			

Удельная теплота

парообразования воды	$2{,}3\cdot10^6$ Дж/кг
плавления свинца	$2{,}5\cdot10^4$ Дж/кг
плавления льда	$3{,}3\cdot10^5$ Дж/кг

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

Молярная масса

азота	$28\cdot10^{-3}$	кг/моль	гелия	$4\cdot10^{-3}$	кг/моль
аргона	$40\cdot10^{-3}$	кг/моль	кислорода	$32\cdot10^{-3}$	кг/моль
водорода	$2\cdot10^{-3}$	кг/моль	лития	$6\cdot10^{-3}$	кг/моль
воздуха	$29\cdot10^{-3}$	кг/моль	неона	$20\cdot10^{-3}$	кг/моль
воды	$18\cdot10^{-3}$	кг/моль	углекислого газа	$44\cdot10^{-3}$	кг/моль

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого Вами задания (А1–А21) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

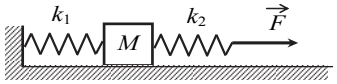
А1 Два автомобиля движутся по прямому шоссе: первый со скоростью $\vec{v}$, второй со скоростью $-4\vec{v}$ относительно шоссе. Скорость первого автомобиля относительно второго равна

1) $-5\vec{v}$
2) $5\vec{v}$
3) $3\vec{v}$
4) $-3\vec{v}$

А2 Точка движется по окружности радиусом R со скоростью v. Если скорость уменьшить в 2 раза, а радиус окружности увеличить в 2 раза, то центростремительное ускорение точки

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

А3 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила $\vec{F}$ (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплён к стенке. Удлинение первой пружины равно 2 см. Вторая пружина растянута на 3 см. Жёсткость первой пружины k_1 = 600 Н/м. Жёсткость второй пружины равна

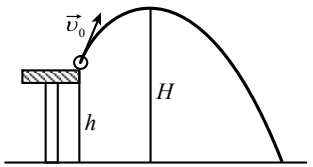


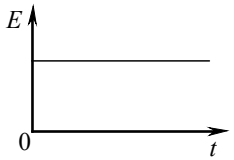
1) 400 Н/м 2) 300 Н/м 3) 600 Н/м 4) 900 Н/м

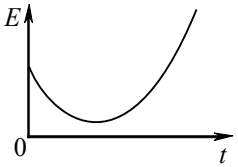
А4 Тело движется по прямой. Под действием постоянной силы 40 Н, направленной вдоль этой прямой, импульс тела уменьшился от 200 кг·м/с до 120 кг·м/с. Для этого потребовалось

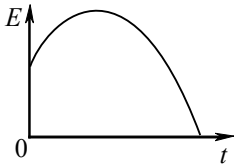
1) 1 с 2) 2 с 3) 3 с 4) 4 с

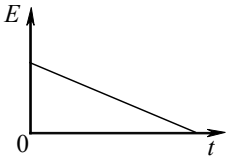
А5 Груз брошен под углом к горизонту (см. рисунок). Какой график изображает зависимость полной механической энергии E груза от времени? Сопротивлением воздуха пренебречь.



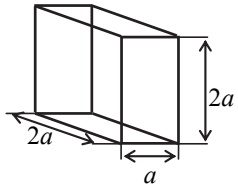
1)


3)


2)


4)


А6 Аквариум, изображённый на рисунке, доверху наполнили водой. Найдите давление воды на дно аквариума. Плотность воды равна ρ. Атмосферное давление не учитывать.



1) $\rho g a$ 2) $2\rho g a^3$ 3) $\dfrac{\rho g}{2a^2}$ 4) $2\rho g a$

А7 Абсолютная температура идеального газа в сосуде снизилась 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) уменьшилась в 2 раза
4) увеличилась в 12,5 раза

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

A8 Разогретую колбу плотно закрыли пробкой и оставили остывать. Какое из приведённых ниже уравнений точнее всего описывает процесс, происходящий при этом с воздухом в колбе?

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

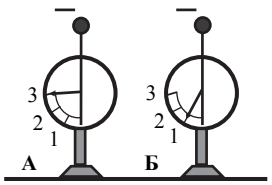
A9 В калориметр с горячей водой погрузили алюминиевый цилиндр, взятый при комнатной температуре. В результате в калориметре установилась температура 60 °C. Если вместо алюминиевого цилиндра опустить в калориметр медный цилиндр такой же массы при комнатной температуре, то конечная температура в калориметре будет

1) выше 60 °C
2) ниже 60 °C
3) 60 °C
4) зависеть от отношения массы воды и цилиндров и в данном случае не поддаётся никакой оценке

A10 Какое(-ие) из приведённых утверждений верно(-ы)?
А. Положительное количество теплоты самопроизвольно не может переходить от более холодного тела к более нагретому.
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, шары которых заряжены отрицательно. Если шары соединить проволокой, то показания обоих электрометров

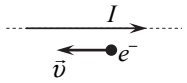


1) не изменятся
2) станут равными 0
3) станут равными 2
4) станут равными 1

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

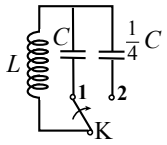
1) уменьшится вдвое
2) увеличится вдвое
3) уменьшится вчетверо
4) не изменится

A13 Электрон e^- имеет скорость $\vec{v}$, направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца $\vec{F}$?



