

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	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
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 – $0 \text{ }^\circ\text{С}$

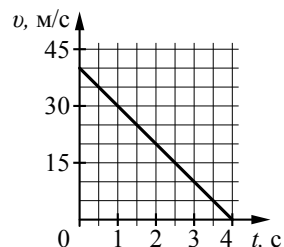
Молярная масса			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	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** На графике приведена зависимость скорости тела от времени при прямолинейном движении. Определите по графику модуль ускорения тела.

- 1) 5 м/с^2
- 2) 15 м/с^2
- 3) 10 м/с^2
- 4) 20 м/с^2



- A2** Мальчик равномерно опускает гирию, действуя на неё с силой 50 Н. Гирия действует на руку мальчика с силой

- 1) 50 Н, направленной вниз
- 2) больше 50 Н, направленной вниз
- 3) меньше 50 Н, направленной вниз
- 4) 50 Н, направленной вверх

- A3** Камень массой 0,1 кг брошен под углом 45° к горизонту. Модуль силы тяжести, действующей на камень в момент броска, равен

- 1) 1 Н
- 2) 1,73 Н
- 3) 2 Н
- 4) 0

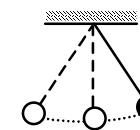
- A4** Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями $v_1 = 108 \text{ км/ч}$ и $v_2 = 54 \text{ км/ч}$ соответственно. Масса грузовика $m = 4500 \text{ кг}$. Какова масса легкового автомобиля, если импульс грузовика больше импульса легкового автомобиля в 1,5 раза?

- 1) 1200 кг
- 2) 1000 кг
- 3) 800 кг
- 4) 1500 кг

- A5** Тело, брошенное вертикально вверх с поверхности Земли, достигло максимальной высоты 5 м. С какой начальной скоростью тело было брошено вверх? Сопротивлением воздуха пренебречь.

- 1) 20 м/с
- 2) 10 м/с
- 3) 5 м/с
- 4) 40 м/с

- A6** Математический маятник с периодом колебаний T отклонили на небольшой угол от положения равновесия и отпустили с начальной скоростью, равной нулю (см. рисунок). Через какое время после этого кинетическая энергия маятника во второй раз достигнет максимума? Сопротивлением воздуха пренебречь.



- 1) $\frac{3}{4}T$
- 2) $\frac{1}{8}T$
- 3) $\frac{1}{2}T$
- 4) $\frac{1}{4}T$

- A7** Диффузия в жидкости происходит быстрее при повышении температуры, потому что с повышением температуры

- 1) уменьшается энергия взаимодействия молекул
- 2) увеличивается кинетическая энергия теплового движения молекул
- 3) жидкости расширяются
- 4) увеличивается энергия взаимодействия молекул и уменьшается расстояние между молекулами

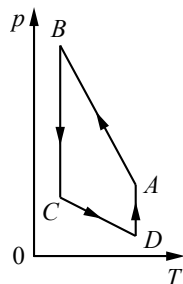
- A8** Как изменится давление разреженного одноатомного газа, если абсолютная температура газа уменьшится в 3 раза, а концентрация молекул увеличится в 3 раза?

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

- A9** Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 30%. Какой станет относительная влажность, если объем сосуда при неизменной температуре уменьшить в 1,5 раза?

- 1) 15%
- 2) 60%
- 3) 45%
- 4) 20%

A10 На рисунке представлен график цикла, проведённого с одноатомным идеальным газом. На каком из участков внутренняя энергия газа увеличивалась? Количество вещества газа постоянно.



- 1) BC
- 2) AB
- 3) CD
- 4) DA

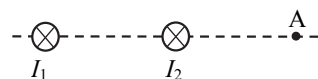
A11 Как изменится модуль сил кулоновского взаимодействия двух точечных зарядов, если расстояние между ними увеличить в 1,5 раза?

