

# Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ

## Тренировочный вариант №2

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 21 задание (А1–А21). К каждому заданию даётся 4 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 состоит из 10 задач: А22–А25 с выбором одного верного ответа и С1–С6, для которых требуется дать развёрнутые решения.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

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

Выполняйте 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.

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	$10^9$	санتي	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	$10^{-12}$

<b>Константы</b>	
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	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

<b>Соотношение между различными единицами</b>	
температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

<b>Масса частиц</b>	
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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>			
		подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

<b>Удельная теплоёмкость</b>			
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	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

<b>Удельная теплота</b>	
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  $0^\circ\text{С}$

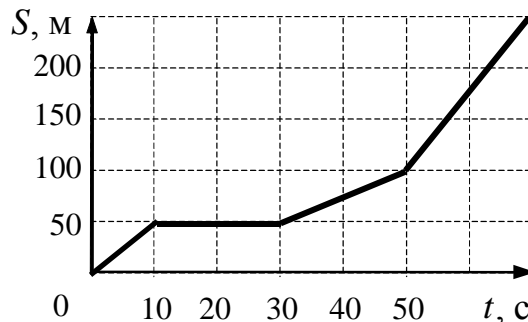
<b>Молярная масса</b>			
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	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–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

**A1** На рисунке представлен график зависимости пути  $S$  велосипедиста от времени  $t$ . В каком интервале времени после начала движения велосипедист не двигался?

- 1) от 0 до 10 с
- 2) от 10 до 30 с
- 3) от 30 до 50 с
- 4) от 50 с и далее

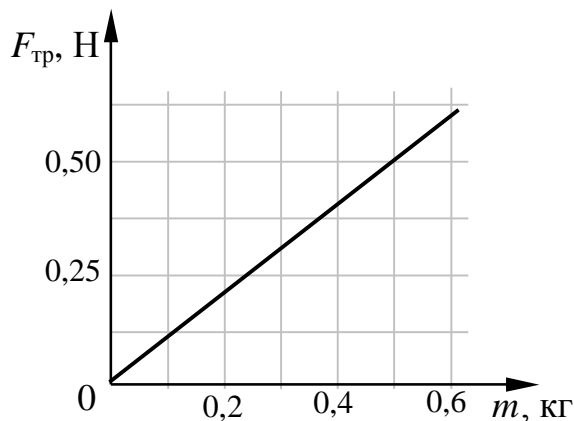


**A2** Шарик движется по окружности радиусом  $r$  со скоростью  $v$ . Как изменится его центростремительное ускорение, если радиус окружности увеличить в 3 раза, оставив скорость шарика прежней?

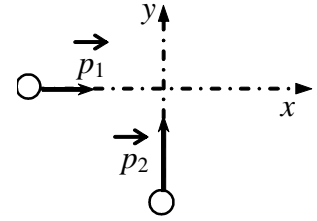
- 1) уменьшится в 3 раза
- 2) увеличится в 3 раза
- 3) увеличится в 9 раз
- 4) уменьшится в 9 раз

**A3** При исследовании зависимости модуля силы трения скольжения  $F_{\text{тр}}$  стального бруска по горизонтальной поверхности стола от массы  $m$  бруска получен график, представленный на рисунке. Согласно графику в этом исследовании коэффициент трения приблизительно равен

- 1) 0,10
- 2) 0,02
- 3) 1,00
- 4) 0,20



**A4** По гладкой горизонтальной плоскости по осям  $x$  и  $y$  движутся две шайбы с импульсами, равными по модулю  $p_1 = 2$  кг·м/с и  $p_2 = 3,5$  кг·м/с, как показано на рисунке. После соударения вторая шайба продолжает двигаться по оси  $y$  в прежнем направлении с импульсом, равным по модулю  $p_3 = 2$  кг·м/с. Найдите модуль импульса первой шайбы после удара.



- 1) 2 кг·м/с                      2) 2,5 кг·м/с                      3) 3,5 кг·м/с                      4) 4 кг·м/с

**A5** Парашютист спускается с постоянной скоростью, при этом энергия его взаимодействия с Землей постепенно уменьшается. При спуске парашютиста

- 1) его потенциальная энергия полностью преобразуется в кинетическую энергию
- 2) его полная механическая энергия не меняется
- 3) его потенциальная энергия полностью преобразуется во внутреннюю энергию парашютиста и воздуха
- 4) его кинетическая энергия преобразуется в потенциальную

**A6** Тело, подвешенное на пружине, совершает гармонические колебания с частотой  $\nu$ . С какой частотой изменяется кинетическая энергии тела?

