

# Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

## Вариант № 304

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 36 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (А1–А25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 5 заданий (В1–В5), на которые следует дать краткий ответ. Для заданий В1 и В2 ответ необходимо записать в виде набора цифр, а для заданий В3–В5 в виде числа.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1–С6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При выполнении заданий В3–В5 части 2 значение искомой величины следует выразить в тех единицах физических величин, которые указаны в условии задания. Если такого указания нет, то значение величины следует записать в Международной системе единиц (СИ). При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочтите каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа.

Выполните задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время.

За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

### Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

#### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	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	$10^{-9}$
деки	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

#### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$
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	$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
электрический заряд	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$
постоянная Планка	

#### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 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	$1000 \text{ кг/м}^3$	подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
		ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

#### Удельная теплоемкость

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

#### Удельная теплота

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

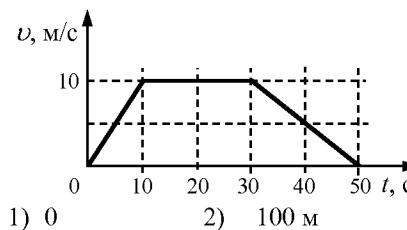
#### Нормальные условия: давление $10^5 \text{ Па}$ , температура $0^\circ\text{C}$

#### Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	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–A25) поставьте знак «×» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.**

**A1**

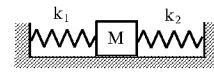
- 1) 0      2) 100 м      3) 200 м      4) 250 м

На рисунке представлен график зависимости модуля скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Определите по графику путь, пройденный автомобилем за время от 0 до 30 с.

**A2**

В инерциальной системе отсчета некоторая сила сообщает телу массой 8 кг ускорение  $5 \text{ м/с}^2$ . Какое ускорение сообщает та же сила телу массой 5 кг?

- 1)  $5 \text{ м/с}^2$       2)  $8 \text{ м/с}^2$       3)  $10 \text{ м/с}^2$       4)  $16 \text{ м/с}^2$

**A3**

Кубик массой 1 кг, сжатый с боков пружинами (см. рисунок), поконится на гладком горизонтальном столе. Первая пружина сжата на 4 см, а вторая сжата на 3 см. Жесткость первой пружины равна  $k_1 = 600 \text{ Н/м}$ . Жесткость второй пружины  $k_2$  равна

- 1)  $300 \text{ Н/м}$       2)  $450 \text{ Н/м}$       3)  $600 \text{ Н/м}$       4)  $800 \text{ Н/м}$

**A4**

Шары движутся со скоростями, показанными на рисунке, и сталкиваются. Как будет направлен суммарный импульс шаров после столкновения, если удар абсолютно упругий?

- 1)      2)      3)      4)

**A5**

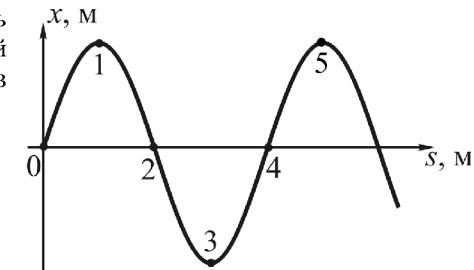
Грузик массой  $m = 100 \text{ г}$ , подвешенный к потолку на длинной нерастяжимой нити, совершает колебания. На какую максимальную высоту над положением равновесия поднимается грузик, если его максимальная кинетическая энергия равна  $0,5 \text{ Дж}$ ? Сопротивление воздуха не учитывать.

- 1) 1 м      2) 0,75 м      3) 0,5 м      4) 0,1 м

**A6**

На рисунке показан профиль бегущей волны в некоторый момент времени. Разность фаз колебаний точек 2 и 3 равна

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

**A7**

Шарик, движущийся по гладкой горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ , налетает на лежащий на той же поверхности более тяжёлый шарик. В результате частично неупругого удара первый шарик остановился, причем 75% его первоначальной кинетической энергии перешло во внутреннюю энергию. Какова скорость второго шарика после удара?

- 1)  $\frac{1}{4}v$       2)  $\frac{1}{2}v$       3)  $\frac{3}{4}v$       4)  $0,7v$

**A8**

Наименьшая упорядоченность в расположении частиц характерна для

- 1) газов  
2) жидкостей  
3) кристаллических тел  
4) аморфных тел

**A9**

Разреженный углекислый газ изобарно сжимается. Масса газа постоянна. Как надо изменить температуру газа, чтобы уменьшить его объем в 4 раза?

