

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	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
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	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	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	$460 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$	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 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	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

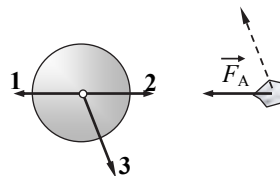
Часть 1

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 Велосипедист съезжает с горки, двигаясь равноускоренно. Начальная скорость велосипедиста равна нулю. У основания горки длиной 100 м скорость велосипедиста 10 м/с. Его ускорение равно

- 1) 0,25 м/с² 2) 0,50 м/с² 3) 1 м/с² 4) 2 м/с²

A2 Мимо Земли летит астероид в направлении, показанном на рисунке пунктирной стрелкой. Вектор \vec{F}_A показывает силу притяжения астероида Землёй. Известно, что масса Земли в 10^5 раз больше массы астероида. Вдоль какой стрелки (1, 2 или 3) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны астероида?

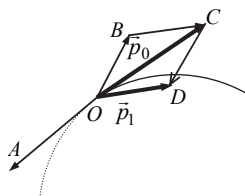


- 1) вдоль стрелки 1, равна $10^5 F_A$
 2) вдоль стрелки 2, равна F_A
 3) вдоль стрелки 3, равна $10^{-5} F_A$
 4) вдоль стрелки 3, равна F_A

A3 Деревянный брусок, площади граней которого связаны отношением $S_1 : S_2 : S_3 = 1 : 2 : 3$, скользит равномерно и прямолинейно под действием горизонтальной силы \vec{F} по горизонтальной шероховатой опоре, соприкасаясь с ней гранью площадью S_3 . Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска об опору равен μ ?

- 1) $\frac{F}{\mu g}$ 2) $\frac{3F}{\mu g}$ 3) $\frac{6F}{\mu g}$ 4) $\frac{2F}{\mu g}$

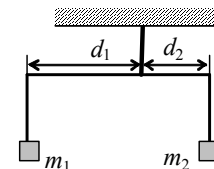
A4 Снаряд, имеющий в точке O траектории импульс \vec{p}_0 , разорвался на два осколка. Один из осколков имеет импульс \vec{p}_1 . Импульс второго осколка равен



- 1) \vec{BC} 2) \vec{CD} 3) \vec{OB} 4) \vec{OA}

A5 Скорость груза массой 0,4 кг равна 2 м/с. Кинетическая энергия груза равна
 1) 0,16 Дж 2) 0,8 Дж 3) 0,32 Дж 4) 0,4 Дж

A6 Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два груза (см. рисунок), находится в равновесии. Как нужно изменить массу второго груза, чтобы после увеличения массы первого груза в 2 раза равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)

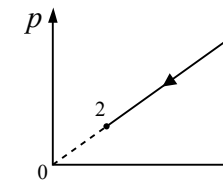


- 1) уменьшить в 4 раза
 2) уменьшить в 2 раза
 3) увеличить в 2 раза
 4) увеличить в 4 раза

A7 Газ в сосуде сжали, увеличив концентрацию молекул газа в 5 раз. Давление газа при этом снизилось в 2 раза. Следовательно, средняя энергия теплового движения молекул газа

- 1) увеличилась в 10 раз
 2) уменьшилась в 10 раз
 3) увеличилась в 5 раз
 4) уменьшилась в 2 раза

A8 При переводе идеального газа из состояния 1 в состояние 2 давление газа пропорционально его плотности. Масса газа в процессе остаётся постоянной. Утверждается, что в этом процессе
А. происходит изотермическое расширение газа.
Б. концентрация молекул газа увеличивается.
 Из этих утверждений



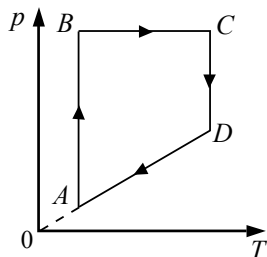
- 1) верно только А
 2) верно только Б
 3) оба утверждения верны
 4) оба утверждения неверны

A9 При плавлении льда вода переходит из кристаллического состояния в жидкое. При этом переходе

- 1) возрастает температура, уменьшается внутренняя энергия
- 2) возрастает температура, не изменяется внутренняя энергия
- 3) возрастает и температура, и внутренняя энергия
- 4) возрастает внутренняя энергия, не меняется температура

A10 На рисунке приведён цикл, осуществляемый с идеальным газом. Масса газа постоянна. Работа **не совершается** на участке

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



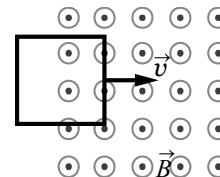
A11 Как изменится ускорение заряженной пылинки, движущейся в электрическом поле, если и заряд пылинки, и напряжённость поля уменьшить вдвое? Силу тяжести не учитывать.