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

**A7** В результате нагревания неона его абсолютная температура увеличилась в 4 раза. Средняя кинетическая энергия теплового движения его молекул при этом

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

**A8** Газ в цилиндре переводится из состояния А в состояние В так, что его масса при этом не изменяется. Параметры, определяющие состояния идеального газа, приведены в таблице:

	$p, 10^5 \text{ Па}$	$V, 10^{-3} \text{ м}^3$	$T, \text{ К}$
состояние А	1,0	4	300
состояние В	1,5	8	

Выберите число, которое следует внести в свободную клетку таблицы.

- 1) 300                      2) 450                      3) 600                      4) 900

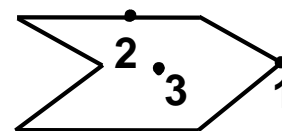
**A9** В замкнутом сосуде, разделенном перегородкой на две равные части, находится влажный воздух. Относительная влажность воздуха в первой половине сосуда 30%, а во второй 60%. Какой станет влажность воздуха, если перегородку убрать? Температура воздуха в сосуде неизменна.

- 1) 90%                      2) 45%                      3) 50%                      4) 100%

**A10** Газ получил количество теплоты 300 Дж и совершил работу 100 Дж. Внутренняя энергия газа при этом

- 1) увеличилась на 400 Дж  
2) увеличилась на 200 Дж  
3) уменьшилась на 400 Дж  
4) уменьшилась на 200 Дж

**A11** Металлическому полому телу, сечение которого представлено на рисунке, сообщен отрицательный заряд. Каково соотношение между потенциалами точек 1, 2 и 3, если тело помещено в однородное электростатическое поле?

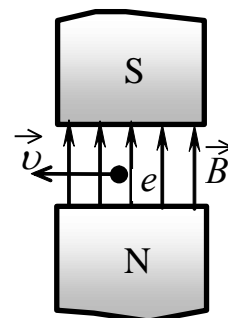


- 1)  $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3$   
2)  $\varphi_3 < \varphi_2 < \varphi_1$   
3)  $\varphi_1 < \varphi_2 < \varphi_3$   
4)  $\varphi_2 > \varphi_1, \varphi_2 > \varphi_3$

**A12** Перемещая заряд в первом проводнике, электрическое поле совершает работу 20 Дж. Во втором проводнике при перемещении такого же заряда электрическое поле совершает работу 40 Дж. Отношение  $\frac{U_1}{U_2}$  напряжений на концах первого и второго проводников равно

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

**A13** Электрон  $e$ , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость  $\vec{v}$ , перпендикулярную вектору индукции  $\vec{B}$  магнитного поля, направленному вертикально (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца  $\vec{F}$ ?



- 1) вертикально вниз ↓  
 2) горизонтально вправо →  
 3) к наблюдателю ⊙  
 4) от наблюдателя ⊗

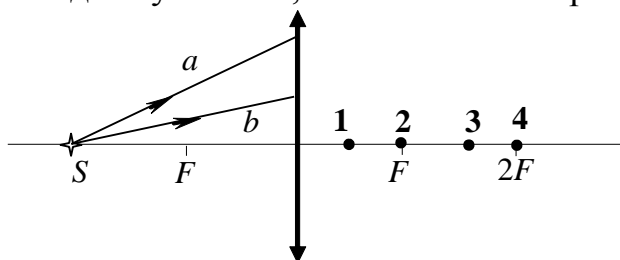
**A14** Какое утверждение верно?

В теории электромагнитного поля Максвелла

- A.** переменное электрическое поле порождает вихревое магнитное поле.  
**Б.** переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле.

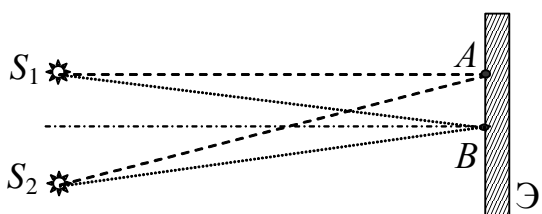
- 1) только А                      2) только Б                      3) и А, и Б                      4) ни А, ни Б

**A15** От точечного источника света  $S$ , находящегося на главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F$  на расстоянии  $2F$  от нее, распространяются два луча  $a$  и  $b$ , как показано на рисунке.



