

# Единый государственный экзамен ПО ФИЗИКЕ

## Вариант 6

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3,5 часа (210 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 40 заданий.

Часть 1 содержит 30 заданий (А1 – А30). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (В1 – В4), на которые следует дать краткий ответ в численном виде.

Часть 3 состоит из 6 заданий (С1 – С6), на которые требуется дать развернутый ответ. Необходимо записать законы физики, из которых выводятся требуемые для решения задачи соотношения.

При выполнении заданий 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	$10^{-9}$
дека	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	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$
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	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
заряд электрона	$e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
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	$1000 \text{ кг}/\text{м}^3$	парафина	$900 \text{ кг}/\text{м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг}/\text{м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг}/\text{м}^3$
керосина	$800 \text{ кг}/\text{м}^3$	железа	$7800 \text{ кг}/\text{м}^3$
		рутти	$13600 \text{ кг}/\text{м}^3$

### Удельная теплоемкость

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

### Удельная теплопроводность

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

### 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 – A30) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.**

**A1** При свободном падении тела из состояния покоя его скорость за вторую секунду увеличивается на

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

**A2** Точка движется по окружности радиуса  $R$  с частотой обращения  $v$ . Как нужно изменить частоту обращения, чтобы при увеличении радиуса окружности в 4 раза центростремительное ускорение точки осталось прежним?

- 1) увеличить в 2 раза  
2) уменьшить в 2 раза  
3) увеличить в 4 раза  
4) уменьшить в 4 раза

**A3** Четыре одинаковых кирпича массой  $m$  каждый сложены в стопку (см. рисунок). Если убрать верхний кирпич, то сила  $N$ , действующая со стороны 2-го кирпича на 1-й, уменьшится на

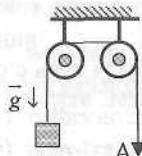


- 1)  $mg$       2)  $\frac{mg}{4}$       3)  $\frac{mg}{3}$       4)  $\frac{mg}{2}$

**A4** Когда на пружине подвешен груз массой 200 г, удлинение пружины равно 3 см. Каким станет удлинение пружины, если к первому грузу добавить еще один груз массой 200 г?

- 1) 4 см      2) 1,5 см      3) 5 см      4) 6 см

**A5** Определите силу, которую необходимо приложить к концу легкой веревки А, чтобы удержать в равновесии груз массой 24 кг (см. рисунок). Трением в осях блоков пренебречь.



- 1) 60 Н      2) 80 Н      3) 120 Н      4) 240 Н

**A6**

Растянули две пружины одинаковой жесткости. Удлинение первой пружины в 2 раза больше удлинения второй. Отношение их потенциальных энергий  $\frac{E_1}{E_2}$  равно

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

**A7**

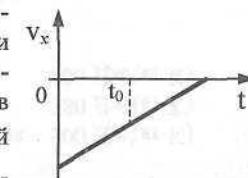
Звуковая волна частотой 2 кГц распространяется в среде со скоростью 340 м/с. Длина волны равна

- 1) 0,085 м      2) 0,17 м      3) 17 км      4) 680 км

**A8**

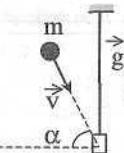
Тело движется прямолинейно вдоль оси  $Ox$ . На рисунке справа представлена зависимость проекции скорости тела на ось  $X$  от времени. Систему отсчета считать инерциальной. Направления векторов скорости  $\vec{v}$ , ускорения  $\vec{a}$  и равнодействующей силы  $F$  в момент времени  $t_0$  правильно изображены на рисунке

- 1)   
2)   
3)   
4)

**A9**

Массивная доска шарнирно подвешена к потолку на легком стержне. На доску со скоростью 10 м/с налетает пластилиновый шарик массой 0,2 кг и прилипает к ней. Скорость шарика перед ударом направлена под углом  $60^\circ$  к нормали к доске (см. рисунок). Кинетическая энергия системы тел после соударения равна 0,7 Дж. Масса доски приблизительно равна

- 1) 0,1 кг      2) 0,2 кг      3) 0,5 кг      4) 0,7 кг

**A10**

Газ при температуре 224 К и давлении  $1,66 \cdot 10^5$  Па имеет плотность 2,5 кг/м<sup>3</sup>. Что это за газ?