1) вертикально вниз в плоскости рисунка ↓
2) вертикально вверх в плоскости рисунка ↑
3) перпендикулярно плоскости рисунка к нам ⊙
4) горизонтально вправо в плоскости рисунка →

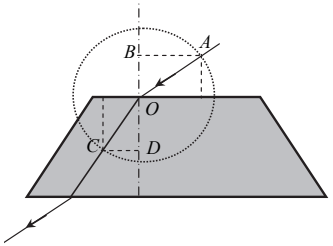
A14 Как изменится период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок), если ключ K перевести из положения 1 в положение 2?



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

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

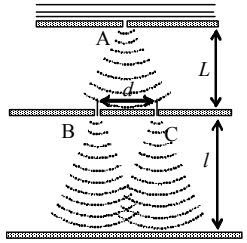
A15 На рисунке показан ход светового луча сквозь стеклянную призму, находящуюся в воздухе.



Если точка O – центр окружности, то показатель преломления стекла n равен

1) $\frac{CD}{AB}$ 2) $\frac{AO}{CD}$ 3) $\frac{AB}{CD}$ 4) $\frac{OB}{OD}$

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).



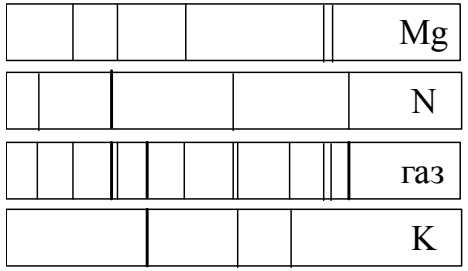
Если уменьшить расстояние d вдвое, то

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

A17 Энергия E_1 фотона в первом пучке монохроматического света в 2 раза меньше энергии E_2 фотона во втором пучке. Отношение длин волн света в первом и втором пучках $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ равно

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

A18 На рисунке приведён спектр поглощения неизвестного газа и спектры поглощения атомарных паров известных элементов. По виду спектров можно утверждать, что неизвестный газ содержит атомы



1) азота (N), магния (Mg) и других элементов, но не калия (K)
2) только азота (N) и калия (K)
3) только магния (Mg) и азота (N)
4) магния (Mg), калия (K) и азота (N)

A19 В результате реакции деления урана тепловыми нейтронами кроме нейтронов и ядер тяжёлых элементов испускаются γ-кванты в соответствии с уравнением ${}^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{233}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{Y}_{X}\mathrm{Z} + {}^{92}_{40}\mathrm{Zr} + 5{}^{1}_{0}\mathrm{n} + 6\gamma$. При этом образуется ядро ${}^{Y}_{X}\mathrm{Z}$. Что это за ядро?

1) ${}^{131}_{58}\mathrm{Ce}$
2) ${}^{131}_{52}\mathrm{Te}$
3) ${}^{137}_{58}\mathrm{Ce}$
4) ${}^{137}_{52}\mathrm{Te}$

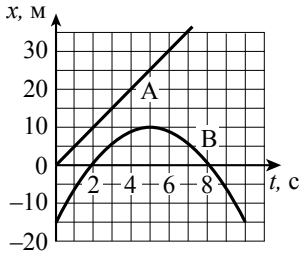
© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

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) (2,0 ± 0,1) Н
2) (2,0 ± 0,2) Н
3) (2,0 ± 0,5) Н
4) (2,0 ± 0,01) Н

A21 На рисунке приведены графики зависимости координат от времени для двух тел: А и В, движущихся по прямой, вдоль которой и направлена ось *Ox*.



Выберите верное(-ые) утверждение(-я) о характере движения тел.

А. От момента $t = 0$ до остановки тело В проделало путь, равный 25 м.

Б. В момент времени, равный 2 с, тела А и В встретились.