После преломления линзой эти лучи пересекутся в точке

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

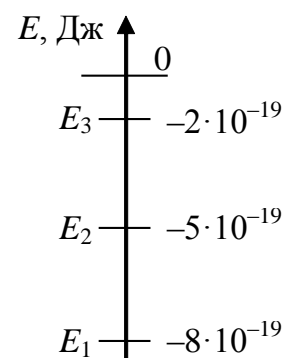
**A16**

Свет от двух когерентных синфазных источников  $S_1$  и  $S_2$  с длиной волны  $\lambda$  достигает экрана Э. На нем наблюдается интерференционная картина. Светлые полосы в точках  $A$  и  $B$  наблюдаются потому, что

- 1)  $S_2A - S_1A = S_2B - S_1B$
- 2)  $S_2A - S_1A = k\lambda$ ;  $S_2B - S_1B = k\lambda/2$  ( $k$  – нечетное число)
- 3)  $S_2A - S_1A = (2k + 1)\lambda/2$ ;  $S_2B - S_1B = k\lambda$  ( $k$  – целое число)
- 4)  $S_2A - S_1A = k\lambda$ ;  $S_2B - S_1B = m\lambda$  ( $k, m$  – целые числа)

**A17**

Предположим, что схема нижних энергетических уровней атомов разреженного газа имеет вид, показанный на рисунке. Атомы находятся в состоянии с энергией  $E_3$ . Фотоны какой энергии может поглощать данный газ согласно постулатам Бора?



- 1) любой в пределах от  $2 \cdot 10^{-19}$  Дж до  $8 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 2) любой, но меньшей  $2 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 3) только  $2 \cdot 10^{-19}$  Дж
- 4) любой, большей или равной  $2 \cdot 10^{-19}$  Дж

**A18**

Нагретый атомарный газ углерод  $^{15}_6\text{C}$  излучает свет. Этот изотоп испытывает  $\beta$ -распад с периодом полураспада 2,5 с. Как изменится спектр излучения всего газа за 5 с?

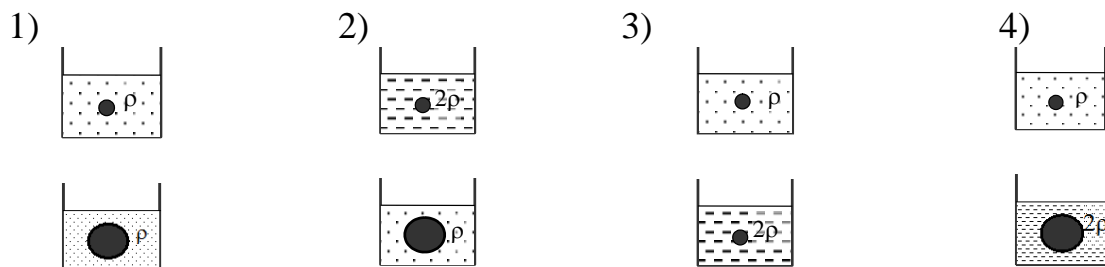
- 1) спектр  $^{15}_6\text{C}$  исчезнет и заменится спектром азота  $^{15}_7\text{N}$
- 2) спектр станет ярче из-за выделяющейся энергии
- 3) спектр  $^{15}_6\text{C}$  станет менее ярким, к нему добавятся линии азота  $^{15}_7\text{N}$
- 4) спектр сдвинется из-за уменьшения числа атомов углерода

**A19**

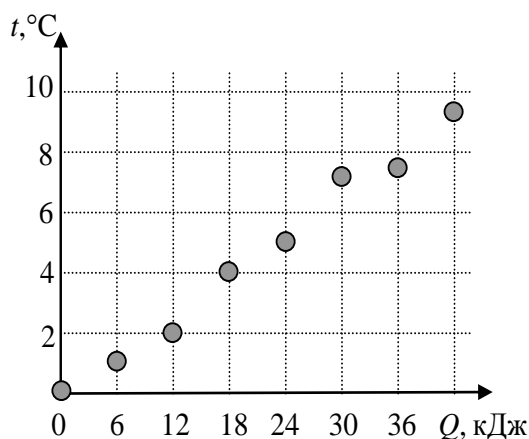
Торий  $^{232}_{90}\text{Th}$ , испытав 4 электронных  $\beta$ -распада и 6  $\alpha$ -распадов, превращается в стабильный элемент