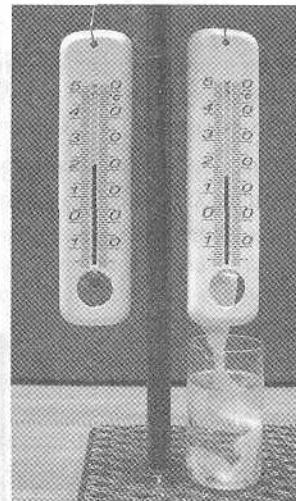
- 1) водород H<sub>2</sub>      2) неон Ne      3) кислород O<sub>2</sub>      4) азот N<sub>2</sub>

**A11** При изобарном сжатии идеального газа его внутренняя энергия

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) увеличивается или уменьшается в зависимости от количества газа
- 4) не изменяется

**A12** На фотографии представлены два термометра, используемые для определения относительной влажности воздуха. Как будут изменяться показания влажного термометра при уменьшении относительной влажности воздуха в помещении и сохранении температуры сухого термометра?

- 1) понизятся
- 2) не изменяются
- 3) повысятся
- 4) при уменьшении влажности сначала повысятся, затем уменьшатся



**A13** При охлаждении твердого тела массой  $m$  его температура понизилась на  $\Delta T$ . Какое из приведенных ниже выражений позволяет рассчитать количество отданной телом теплоты  $Q$ , если удельная теплоемкость вещества этого тела  $c$ ?

- 1)  $\frac{m \cdot c}{\Delta T}$
- 2)  $\frac{m \cdot \Delta T}{c}$
- 3)  $c \cdot m \cdot \Delta T$
- 4)  $\frac{m}{c \cdot \Delta T}$

**A14** На рисунке представлен график зависимости давления неизменной массы идеального одноатомного газа от его объема. Газ получил 500 кДж теплоты. Внутренняя энергия газа при этом

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась на 100 кДж
- 3) уменьшилась на 200 кДж
- 4) увеличилась на 300 кДж



**A15** Температура струи, выходящей из сопла ракетного двигателя, равна 1000 К. Чему равна температура в его камере сгорания, если КПД идеального теплового двигателя с такими же температурами нагревателя и холодильника равен 70%?

- 1) 3300 К
- 2) 3000 К
- 3) 1430 К
- 4) 700 К

**A16** Как направлена кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный заряд, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды:  $+q$ ,  $+q$ ,  $-q$ ,  $-q$  (см. рисунок)?

- 1)  $\rightarrow$
- 2)  $\leftarrow$
- 3)  $\uparrow$
- 4)  $\downarrow$

**A17** Как изменится электроемкость плоского воздушного конденсатора, если пространство между его обкладками целиком заполнить диэлектриком с  $\epsilon = 2$ ?

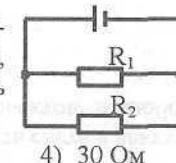
- 1) увеличится в 2 раза
- 2) уменьшится в 2 раза
- 3) увеличится в 4 раза
- 4) уменьшится в 4 раза

**A18** Рассчитайте ЭДС источника тока с внутренним сопротивлением 1 Ом, если известно, что при подключении к нему резистора с сопротивлением 4 Ом сила тока в цепи равна 2 А.

- 1) 2 В
- 2) 4 В
- 3) 8 В
- 4) 10 В

**A19** В электрической цепи, представленной на рисунке, тепловая мощность, выделяемая на резисторе  $R_1 = 20$  Ом, равна 2 кВт. На резисторе  $R_2$  выделяется мощность 1,33 кВт. Сопротивление резистора  $R_2$  равно

- 1) 10 Ом
- 2) 15 Ом
- 3) 25 Ом
- 4) 30 Ом



**A20** В проводнике индуктивностью 5 мГн сила тока в течение 0,2 с равномерно возрастает с 2 А до какого-то конечного значения. При этом в проводнике возникает ЭДС самоиндукции 0,2 В. Определите конечное значение силы тока в проводнике.