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

A12 Комната освещается четырьмя одинаковыми параллельно включёнными лампочками. Расход электроэнергии за час равен Q . Каким должно быть число параллельно включённых лампочек, чтобы расход электроэнергии в час был равен $2Q$?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 8
- 4) 16

A13 В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка движется через границу этой области с постоянной скоростью \vec{v} , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . При этом в ней возникает ЭДС индукции, равная \mathcal{E} .



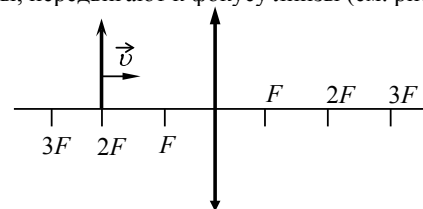
Какой станет ЭДС, если рамка будет двигаться со скоростью $4v$?

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

A14 Выберите среди электромагнитных волн, излучаемых Солнцем, волны с максимальной частотой.

- 1) ультрафиолетовое излучение
- 2) видимое излучение
- 3) инфракрасное излучение
- 4) рентгеновское излучение

A15 Предмет, расположенный на двойном фокусном расстоянии от тонкой собирающей линзы, передвигают к фокусу линзы (см. рисунок).



Его изображение при этом движется от двойного фокуса

- 1) к фокусу
- 2) к положению на расстоянии $1,5F$ от линзы
- 3) в бесконечность
- 4) к положению на расстоянии $3,5F$ от линзы

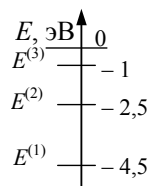
A16 Дифракцией света объясняется спектральное разложение
А. солнечного света призмой.
Б. белого света, прошедшего сначала малое отверстие, а затем – два близко расположенных отверстия.
 Верно(-ы) утверждение(-я):

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

A17 Какое из утверждений соответствует планетарной модели атома?

- 1) В центре атома находится ядро, состоящее из протонов и нейтронов. Вокруг ядра вращаются электроны. Количество протонов равно количеству электронов.
- 2) Атом представляет собой шар, заполненный электронами, протонами и нейтронами в равных количествах.
- 3) В центре атома находится ядро, состоящее из протонов и электронов. Вокруг ядра вращаются нейтроны. Количество нейтронов равно общему количеству электронов и протонов.
- 4) Атом состоит из положительно заряженных протонов и такого же числа отрицательно заряженных электронов.

A18 На рисунке показана схема низших энергетических уровней атома. В начальный момент времени атом находится в состоянии с энергией $E^{(2)}$. Фотоны какой энергии может излучать атом?



- 1) только 2 эВ
- 2) только 2,5 эВ
- 3) любой, но меньшей 2,5 эВ
- 4) любой в пределах от 2,5 до 4,5 эВ

A19 Период полураспада ядер атомов мышьяка $^{72}_{33}\text{As}$ составляет 26 ч. Это означает, что в препарате мышьяка $^{72}_{33}\text{As}$ начальной массой 1 г

- 1) все изначально имевшиеся ядра мышьяка распадутся через 52 ч
- 2) одно ядро мышьяка из всех изначально имевшихся ядер распадается каждые 26 ч
- 3) примерно половина изначально имевшихся ядер мышьяка распадается за 26 ч
- 4) за 26 ч массовое число каждого ядра мышьяка уменьшится вдвое

A20 Учитель продемонстрировал опыт, установка для которого представлена на фотографии (рис. 1). Сначала он подключил конденсатор к источнику напряжения, а затем перевёл переключатель в положение 2. Напряжение с катушки индуктивности поступает в компьютерную измерительную систему, и результаты изменения напряжения с течением времени отображаются на мониторе (рис. 2).