- 1) уменьшится в 2,25 раза
- 2) уменьшится в 1,5 раза
- 3) увеличится в 2,25 раза
- 4) увеличится в 1,5 раза

A12 Время протекания тока в проводнике увеличили в 4 раза. При этом величина прошедшего по проводнику заряда тоже увеличилась в 4 раза. Как изменилась сила тока в проводнике?

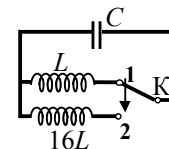
- 1) увеличилась в 2 раза
- 2) увеличилась в 4 раза
- 3) уменьшилась в 4 раза
- 4) не изменилась

A13 Магнитное поле $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке А направлены в плоскости чертежа следующим образом:



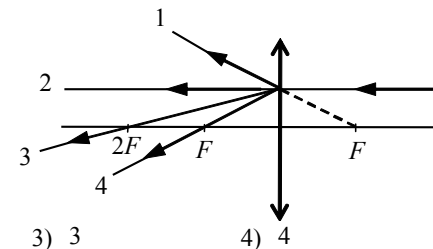
- 1) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вниз
- 2) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вверх
- 3) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вниз
- 4) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вверх

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



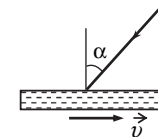
- 1) уменьшится в 16 раз
- 2) увеличится в 4 раза
- 3) увеличится в 16 раз
- 4) уменьшится в 4 раза

A15 На собирающую линзу параллельно оптической оси падает луч света (см. рисунок). После прохождения через линзу луч пройдёт вдоль линии



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

A16 На зеркало, движущееся в вакууме относительно инерциальной системы отсчёта (ИСО) со скоростью v , направленной вправо (см. рисунок), падает луч синего света. Какова скорость света в этой ИСО после отражения от зеркала, если угол падения равен 60° ? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .



- 1) $\sqrt{\left(\frac{c}{2} + 2v\right)^2 + \frac{3}{4}c^2}$
- 2) c
- 3) $c - 2v$
- 4) $c + 2v$

A17 Какое представление о строении атома соответствует модели атома Резерфорда?

- 1) Ядро – в центре атома, заряд ядра положителен, большая часть массы атома сосредоточена в электронах.
- 2) Ядро – в центре атома, заряд ядра отрицателен, большая часть массы атома сосредоточена в электронной оболочке.
- 3) Ядро – в центре атома, заряд ядра положителен, большая часть массы атома сосредоточена в ядре.
- 4) Ядро – в центре атома, заряд ядра отрицателен, большая часть массы атома сосредоточена в ядре.

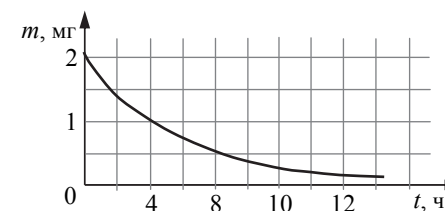
A18 На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	Li 3 ЛИТИЙ 7 ₉₃ 6 _{7,4}	Be 4 БЕРИЛЛИЙ 9 ₁₀₀	5	B БОР 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na 11 НАТРИЙ 23 ₁₀₀	Mg 12 МАГНИЙ 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	13	Al АЛЮМИНИЙ 27 ₁₀₀
4	IV	K 19 КАЛИЙ 39 ₉₃ 41 _{6,7}	Ca 20 КАЛЬЦИЙ 40 ₉₇ 44 _{2,1}	21	Sc СКАНДИЙ 45 ₁₀₀
	V	Cu 29 МЕДЬ 63 ₆₉ 65 ₃₁	Zn 30 ЦИНК 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	31	Ga ГАЛЛИЙ 69 ₆₀ 71 ₄₀

Укажите число протонов и число нейтронов в ядрах приведённых в таблице изотопов меди.