- 1)  $^{224}_{66}\text{Dy}$
- 2)  $^{208}_{78}\text{Pt}$
- 3)  $^{208}_{82}\text{Pb}$
- 4)  $^{256}_{98}\text{Cf}$

**A20** Ученик изучает закон Архимеда, изменяя в опытах объем погруженного в жидкость тела и плотность жидкости. Какую пару опытов он должен выбрать, чтобы обнаружить зависимость архимедовой силы от плотности жидкости? (Плотность жидкости указана на рисунках.)



**A21** С использованием нагревателя известной мощности исследовалась зависимость температуры 1 кг вещества от количества теплоты, полученного от нагревателя. Результаты измерений указаны на рисунке точками. Чему примерно равна удельная теплоёмкость данного вещества?



- 1) 6,0 кДж/(кг·К)
- 2) 1,0 кДж/(кг·К)
- 3) 4,5 кДж/(кг·К)
- 4) 2,5 кДж/(кг·К)



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

**В1** Температуру холодильника тепловой машины Карно увеличили, оставив температуру нагревателя прежней. Количество теплоты, полученное газом от нагревателя за цикл, не изменилось. Как изменились при этом КПД тепловой машины, количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, и работа газа за цикл?

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.

КПД тепловой машины	Количество теплоты, отданное газом холодильнику за цикл работы	Работа газа за цикл

**В2** Электромагнитная волна преломляется на границе раздела воздуха и воды. Как изменяются при переходе из воздуха в воду следующие характеристики электромагнитной волны: частота волны, длина волны и скорость ее распространения?

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.

Частота волны	Длина волны	Скорость волны

**В3**

Установите соответствие между зависимостью координаты тела от времени (где все величины выражены в СИ) и значениями проекций его начальной скорости и ускорения.

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

КООРДИНАТА

НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ И  
УСКОРЕНИЕ

А)  $x = 6t^2$

Б)  $x = 6 - 3t$ .

1)  $v_{0x} = -3 \text{ м/с}, a_x = 0$

2)  $v_{0x} = 6 \text{ м/с}, a_x = 3 \text{ м/с}^2$

3)  $v_{0x} = 0, a_x = 12 \text{ м/с}^2$

4)  $v_{0x} = 3 \text{ м/с}, a_x = 6 \text{ м/с}^2$

А	Б

**В4**

Спутник движется вокруг Земли по круговой орбите радиусом  $R$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. ( $M$  – масса Земли,  $R$  – радиус орбиты,  $G$  – гравитационная постоянная). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ  
ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

А) Скорость спутника 1)  $2\pi\sqrt{\frac{GM}{R}}$

2)  $2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM}}$

Б) Период обращения спутника вокруг Земли 3)  $4\pi^2\sqrt{\frac{R}{GM}}$

4)  $\sqrt{\frac{GM}{R}}$

А	Б

### Часть 3

*Задания третьей части 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 «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.*

**A22**

Брусок массой  $M = 300$  г соединен с грузом массой  $m = 200$  г невесомой и нерастяжимой нитью, перекинутой через невесомый блок (см. рисунок). Брусок скользит без трения по закрепленной наклонной плоскости, составляющей угол  $30^\circ$  с горизонтом. Чему равно ускорение бруска?



- 1)  $1 \text{ м/с}^2$                       2)  $2,5 \text{ м/с}^2$                       3)  $7 \text{ м/с}^2$                       4)  $17 \text{ м/с}^2$

**A23**

Два моля идеального газа находились в баллоне, где имеется клапан, выпускающий газ при давлении внутри баллона более  $1,5 \cdot 10^5$  Па. При температуре 300 К давление в баллоне было равно  $1 \cdot 10^5$  Па. Затем газ нагрели до температуры 600 К. Сколько газа при этом вышло из баллона?

- 1) 0,25 моль                      2) 0,5 моль                      3) 1 моль                      4) 1,5 моль

**A24**

При температуре 300 К и давлении  $10^5$  Па плотность газа равна  $1,7 \text{ кг/м}^3$ . Какова молярная масса газа?