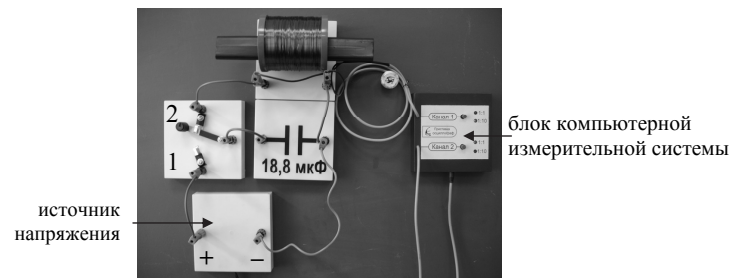


Рис. 1

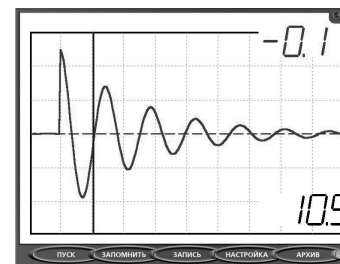


Рис. 2

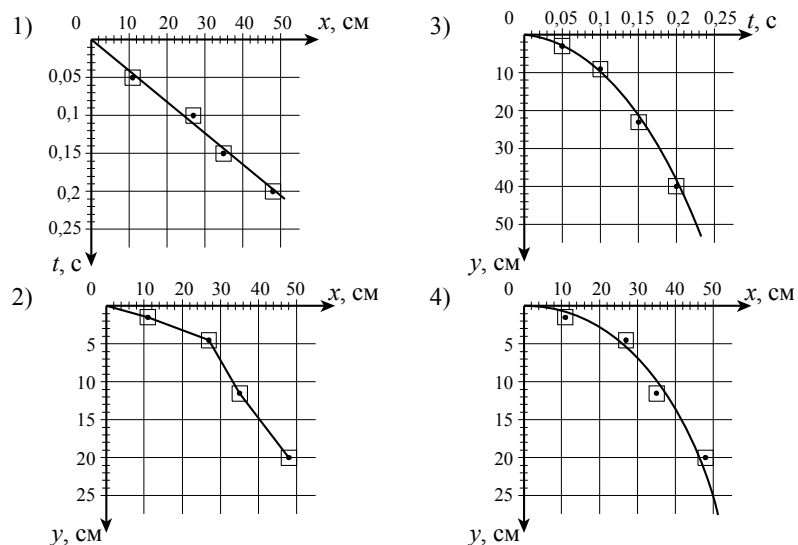
Что наблюдалось в опыте?

- 1) свободные затухающие колебания в колебательном контуре
- 2) явление возникновения резонанса в колебательном контуре
- 3) вынужденные электромагнитные колебания в контуре
- 4) свободные незатухающие колебания в идеальном контуре

A21 Ученик исследовал движение шарика, сброшенного горизонтально со стола. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу:

t, c	0	0,05	0,10	0,15	0,20
x, cm	0	11	27	35	48
y, cm	0	1,5	4,5	11,5	20

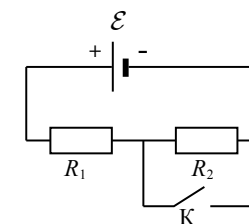
Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени – 0,01 с. На каком из графиков верно представлена наиболее вероятная траектория движения шарика?



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 На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС \mathcal{E} и два резистора: R_1 и R_2 . В начальный момент времени ключ К был замкнут. Если ключ К разомкнуть, то как изменятся следующие три величины: ток через резистор R_1 ; напряжение на резисторе R_2 ; суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешней цепи? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



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.

Сила тока через резистор R_1	Напряжение на резисторе R_2	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешней цепи

B2 При длительной эксплуатации искусственного спутника высота его полёта над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника, его потенциальная энергия и центростремительное ускорение?

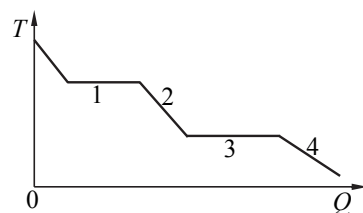
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

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

Скорость	Потенциальная энергия	Ускорение

В3 На рисунке показан график изменения температуры T вещества при постоянном давлении по мере выделения им количества теплоты Q . В начальный момент времени вещество находилось в газообразном состоянии. Какие участки графика соответствуют кристаллизации вещества и остыванию жидкости?