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

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

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

B1 Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведёт себя потенциальная энергия пружины, кинетическая энергия груза, его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вверх 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

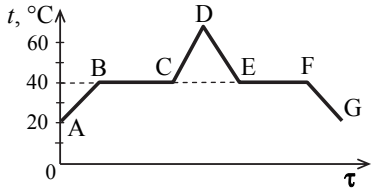
B2 Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Чтобы в этом поле двигалась по окружности с той же скоростью α-частица, центростремительное ускорение, модуль силы Лоренца и энергия α-частицы по сравнению с протоном должны:

1) увеличиться
2) уменьшиться
3) не измениться

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

Центростремительное ускорение	Модуль силы Лоренца	Энергия частицы

B3 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) нагревание паров эфира	1) BC
Б) конденсация эфира	2) CD
	3) DE
	4) EF

Ответ:

А	Б

B4 Тело, брошенное с горизонтальной поверхности со скоростью υ под углом α к горизонту, в течение t секунд поднимается над горизонтом, а затем снижается и падает на расстоянии s от точки броска. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало́.
Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.
К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) время подъёма t на максимальную высоту	1) $\dfrac{\upsilon^2 \sin^2\alpha}{2g}$
Б) расстояние s от точки броска до точки падения	2) $\dfrac{\upsilon \cos^2\alpha}{g}$
	3) $\dfrac{\upsilon^2 \sin 2\alpha}{g}$
	4) $\dfrac{\upsilon \sin\alpha}{g}$

Ответ:

А	Б

© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**

Часть 3

Задания части 3 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 «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного Вами ответа.

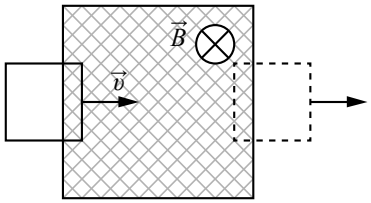
A22 Снаряд массой 2 кг, летящий с некоторой скоростью, разрывается на два осколка. Первый осколок массой 1 кг летит под углом 90° к первоначальному направлению со скоростью 300 м/с. Скорость второго осколка равна 500 м/с. Найти скорость снаряда.

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

A23 На высоте 200 км температура воздуха T составляет примерно 1200 К, а плотность $3\cdot10^{-10}$ кг/м^3. Оцените давление воздуха на этой высоте.

1) 10^{-5} Па
2) $1{,}38\cdot10^{-3}$ Па
3) $8{,}31\cdot10^{-5}$ Па
4) 10^{-4} Па

A24 В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка. Проводящую квадратную рамку, сопротивление которой 10 Ом и длина стороны 10 см, перемещают в плоскости рисунка в этом поле поступательно со скоростью $\upsilon = 1$ м/с. При пересечении рамкой границы магнитного поля в рамке возникает индукционный ток, создающий тормозящую силу Ампера $F = 10^{-5}$ Н. Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля B?



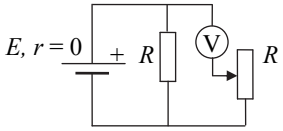
1) 1 Тл 2) 5 Тл 3) 0,1 Тл 4) 0,01 Тл

A25 В сосуде находится разреженный атомарный водород. Атом водорода в основном состоянии ($E_1 = -13{,}6$ эВ) поглощает фотон и ионизуется. Электрон, вылетевший из атома в результате ионизации, движется вдали от ядра со скоростью $\upsilon = 1000$ км/с. Какова частота поглощённого фотона? Энергией теплового движения атомов водорода пренебречь.

1) $4{,}7 \cdot 10^{15}$ Гц
2) $4{,}0 \cdot 10^{15}$ Гц
3) $6{,}6 \cdot 10^{15}$ Гц
4) $3{,}3 \cdot 10^{15}$ Гц

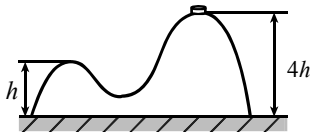
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

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.



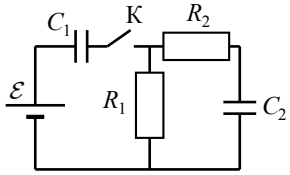
Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых h и $4h$ (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. Масса горки в 8 раз больше массы шайбы. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость шайбы на левой вершине горки.



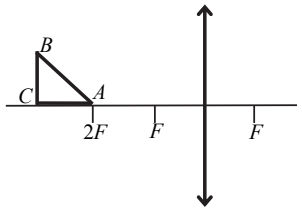
C3 Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па, расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объёму. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какую работу совершил газ при расширении, если он отдал холодильнику количество теплоты $Q = 1247$ Дж?

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 $C_1 = 100$ мкФ и $C_2 = 60$ мкФ.

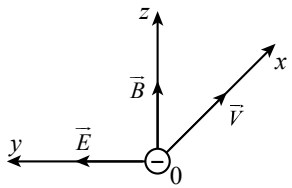


В начальном состоянии ключ К разомкнут, а конденсаторы не заряжены. Через некоторое время после замыкания ключа в системе установится равновесие. Какую работу совершат сторонние силы к моменту установления равновесия?

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 50 см. Вершина прямого угла C лежит дальше от центра 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 работа выхода A с поверхности фотокатода, чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена вдоль оси OY в положительном направлении? Частота света $6{,}5 \cdot 10^{14}$ Гц, напряжённость электрического поля $3 \cdot 10^2$ В/м, индукция магнитного поля 10^{-3} Тл.



© 2013 Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки Российской Федерации
Копирование **не допускается**