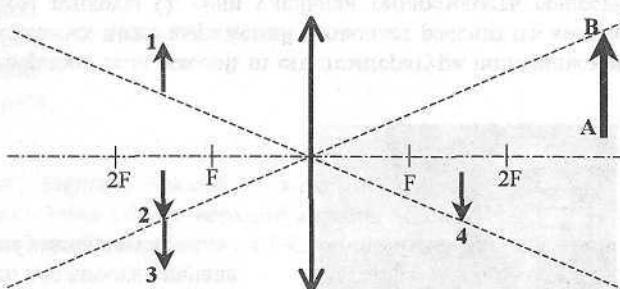
- 1) 10 А
- 2) 6 А
- 3) 4 А
- 4) 20 А

**A21** На плоскую непрозрачную пластину с двумя узкими параллельными щелями падает по нормали плоская световая волна с длиной волны  $\lambda$ . За пластиной на параллельном ей экране наблюдается картина интерференционных полос. Расстояния от заданной точки экрана до отверстий равны  $l_1$  и  $l_2$ , соответственно. В этой точке экрана наблюдается интерференционный максимум  $k$ -го порядка, если

- 1)  $l_1 + l_2 = k\lambda$
- 2)  $l_1 + l_2 = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$
- 3)  $|l_1 - l_2| = k\lambda$
- 4)  $|l_1 - l_2| = \left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$

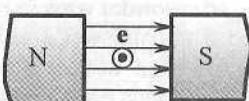
**A22** Какому из предметов 1 – 4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?

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



**A23** Электрон  $e$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля (см. рисунок, кружок с точкой указывает направление движения электрона). Куда направлена действующая на него сила Лоренца  $\vec{F}$ ?

- 1) вертикально вниз ↓
- 2) от наблюдателя ⊗
- 3) горизонтально влево ←
- 4) вертикально вверх ↑



**A24** Синус предельного угла полного внутреннего отражения на границе стекло-вода равен  $\frac{8}{9}$ . Определите абсолютный показатель преломления стекла, если абсолютный показатель преломления воды  $\frac{4}{3}$ .

- 1) 1,33
- 2) 1,5
- 3) 1,2
- 4) 0,83

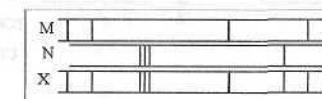
**A25** Согласно специальной теории относительности, скорость света в вакууме

- A.** всегда больше скорости движения массивных объектов в любой инерциальной системе отсчета.
- B.** не зависит от скорости движения источника света.

Какое из утверждений правильно?

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

**A26** На рисунке приведены спектры поглощения разреженных атомарных паров элементов М, N и разреженных атомарных паров неизвестного вещества X.



На основе изучения спектра паров вещества X можно сказать, что в его составе

- 1) не обнаружено элементов, кроме М и Н
- 2) есть элемент N и нет элемента М
- 3) есть элемент М и нет элемента N
- 4) помимо элементов М, N, есть и другие элементы