- 1) повысить в 16 раз  
2) повысить в 4 раза  
3) понизить в 16 раз  
4) понизить в 4 раза

**A10**

Удельная теплоемкость металла равна  $500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ . Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы кусок этого металла массой 5 кг нагреть от  $20^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ ?

- 1) 40 кДж      2) 200 кДж      3) 250 кДж      4) 300 кДж

**A11**

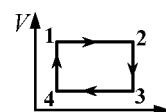
Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда  $0^{\circ}\text{C}$ , начальная температура воды  $15^{\circ}\text{C}$ . Исходная масса воды 1100 г. Теплоемкостью термоса можно пренебречь. В тепловом равновесии в воде плавает кусок льда. Какая масса льда растаяла в процессе перехода к тепловому равновесию?

- 1) 210 г      2) 315 г      3) 420 г      4) 630 г

**A12**

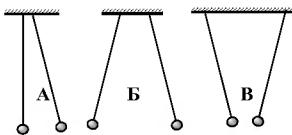
На рисунке показан циклический процесс изменения состояния постоянной массы одноатомного идеального газа. На каком участке процесса работа газа положительна и равна полученному газом количеству теплоты?

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

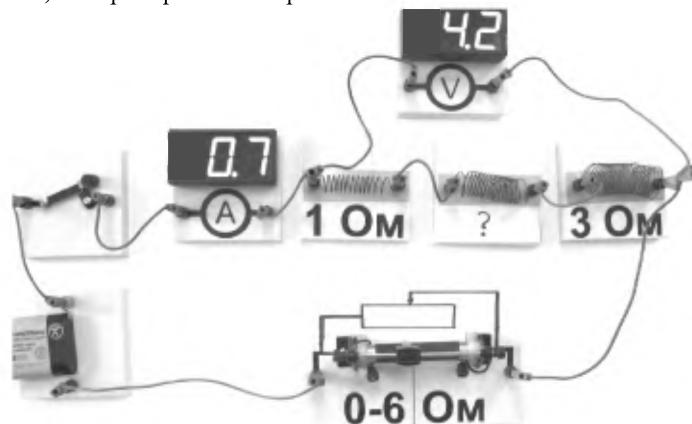
**A13**

Два одинаковых легких шарика подвешены на шелковых нитях. Оба шарика зарядили одинаковыми положительными зарядами. На каком из рисунков изображены эти два шарика?

- 1) только А      2) только Б      3) только В      4) А и Б

**A14**

На фотографии – электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра – в амперах.

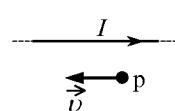


Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

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

**A15**

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



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

**A16**

Инфракрасное излучение испускают

- 1) электроны при их направленном движении в проводнике  
 2) атомные ядра при их превращениях  
 3) любые нагретые тела  
 4) любые заряженные частицы

**A17**

Предмет малых размеров расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы, на расстоянии от линзы, большем двойного фокусного расстояния. Изображение предмета

- 1) действительное и находится между фокусом и двойным фокусом  
 2) действительное и находится между линзой и фокусом  
 3) мнимое и находится между линзой и фокусом  
 4) действительное и находится за двойным фокусом

**A18**

В инерциальной системе отсчета свет распространяется в вакууме со скоростью  $c$ . Система отсчета  $K$ , в которой находится неподвижный относительно нее наблюдатель, движется с постоянной скоростью  $\vec{v}$  относительно Земли по прямой, соединяющей источники света  $S_1$  и  $S_2$ . Световые волны, идущие от неподвижных относительно Земли источников, относительно наблюдателя имеют скорость

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

**A19**

К источнику постоянного тока с ЭДС 12 В и внутренним сопротивлением 2 Ом подключен резистор. Какое количество теплоты выделяется в резисторе за 1 с, если напряжение на клеммах источника равно 10 В? Сопротивление соединительных проводов пренебрежимо мало.

- 1) 2 Дж      2) 8 Дж      3) 10 Дж      4) 12 Дж

**A20**

В таблице приведены значения энергии для второго и третьего энергетических уровней атома водорода.