- 1) число протонов одинаково и равно 29, число нейтронов равно 63 и 65
- 2) число нейтронов одинаково и равно 29, число протонов равно 34 и 36
- 3) число нейтронов одинаково и равно 29, число протонов равно 63 и 65
- 4) число протонов одинаково и равно 29, число нейтронов равно 34 и 36

A19 На рисунке показан график изменения массы находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Период полураспада этого изотопа

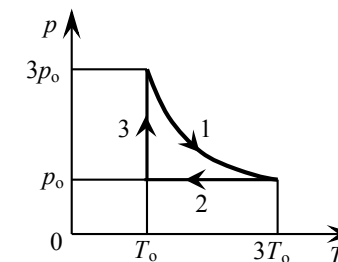


- 1) 1 час
- 2) 2 часа
- 3) 4 часа
- 4) 8 часов

A20 Дом стоит на краю поля. С балкона с высоты 5 м мальчик бросил камешек в горизонтальном направлении. Начальная скорость камешка 7 м/с. Через 2 с после броска камешек будет находиться на высоте

- 1) 25 м
- 2) 0
- 3) 14 м
- 4) 15 м

A21 На pT -диаграмме отображена последовательность трёх процессов (1 → 2 → 3) изменения состояния 2 моль идеального газа. Какова эта последовательность процессов в газе?

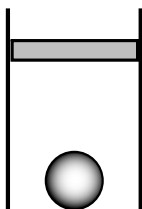


- 1) расширение → охлаждение → расширение при постоянной температуре
- 2) расширение → охлаждение → сжатие при постоянной температуре
- 3) сжатие → нагревание → охлаждение
- 4) нагревание → расширение → сжатие

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 В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ охладили. Как изменится в результате этого объём газа, его давление и действующая на шарик архимедова сила? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

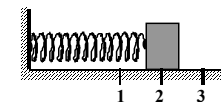


- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Объём газа	Давление газа	Архимедова сила

В2 Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняется потенциальная энергия пружины маятника, модуль скорости груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?



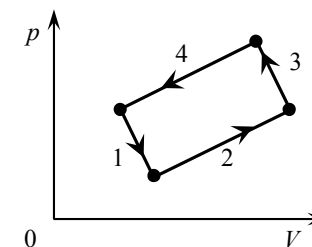
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

Потенциальная энергия пружины маятника	Модуль скорости груза	Жёсткость пружины

В3 На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наибольшими положительными значениями работы газа и работы внешних сил?



Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ПРОЦЕССЫ	НОМЕРА ПРОЦЕССОВ
А) работа газа положительна и максимальна	1) 1
Б) работа внешних сил положительна и максимальна	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

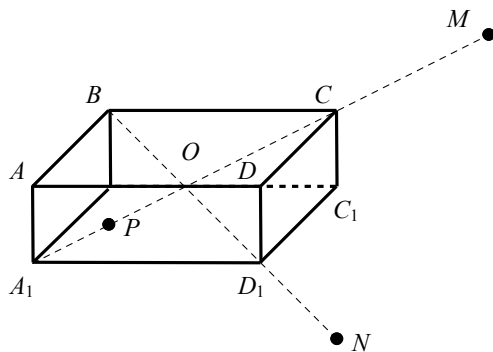
А	Б

В4 На неподвижном проводящем уединённом прямоугольном бруске $ABCD A_1 B_1 C_1 D_1$ находится заряд Q . Точка O – центр бруска,

$$OC = CM = D_1 N, A_1 P = \frac{OC}{2}.$$

Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке M равен E_M . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке N и в точке P ?

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ЗНАЧЕНИЯ
А) модуль напряжённости электростатического поля бруска в точке N	1) 0
Б) модуль напряжённости электростатического поля бруска в точке P	2) E_M
	3) $4E_M$
	4) $16E_M$

Ответ:

А	Б

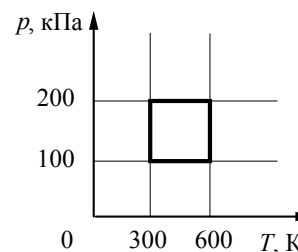
Часть 3

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

A22 Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с. Через некоторое время τ от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с постоянным ускорением 3 м/с². Он догоняет грузовик на расстоянии 150 м от остановки. Чему равно τ ?