**A27** Период полураспада ядер изотопа кальция  $^{45}_{20}\text{Ca}$  составляет 165 суток. Это означает, что

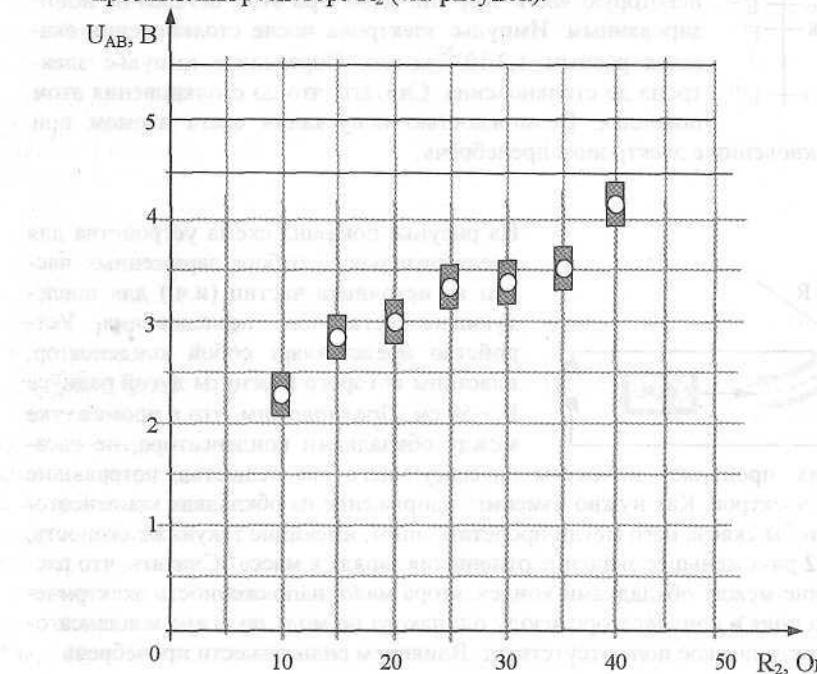
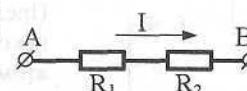
- 1) за 165 суток атомный номер каждого ядра  $^{45}_{20}\text{Ca}$  уменьшится вдвое
- 2) половина исходного большого количества ядер  $^{45}_{20}\text{Ca}$  распадется за 165 суток
- 3) одно ядро распадается каждые 165 суток
- 4) все изначально имевшиеся ядра  $^{45}_{20}\text{Ca}$  распадутся за 330 суток

- A28** Ядро  $^{237}_{93}\text{Np}$ , испытав серию  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов, превратилось в ядро  $^{209}_{83}\text{Bi}$ . Определите суммарное число  $\alpha$ - и  $\beta$ -распадов.
- 1) 6      2) 11      3) 7      4) 4

- A29** Найдите частоту волны, соответствующую красной границе фотоэффекта, если при облучении металлической пластины светом с длиной волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$  максимальная скорость выбитых электронов составляет 800 км/с.

- 1)  $3,3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$       2)  $7,2 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$       3)  $5,6 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$       4)  $5,0 \cdot 10^{13} \text{ Гц}$

- A30** На графике представлены результаты измерения напряжения на концах участка цепи постоянного тока, состоящей из двух последовательно соединенных резисторов при различных значениях сопротивления резистора  $R_2$  (см. рисунок).



С учетом погрешностей измерений ( $\Delta R = \pm 1 \text{ Ом}$ ,  $\Delta U = \pm 0,2 \text{ В}$ ) найдите напряжение на концах участка цепи АВ при  $R_2 = 50 \text{ Ом}$ .

- 1) 3,5 В      2) 4 В      3) 4,5 В      4) 5,5 В

**Часть 2**  
*Ответом к каждому заданию этой части будет некоторое число. Это число надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера задания (B1 – B4), 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.*

- B1** Груз, закреплённый на пружине жёсткостью 200 Н/м, совершает гармонические колебания с амплитудой 1 см. Какова максимальная кинетическая энергия груза?

- B2** При температуре 10°C и давлении  $10^5 \text{ Па}$  плотность газа равна  $2,5 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Какова молярная масса газа? Ответ выразите в г/моль и округлите до целых.

- B3** Прямолинейный проводник длиной  $l = 0,2 \text{ м}$ , по которому течет ток  $I = 2 \text{ А}$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,6 \text{ Тл}$  и расположен под углом  $30^\circ$  к вектору  $\vec{B}$ . Чему равен модуль силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля?

- B4** Плоская монохроматическая световая волна с частотой  $8,0 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$  падает по нормали на дифракционную решётку. Параллельно решётке позади неё размещена собирающая линза с фокусным расстоянием 21 см. Дифракционная картина наблюдается на экране в задней фокальной плоскости линзы. Расстояние между её главными максимумами 1-го и 2-го порядков равно 18 мм. Найдите период решётки. Ответ выразите в микрометрах (мкм), округлив до десятых. Считать для малых углов ( $\phi \ll 1$  в радианах)  $\operatorname{tg} \phi \approx \sin \phi \approx \phi$ .