Установите соответствие между тепловыми процессами 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) кристаллизация вещества	1) 1
Б) остывание жидкости	2) 2
	3) 3
	4) 4

Ответ:

А	Б

В4 Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (λ – длина волны фотона, E – энергия фотона, h – постоянная Планка, c – скорость света в вакууме). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) частота фотона	1) $\frac{E}{h}$
Б) импульс фотона	2) $\frac{c}{E}$
	3) $\frac{\lambda}{h}$
	4) $\frac{h}{\lambda}$

Ответ:

А	Б

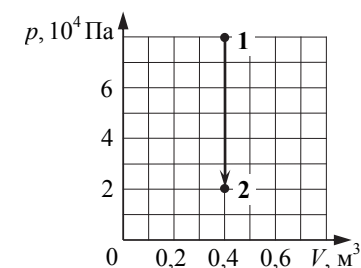
Часть 3

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 Горизонтально расположенная невесомая пружина жёсткостью $k = 1000$ Н/м находится в недеформированном состоянии. Один её конец закреплён, а другой касается бруска массой $M = 0,1$ кг, находящегося на горизонтальной поверхности. Брусок сдвигают, сжимая пружину на $\Delta x = 1$ см, и отпускают. Какой будет максимальная скорость бруска? Трение не учитывать.

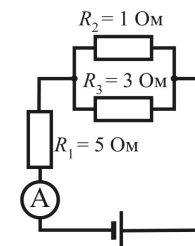
- 1) 1 м/с 2) 2 м/с 3) 0,5 м/с 4) 2,5 м/с

A23 Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде не менялась, и он перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



- 1) $\frac{1}{3}$ 2) $\frac{1}{4}$ 3) $\frac{1}{6}$ 4) $\frac{1}{10}$

A24 В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 8 А. Найдите ток через резистор R_2 .



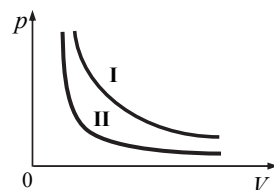
- 1) 2 А
2) 4 А
3) 6 А
4) 8 А

A25 Две частицы, имеющие отношение масс $\frac{m_1}{m_2} = 4$, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции и движутся по окружностям. Определить отношение зарядов $\frac{q_1}{q_2}$, если отношение периодов обращения этих частиц $\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{2}$.

- 1) 1 2) 2 3) 6 4) 8

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 Две порции одного и того же идеального газа изотермически расширяются при одной и той же температуре. Изотермы представлены на рисунке. Почему изотерма I лежит выше изотермы II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

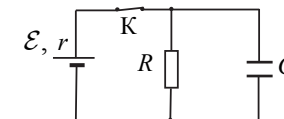


Полное правильное решение каждой из задач C2–C6 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

C2 Снаряд массой $2m$, движущийся со скоростью v_0 , разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Скорость осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равна v_1 . Найдите ΔE .

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 давление при расширении обратно пропорционально квадрату объёма. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

C4 В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. ЭДС батарейки $\mathcal{E} = 12$ В, отношение внутреннего сопротивления батарейки к сопротивлению резистора $k = \frac{r}{R} = 0,2$. После размыкания ключа К



в результате разряда конденсатора на резисторе выделяется количество теплоты $Q = 10$ мкДж. Найдите ёмкость конденсатора C .

C5 Условимся считать изображение на плёнке фотоаппарата резким, если вместо идеального изображения точки на плёнке получается изображение пятна диаметром не более 0,05 мм. Поэтому если объектив находится на фокусном расстоянии от плёнки, то резкими считаются не только бесконечно удалённые предметы, но и все предметы, находящиеся дальше некоторого расстояния d . Объектив имеет переменное фокусное расстояние. При этом расстоянии, на которое он настроен (в данном случае ∞), не изменяется. При «относительном отверстии» $\alpha = 4$ минимальное расстояние, на котором предметы получаются резкими, меняется (при изменении фокусного расстояния объектива) от 12,5 до 50 м. («Относительное отверстие» – это отношение фокусного расстояния к диаметру входного отверстия объектива.) В каком диапазоне изменяется фокусное расстояние объектива? При расчётах считать объектив тонкой линзой. Сделайте рисунок, поясняющий образование пятна.

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 атома из состояния E_2 в состояние E_1 атом испускает фотон. Попав на поверхность фотокатода, фотон выбивает фотоэлектрон. Частота света, соответствующая красной границе фотоэффекта для материала поверхности фотокатода, $\nu_{кр} = 6 \cdot 10^{14}$ Гц. Чему равна максимальная возможная кинетическая энергия фотоэлектрона?