- 1) 15 с 2) 5 с 3) 20 с 4) 25 с

A23 С идеальным газом в количестве 0,48 моль происходит циклический процесс, pT -диаграмма которого представлена на рисунке. Определите наибольший объём, который занимал газ в этом процессе.



- 1) 0,048 м³ 2) 0,192 м³ 3) 0,096 м³ 4) 0,024 м³

A24 Горизонтальный прямолинейный проводник расположен в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией 20 мТл перпендикулярно линиям индукции поля. Определите массу, приходящуюся на единицу длины проводника, если ток, при котором сила Ампера уравнивает силу тяжести, действующую на проводник, равен 10 А.

- 1) 0,03 кг/м 2) 0,02 кг/м 3) 0,01 кг/м 4) 0,04 кг/м

A25 Поток фотонов выбивает фотоэлектроны из металла с работой выхода 5 эВ. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова энергия фотонов?

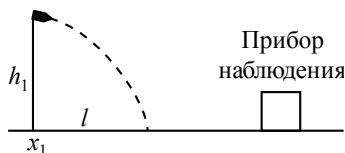
- 1) 15 эВ 2) 30 эВ 3) 10 эВ 4) 5 эВ

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.

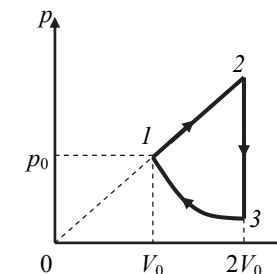
C1 К колебательному контуру подсоединили источник тока, на клеммах которого напряжение гармонически меняется с частотой ν . Ёмкость C конденсатора колебательного контура можно плавно менять от максимального значения C_{\max} до минимального C_{\min} , а индуктивность его катушки постоянна. Ученик постепенно уменьшал ёмкость конденсатора от максимального значения до минимального и обнаружил, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастала. Опираясь на свои знания по электродинамике, объясните наблюдения ученика.

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.

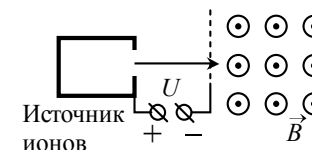
C2 Прибор наблюдения обнаружил летящий снаряд и зафиксировал его горизонтальную координату x_1 и высоту $h_1 = 1655$ м над Землёй. Через 3 с снаряд упал на Землю и взорвался на расстоянии $l = 1700$ м от места его обнаружения. Известно, что снаряды данного типа вылетают из ствола пушки со скоростью 800 м/с. Какова была максимальная высота H траектории снаряда, если считать, что сопротивление воздуха пренебрежимо мало? Пушка и место взрыва находятся на одной горизонтали.



C3 Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На адиабате 3–1 внешние силы сжимают газ, совершая работу $|A_{31}| = 370$ Дж. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{\text{хол}}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу газа A_{12} на участке 1–2.



C4 Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов U и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, модуль индукции магнитного поля $B = 0,5$ Тл, отношение электрического заряда иона к его массе $\frac{q}{m} = 2 \cdot 10^6$ Кл/кг. Определите численное значение U . Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



C5 Замкнутый контур из тонкой проволоки помещён в магнитное поле. Плоскость контура перпендикулярна вектору магнитной индукции поля. Площадь контура $S = 2 \cdot 10^{-3}$ м², его электрическое сопротивление $R = 1,2$ Ом. В контуре возникают колебания тока с амплитудой $i_m = 35$ мА, если магнитная индукция поля меняется с течением времени в соответствии с формулой $B = a \cos(bt)$, где $b = 3500$ с⁻¹. Чему равна амплитуда колебаний магнитной индукции поля?

C6 Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле, вектор напряжённости \vec{E} которого направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 15,9 эВ. Чему равен модуль напряжённости электрического поля?