- 1)  $4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$     2)  $29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$     3)  $44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$     4)  $96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**A25**

Частица, имеющая заряд 2 нКл, переместилась в однородном горизонтальном электрическом поле на расстояние 0,45 м по горизонтали за время 3 с. Какова масса частицы, если начальная скорость частицы равна нулю, а напряженность электрического поля  $50 \text{ В/м}$ ?

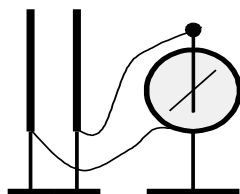
- 1) 1 мг                      2) 2 мг                      3) 0,5 мг                      4) 4,5 мг

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

**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.**

**С1**

На изолирующих штативах укреплены две одинаковых стальных пластины конденсатора. Пластины соединены проводниками с электрометром. Одну из пластин заряжают при помощи наэлектризованной палочки. При этом электрометр показывает наличие напряжения между пластинами (см. рисунок). Как изменятся показания электрометра, если в промежуток между пластинами внести диэлектрическую пластину из оргстекла. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



**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, расчёты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.**

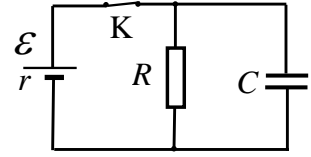
**С2**

Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса  $R$ . С какой силой шарик давит на желоб в нижней точке петли, если масса шарика равна  $100$  г, а высота, с которой его отпускают, равна  $4R$ ?

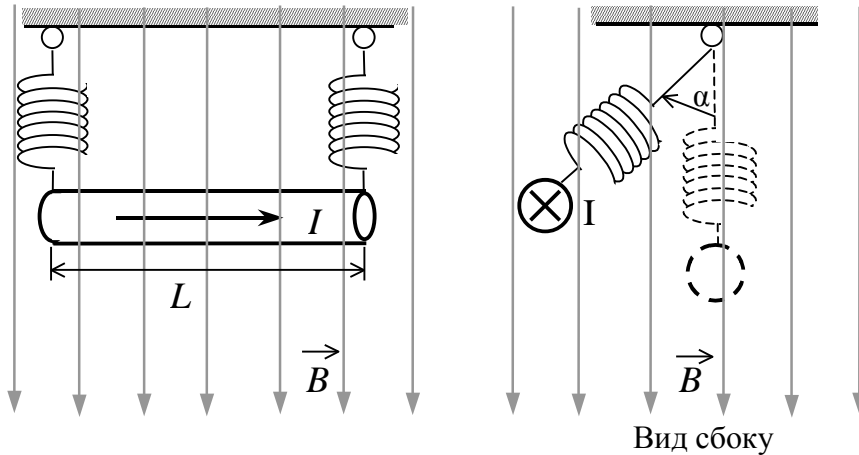
**С3**

В сосуде лежит кусок льда. Температура льда  $t_1 = 0$  °С. Если сообщить ему количество теплоты  $Q$ , то весь лёд растает и образовавшаяся вода нагреется до температуры  $t_2 = 20$  °С. Какая доля льда  $k$  растает, если сообщить ему количество теплоты  $q = \frac{Q}{2}$ ? Тепловыми потерями на нагрев сосуда пренебречь.

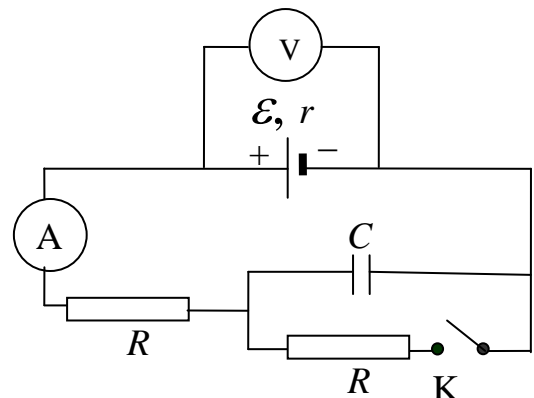
**С4** В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ  $K$  замкнут. ЭДС батарейки  $\mathcal{E} = 24$  В, сопротивление резистора  $R = 25$  Ом, заряд конденсатора  $2$  мкКл. После размыкания ключа  $K$  в результате разряда конденсатора на резисторе выделяется количество теплоты  $20$  мкДж. Найдите внутреннее сопротивление батарейки  $r$



**С5** По прямому горизонтальному проводнику длиной  $L = 1$  м с площадью поперечного сечения  $S = 1,25 \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>, подвешенному с помощью двух одинаковых невесомых пружинок жесткостью  $k = 100$  Н/м, течет ток  $I = 10$  А (см. рисунок). Какой угол  $\alpha$  составляют оси пружинок с вертикалью при включении вертикального магнитного поля с индукцией  $B = 0,1$  Тл, если абсолютное удлинение каждой из пружинок при этом составляет  $\Delta l = 7 \cdot 10^{-3}$  м? (Плотность материала проводника  $\rho = 8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).



**С6** На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с отличным от нуля внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ  $K$ , а также амперметр и идеальный вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа  $K$ ? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле, испытывает  $\alpha$ -распад. При этом рождаются  $\alpha$ -частица и тяжелый ион нового элемента. Выделившаяся при  $\alpha$ -распаде энергия  $\Delta E$  целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека напоминает дугу окружности радиусом  $R$ . Масса  $\alpha$ -частицы равна  $m_\alpha$ , ее заряд равен  $2e$ , масса тяжелого иона равна  $M$ . Найдите индукцию  $B$  магнитного поля.

## Система оценивания экзаменационной работы по физике

### Задания с выбором ответа

За правильный ответ на каждое задание с выбором ответа ставится 1 балл.

Если указаны два и более ответов (в том числе правильный), неверный ответ или ответ отсутствует – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
A1	2	A14	3
A2	1	A15	4
A3	1	A16	4
A4	2	A17	4
A5	3	A18	3
A6	4	A19	3
A7	1	A20	3
A8	4	A21	3
A9	2	A22	1
A10	2	A23	2
A11	1	A24	3
A12	2	A25	1
A13	3		

### Задания с кратким ответом

Задание с кратким ответом считается выполненным верно, если в заданиях В1–В4 правильно указана последовательность цифр.

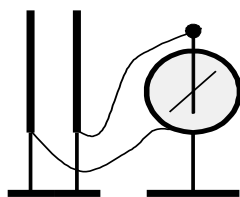
За полный правильный ответ ставится 2 балла, 1 балл – допущена одна ошибка; за неверный ответ (более одной ошибки) или его отсутствие – 0 баллов.

№ задания	Ответ
В1	212
В2	322
В3	31
В4	42

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

**С1** На изолирующих штативах укреплены две одинаковых стальных пластины конденсатора. Пластины соединены проводниками с электрометром. Одну из пластин заряжают при помощи наэлектризованной палочки. При этом электрометр показывает наличие напряжения между пластинами (см. рисунок). Как изменятся показания электрометра, если в промежуток между пластинами внести диэлектрическую пластину из оргстекла. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности вы использовали для объяснения.



### Возможное решение

- 1) Показания электрометра уменьшатся.
- 2) Диэлектрик в зазоре между пластинами увеличит емкость конденсатора. Заряды на обкладках не изменятся, т.к. обкладки установлены на изолирующих штативах. Вследствие этих двух причин уменьшится разность потенциалов между обкладками.
- 3) Показания электрометра растут вместе с разностью потенциалов на его выводах. Поэтому в данном случае показания уменьшатся: стрелка электрометра повернется ближе к вертикали.



Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае — <i>зависимость емкости конденсатора от диэлектрической проницаемости диэлектрика, определение емкости конденсатора</i> ).	3
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится <b>один</b> из следующих недостатков: — В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи. ИЛИ — Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме, или в них содержатся логические недочеты.	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев: — Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ — Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания. ИЛИ — Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ — Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

C2

Шарик скользит без трения по наклонному желобу, а затем движется по «мертвой петле» радиуса  $R$ . С какой силой шарик давит на желоб в нижней точке петли, если масса шарика равна  $100$  г, а высота, с которой его отпускают, равна  $4R$ ?

Образец возможного решения
Согласно второму закону Ньютона, в нижней точке петли: $m\vec{g} + \vec{N} = m\vec{a}$ , или $N = ma + mg$ , где $m$ и $N$ — соответственно масса шарика и сила его давления на желоб, $a$ — центростремительное ускорение шарика. Причем

$a = \frac{v^2}{R}$ , где  $R$  и  $v$  — радиус петли и скорость шарика в нижней её точке.

Согласно закону сохранения механической энергии,  $mgh = \frac{mv^2}{2}$ , где

$h = 4R$ . Следовательно,  $N = mg + \frac{mv^2}{R} = mg + 8mg = 9mg = 9 \text{ (Н)}$ .

Ответ: 9 Н.

<i>Критерии оценки выполнения задания</i>	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых <u>необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>второй закон Ньютона, закон сохранения энергии, формула для центростремительного ускорения шарика</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев:</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С3**

В сосуде лежит кусок льда. Температура льда  $t_1 = 0$  °С. Если сообщить ему количество теплоты  $Q$ , то весь лёд растает и образовавшаяся вода нагреется до температуры  $t_2 = 20$  °С. Какая доля льда  $k$  растает, если сообщить ему количество теплоты  $q = \frac{Q}{2}$ ? Тепловыми потерями на нагрев сосуда пренебречь.

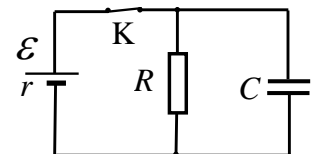
Образец возможного решения	
<p>1. Пусть <math>m</math> – масса льда, <math>\lambda</math> – удельная теплота плавления льда, <math>c</math> – удельная теплоемкость воды. Тогда</p> $\begin{cases} Q = \lambda m + cm(t_2 - t_1), \\ \frac{Q}{2} = \lambda(km). \end{cases}$ <p>2. Выразив <math>Q</math> из второго уравнения и подставив этот результат в первое уравнение, получим:</p> $(2k - 1)\lambda = c(t_2 - t_1),$ <p>откуда</p> $k = \frac{1}{2} \left[ \frac{c}{\lambda} (t_2 - t_1) + 1 \right] \approx 0,63.$ <p>Ответ: <math>k \approx 0,63</math>.</p>	

<i>Критерии оценки выполнения задания</i>	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых <u>необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – количество теплоты, необходимое для изменения температуры тела и для перехода тела из одного агрегатного состояния в другое);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не</p>	2

<p>зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С4**

В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. ЭДС батарейки  $\mathcal{E} = 24$  В, сопротивление резистора  $R = 25$  Ом, заряд конденсатора 2 мкКл. После размыкания ключа К в результате разряда конденсатора на резисторе выделяется количество теплоты 20 мкДж. Найдите внутреннее сопротивление батарейки  $r$ .



Найдите внутреннее

Образец возможного решения

Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа:

$$Q = W_C = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}.$$

Напряжение на конденсаторе равно падению напряжения на резисторе.

С учетом закона Ома для полной цепи  $U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{r + R}$ .

Комбинируя эти формулы, находим:  $r = R \left( \frac{\mathcal{E}q}{2Q} - 1 \right)$ .

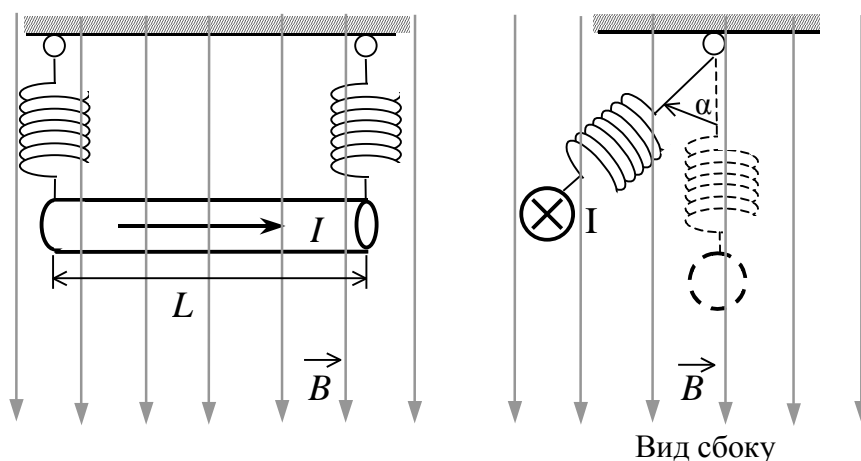
Ответ:  $r = 5 \text{ Ом}$ .

<b>Критерии оценки выполнения задания</b>	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых <u>необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>формула для энергии конденсатора, закон Ома для полной цепи, равенство напряжений на конденсаторе и резисторе</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2

<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев:</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

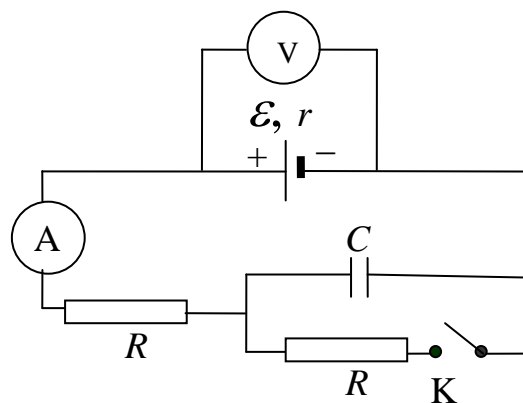
**C5**

По прямому горизонтальному проводнику длиной  $L = 1$  м с площадью поперечного сечения  $S = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ , подвешенному с помощью двух одинаковых невесомых пружинок жесткостью  $k = 100$  Н/м, течет ток  $I = 10$  А (см. рисунок). Какой угол  $\alpha$  составляют оси пружинок с вертикалью при включении вертикального магнитного поля с индукцией  $B = 0,1$  Тл, если абсолютное удлинение каждой из пружинок при этом составляет  $\Delta l = 7 \cdot 10^{-3}$  м? (Плотность материала проводника  $\rho = 8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>).



C6

На рисунке показана электрическая цепь, содержащая источник тока (с отличным от нуля внутренним сопротивлением), два резистора, конденсатор, ключ К, а также амперметр и идеальный вольтметр. Как изменятся показания амперметра и вольтметра в результате замыкания ключа К? Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали для объяснения.



Образец возможного решения	
<p>1) Показания амперметра станут отличными от нуля, а показания вольтметра уменьшатся.</p> <p>2) До замыкания ключа амперметр и вольтметр показывают, соответственно, равный нулю ток и ЭДС источника.</p> <p>3) Замыкание ключа вызовет появление тока в цепи, поэтому показания вольтметра уменьшатся на величину падения напряжения на внутреннем сопротивлении источника. По закону Ома для полной цепи <math>U = \mathcal{E} - Ir</math>.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – п. 1) и полное верное объяснение (в данном случае – пп. 2–3) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – конденсатор, как разрыв в цепи постоянного тока, закон Ома для замкнутой цепи и закон Ома для участка цепи).</p>	3
<p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, и дано правильное объяснение, но содержится один из следующих недостатков:</p> <p>В представленных записях содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объёме, или в них содержится логический недочёт</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Указаны не все необходимые явления и физические законы, даже если дан правильный ответ на вопрос задания.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые явления и физические законы, но в некоторых из них допущена ошибка, даже если дан правильный ответ на вопрос задания.</p> <p>ИЛИ</p>	1



Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

Ядро покоящегося нейтрального атома, находясь в однородном магнитном поле, испытывает  $\alpha$ -распад. При этом рождаются  $\alpha$ -частица и тяжелый ион нового элемента. Выделившаяся при  $\alpha$ -распаде энергия  $\Delta E$  целиком переходит в кинетическую энергию продуктов реакции. Трек тяжелого иона находится в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля. Начальная часть трека напоминает дугу окружности радиусом  $R$ . Масса  $\alpha$ -частицы равна  $m_\alpha$ , ее заряд равен  $2e$ , масса тяжелого иона равна  $M$ . Найдите индукцию  $B$  магнитного поля.

Возможное решение	
<p>Законы сохранения энергии и импульса для <math>\alpha</math>-распада ядра покоящегося нейтрального атома:</p> $\begin{cases} \frac{m_\alpha v^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} = \Delta E, \\ m_\alpha \vec{v} + M\vec{u} = 0. \end{cases}$ <p>Уравнение движения тяжелого иона с зарядом <math>q = -2e</math> в магнитном поле:</p> $\frac{Mu^2}{R} = 2 euB .$ <p>Решая систему трех уравнений, получаем:</p> $\Delta E = \frac{(2eBR)^2}{2m_\alpha} \cdot \left(1 + \frac{m_\alpha}{M}\right),$ <p>откуда <math>B = \frac{1}{2eR} \cdot \sqrt{\frac{2m_\alpha \Delta E}{1 + \frac{m_\alpha}{M}}}.</math></p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие	3

<p>элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых <u>необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном решении — <i>выражения для силы Лоренца и центростремительного ускорения, закон сохранения энергии и импульса системы</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение "по частям" с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования и представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины. Но имеется <u>один</u> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ правильном решении лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев:</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул,</p>	1

<p>необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0