Номер уровня	Энергия, $10^{-19}$ Дж
2	- 5,45
3	- 2,42

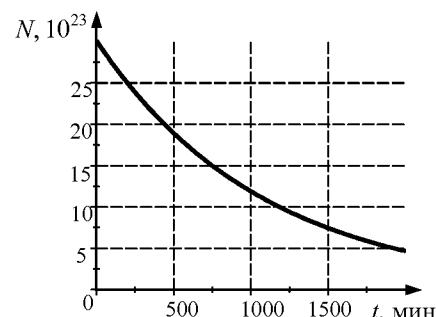
Какова должна быть энергия фотона, при поглощении которого атом переходит со второго уровня на третий?

- 1)  $7,87 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 2)  $5,45 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 3)  $3,03 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 4)  $2,42 \cdot 10^{-19}$  Дж

**A21**

Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер висмута  $^{211}_{83}\text{Bi}$  от времени. Каков период полураспада этого изотопа висмута?

- 1) 500 мин
- 2) 750 мин
- 3) 1000 мин
- 4) 1200 мин

**A22**

Какая из указанных ниже реакций является  $\beta$ -распадом?

- 1)  $^{239}_{92}\text{U} \longrightarrow ^{239}_{93}\text{Np} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$
- 2)  $^{27}_{13}\text{Al} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow ^{30}_{15}\text{P} + {}^1_0\text{n}$
- 3)  ${}^1_0\text{n} + ^{107}_{47}\text{Ag} \longrightarrow ^{108}_{47}\text{Ag} + \gamma$
- 4)  ${}^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \longrightarrow ^{139}_{56}\text{Ba} + ^{94}_{36}\text{Kr} + 3 {}^1_0\text{n}$

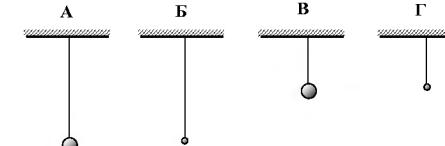
**A23**

Работа выхода электронов из фотокатода равна 2 эВ. Какова энергия фотонов, падающих на фотокатод, если максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна 1,5 эВ?

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

**A24**

Грузы маятников – медные шарики.

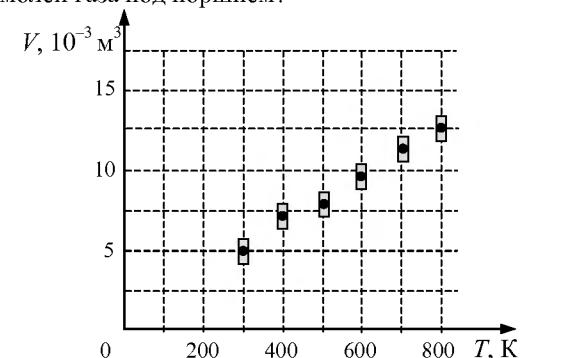


Какую из предложенных ниже пар маятников надо выбрать, чтобы экспериментально выяснить, зависит ли период малых колебаний математического маятника от длины нити?

- 1) А и Б
- 2) А и В
- 3) А и Г
- 4) Б и В

**A25**

В цилиндре под поршнем находится постоянная масса разреженного газа. Давление газа постоянно и равно  $1,5 \cdot 10^5$  Па. На рисунке показаны результаты измерения объема газа с повышением температуры. Погрешность измерения температуры  $\Delta T = \pm 10$  К, объема  $\Delta V = \pm 0,5$  л. Чему примерно равно число молей газа под поршнем?



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

## Часть 2

**В заданиях В1–В2 требуется указать последовательность цифр, соответствующих правильному ответу. Эту последовательность следует записать сначала в текст экзаменационной работы, а затем перенести в бланк ответов № 1 без пробелов и других символов. (Цифры в ответе могут повторяться.)**

**В1**

Постоянная масса одноатомного идеального газа в изохорном процессе получает от нагревателя количество теплоты  $Q > 0$ . Как меняются в этом процессе давление, температура и внутренняя энергия этого газа?

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

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) давление газа  
Б) температура газа  
В) внутренняя энергия газа

## ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) увеличивается  
2) уменьшается  
3) не изменяется

A	Б	В

**В2**

Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин в схемах постоянного тока и названиями этих величин.

В формулах использованы обозначения:  $I$  – сила тока,  $U$  – напряжение,  $R$  – сопротивление резистора.