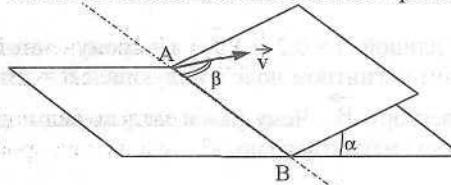
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1**

## Часть 3

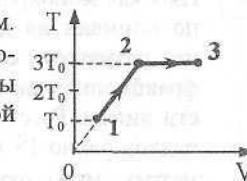
**Задания С1 – С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Полное правильное решение каждой задачи должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение. 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.**

**C1**

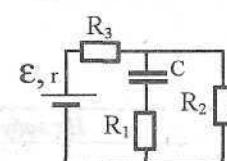
Наклонная плоскость пересекается с горизонтальной плоскостью по прямой АВ. Угол между плоскостями  $\alpha = 30^\circ$ . Маленькая шайба начинает движение вверх по наклонной плоскости из точки А с начальной скоростью  $v_0$  под углом  $\beta = 60^\circ$  к прямой АВ. В ходе движения шайба съезжает на прямую АВ в точке В. Найдите  $v_0$ , если АВ = 1 м. Трением между шайбой и наклонной плоскостью пренебречь.

**C2**

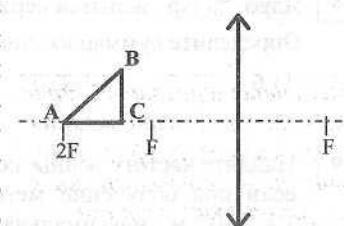
Один моль неона совершают процесс 1 – 2 – 3 (см. рисунок,  $T_0 = 300 \text{ K}$ ). На участке 2 – 3 к газу подводят 2500 Дж теплоты. Найдите отношение работы газа в ходе процесса A<sub>123</sub> к количеству подведенной к нему теплоты  $Q_{123}$ .

**C3**

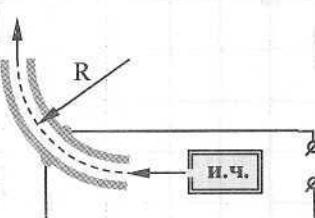
В схеме на рисунке электрический заряд  $Q$  на обкладках конденсатора с электроемкостью  $C = 1000 \text{ мКФ}$  равен  $10 \text{ мКл}$ . Внутреннее сопротивление источника тока  $r = 10 \text{ Ом}$ , сопротивление резисторов  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 20 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 30 \text{ Ом}$ . Какова ЭДС источника тока?

**C4**

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой  $2,5 \text{ дптр}$  так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла С лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A. Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы,  $AC = 4 \text{ см}$ . Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.

**C5**

Предположим, что схема энергетических уровней атомов некоторого вещества имеет вид, показанный на рисунке, и атомы находятся в состоянии с энергией  $E^{(1)}$ . Электрон, столкнувшись с одним из таких атомов, отскочил, потеряв некоторую часть энергии. Атом при этом остался не ионизированным. Импульс электрона после столкновения оказался равным  $1,2 \cdot 10^{-24} \text{ кг}\cdot\text{м}/\text{с}$ . Определите импульс электрона до столкновения. Считать, что до столкновения атом покоялся. Возможностью испускания света атомом при столкновении с электроном пренебречь.

**C6**

На рисунке показана схема устройства для предварительного отбора заряженных частиц из источника частиц (и.ч.) для последующего детального исследования. Устройство представляет собой конденсатор, пластины которого изогнуты дугой радиуса  $R \approx 50 \text{ см}$ . Предположим, что в промежутке между обкладками конденсатора, не касаясь их, пролетают молекулы, потерявшие один электрон. Как нужно изменить напряжение на обкладках конденсатора, чтобы сквозь него могли пролетать ионы, имеющие такую же скорость, но в 2 раза меньшее значение отношения заряда к массе? Считать, что расстояние между обкладками конденсатора мало, напряженность электрического поля в конденсаторе всюду одинакова по модулю, а вне конденсатора электрическое поле отсутствует. Влиянием силы тяжести пренебречь.