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

## ФОРМУЛА

- А)  $\frac{U}{I}$   
Б)  $I^2R$
- ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА
- 1) заряд, протекший через резистор  
2) сопротивление резистора  
3) напряжение на резисторе  
4) мощность тока, выделяющаяся на резисторе

A	Б

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

**В3**

Камень брошен вверх под углом  $60^\circ$  к горизонту. Через 1,0 с скорость камня направлена вверх под углом  $30^\circ$  к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Чему равна начальная скорость камня? Ответ округлите до целых.

**В4**

Идеальный одноатомный газ находится в равновесии в вертикальном гладком цилиндре под поршнем массой  $m = 5$  кг и площадью  $S = 25$  см<sup>2</sup>. Внешнее атмосферное давление  $p_0 = 10^5$  Па. В результате охлаждения газа поршень опустился на высоту  $\Delta h = 4$  см, а температура газа понизилась на  $\Delta T = 16$  К. Найдите число молей газа под поршнем. Ответ округлите до сотых.

**В5**

Две  $\alpha$ -частицы ускоряются в различных электрических полях. Начальная скорость обеих частиц равна нулю. Ускоряющая разность потенциалов второго поля 400 В. Ускорившиеся  $\alpha$ -частицы влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору индукции. Отношение радиусов траекторий частиц в магнитном поле  $\frac{R_2}{R_1} = 2$ . Чему равна ускоряющая разность потенциалов первого поля?

**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1**

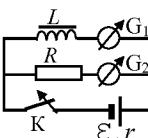
## Часть 3

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

**В задаче С1 следует записать развернутый ответ, поясняющий физические процессы, описанные в задаче, и ход ваших рассуждений.**

**C1**

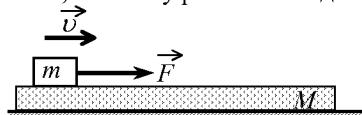
Резистор  $R$  и катушка индуктивности  $L$  с железным сердечником подключены к источнику тока, как показано на схеме. Первоначально ключ  $K$  замкнут, показания гальванометров  $G_1$  и  $G_2$  равны, соответственно,  $I_1 = 0,1$  А и  $I_2 = 1$  А. Что произойдет с величиной и направлением тока через резистор при размыкании ключа  $K$ ? Каким явлением это вызвано?



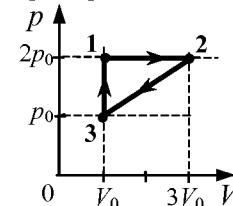
**Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

**C2**

На гладком горизонтальном полу находится длинная доска. По доске под действием постоянной горизонтальной силы тяги движется брускок массой  $m = 1$  кг. Коэффициент трения между доской и бруском  $\mu = 0,2$ . Скорость бруска  $v$  относительно пола постоянна и равна 0,8 м/с. Первоначально доска относительно пола покоятся. К моменту, когда движение бруска относительно доски прекращается, бруск проходит по доске расстояние  $L = 0,8$  м. Чему равна масса доски?

**C3**

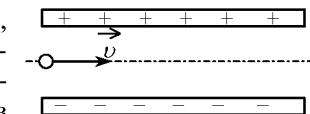
Постоянная масса одноатомного идеального газа совершают циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл от нагревателя газ получает количество теплоты  $Q_h = 8$  кДж. Какую работу совершают внешние силы при переходе газа из состояния 2 в состояние 3?

**C4**

Плоская горизонтальная фигура площадью  $S = 0,1$  м<sup>2</sup>, ограниченная проводящим контуром, находится в магнитном поле. Проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось Oz медленно и равномерно возрастает от начального значения  $B_{1z} = 0,7$  Тл до конечного значения  $B_{2z} = 4,7$  Тл. За это время по контуру протекает заряд  $q = 0,08$  Кл. Каково сопротивление контура?

**C5**

Протон влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинам в точке, находящейся посередине между его пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость, с которой протон должен влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него, равна 350 км/с. Расстояние между пластинами конденсатора 1 см, напряжение на пластинах конденсатора 50 В. Чему равна длина пластин конденсатора? Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести пренебречь.

**C6**

Уровни энергии электрона в атоме водорода задаются формулой  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  эВ, где  $n = 1, 2, 3, \dots$ . При переходе из состояния  $E_2$  в состояние  $E_1$  атом испускает фотон. Поток таких фотонов падает на поверхность фотокатода. Запирающее напряжение для фотоэлектронов, вылетающих с поверхности фотокатода,  $U_{зап} = 6,1$  В. Чему равна частота света  $v_{kp}$ , соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода?