

# 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 (A1–A21). К каждому заданию даётся 4 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 состоит из 10 задач: A22–A25 с выбором одного верного ответа и C1–C6, 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	$10^9$	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 $\pi$	$\pi = 3,14$
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	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

**Соотношение между различными единицами**

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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

**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 теплоёмкость**

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$460 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

**Удельная теплота**

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

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

**Молярная масса**

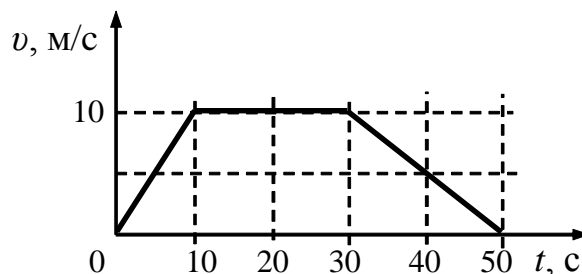
азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
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–A21) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.*

**A1**

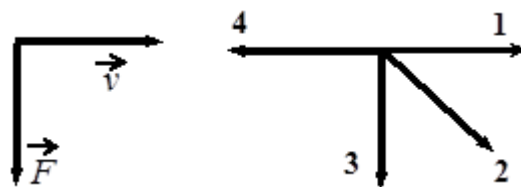
На рисунке представлен график зависимости скорости  $v$  автомобиля от времени  $t$ . Найдите путь, пройденный автомобилем за 50 с.



- 1) 0 м
- 2) 200 м
- 3) 300 м
- 4) 350 м

**A2**

На левом рисунке представлены вектор скорости тела в инерциальной системе отсчета и вектор равнодействующей всех сил, действующих на тело. Какой из четырех векторов на правом рисунке указывает направление вектора ускорения данного тела в этой системе отсчета?



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

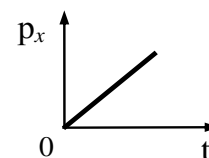
**A3**

Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 700 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности? Радиус Марса в 2 раза, а масса – в 10 раз меньше, чем у Земли.

- 1) 70 Н
- 2) 140 Н
- 3) 210 Н
- 4) 280 Н

**A4**

На графике показана зависимость проекции импульса  $P_x$  тележки от времени. Какой вид имеет график изменения проекции равнодействующей всех сил  $F_x$ , действующих на тележку, от времени?

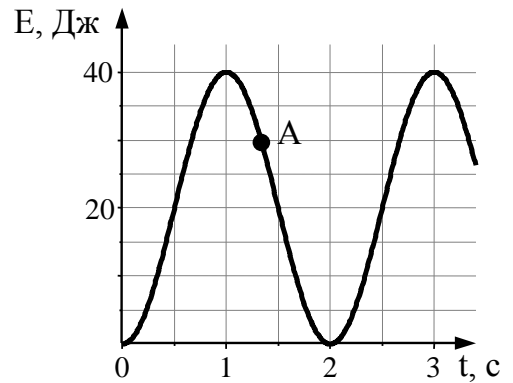


- 1)
- 2)
- 3)
- 4)

**A5**

На рисунке представлен график изменения со временем кинетической энергии ребенка на качелях. Чему равна его полная механическая энергия в момент, соответствующий точке А на графике?

- 1) 10 Дж
- 2) 20 Дж
- 3) 25 Дж
- 4) 40 Дж

**A6**

Во время опыта по исследованию выталкивающей силы, действующей на полностью погруженное в воду тело, ученик в 3 раза уменьшил глубину его положения под водой. При этом выталкивающая сила

- 1) не изменилась
- 2) увеличилась в 3 раза
- 3) уменьшилась в 3 раза
- 4) увеличилась в 9 раз

**A7**

3 моль водорода находятся в сосуде при комнатной температуре и давлении  $p$ . Каким будет давление 3 моль кислорода в том же сосуде и при той же температуре? (Газы считать идеальными.)

- 1)  $p$
- 2)  $8p$
- 3)  $16p$
- 4)  $\frac{1}{16}p$

**A8**

В воздушном насосе перекрыли выходное отверстие и быстро сжали воздух в цилиндре насоса. Какой процесс происходит с воздухом в цилиндре насоса?

- 1) изобарный
- 2) изохорный
- 3) изотермический
- 4) адиабатный

**A9**

В закрытой колбе с сухими стенками находится воздух с парами воды. Воздух в колбе немного остудили, а стенки колбы остались сухими. При этом

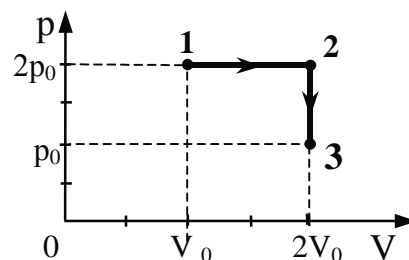
- А.** концентрация молекул водяного пара не изменилась  
**Б.** относительная влажность воздуха в колбе уменьшилась

Из этих утверждений

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

**A10**

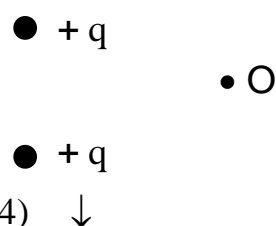
Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объема. Работа, совершенная газом, равна



- 1)  $\frac{1}{2} p_0 V_0$       2)  $p_0 V_0$       3)  $2 p_0 V_0$       4)  $4 p_0 V_0$

**A11**

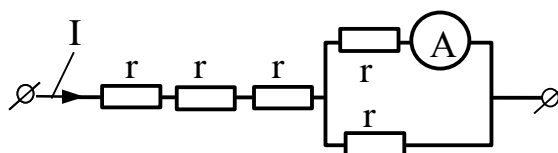
Какое направление имеет вектор напряженности электрического поля  $\vec{E}$ , созданного двумя равными положительными зарядами в точке O?



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

**A12**

Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток  $I = 10$  А. Какую силу тока показывает амперметр? Сопротивлением амперметра пренебречь.



- 1) 1 А      2) 2 А      3) 3 А      4) 5 А

**A13**

Какой процесс объясняется явлением электромагнитной индукции?

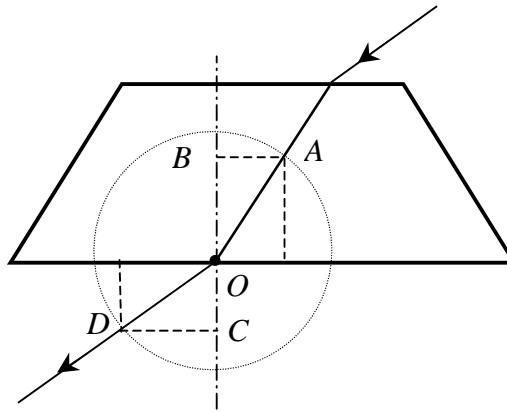
- 1) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
- 2) взаимодействие двух проводов с током
- 3) появление тока в замкнутой катушке при опускании в нее постоянного магнита
- 4) возникновение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле

**A14**

Параллельно какой координатной оси распространяется плоская электромагнитная волна, если в некоторый момент времени в точке с координатами  $(x, y, z)$  напряженность электрического поля  $\vec{E} = (E, 0, 0)$ , а индукция магнитного поля  $\vec{B} = (0, 0, B)$ ?

- 1) параллельно оси X
- 2) параллельно оси Y
- 3) параллельно оси Z
- 4) такая волна невозможна

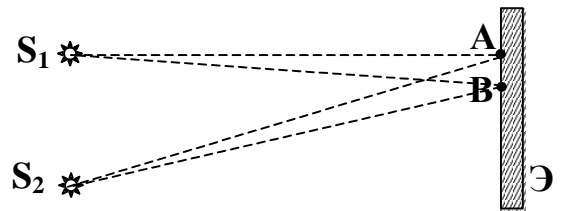
- A15** На рисунке показан ход светового луча через стеклянную призму, находящуюся в воздухе.



Показатель преломления стекла  $n$  равен отношению длин отрезков

- 1)  $\frac{CD}{AB}$                       2)  $\frac{AB}{CD}$                       3)  $\frac{OB}{OD}$                       4)  $\frac{OD}{OB}$

- A16** Свет от двух синфазных когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$  с длиной волны  $\lambda$  достигает экрана Э. На нем наблюдается интерференционная картина. Темные полосы в точках А и В возникают потому, что



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

- A17** 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 углерода  $^{15}_6\text{C}$  исчезнет и заменится спектром азота  $^{15}_7\text{N}$   
 2) спектр станет ярче из-за выделяющейся энергии  
 3) спектр сдвинется из-за уменьшения числа атомов углерода  
 4) спектр  $^{15}_6\text{C}$  станет менее ярким, к нему добавятся линии азота  $^{15}_7\text{N}$

- A18** Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра  $^{132}_{50}\text{Sn}$ ?

	$p$ – число протонов	$n$ – число нейтронов
1)	132	182
2)	132	50
3)	50	132
4)	50	82

**A19**

Какая из записей противоречит закону сохранения массового числа в ядерных реакциях?

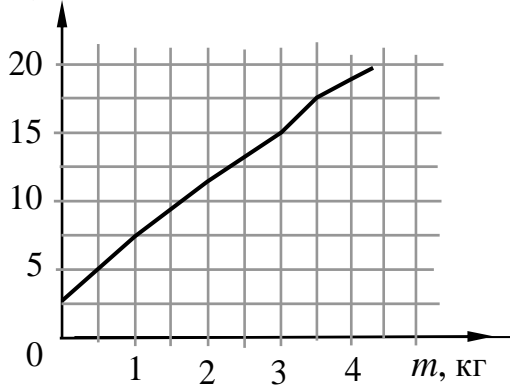
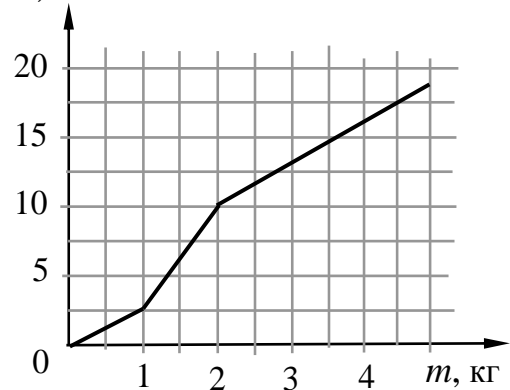
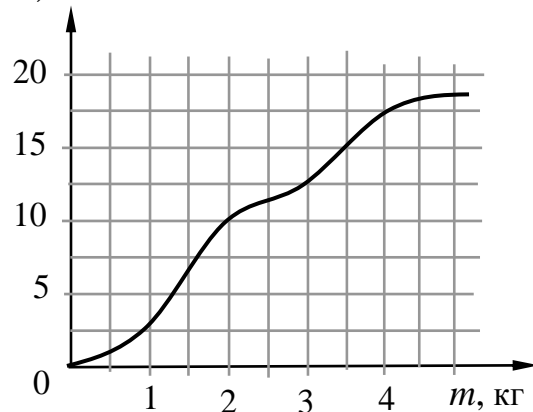
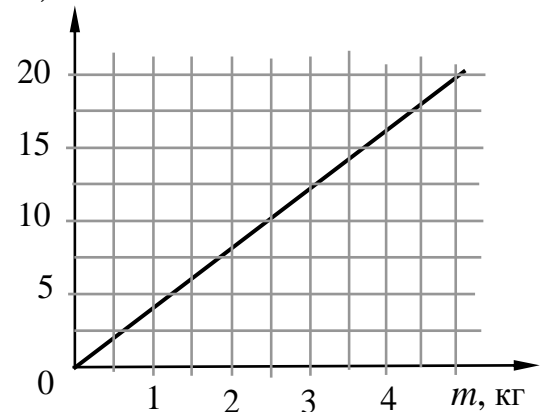
- 1)  ${}^{12}_7\text{N} \rightarrow {}^{12}_6\text{C} + {}^0_1\text{e} + \nu_e$
- 2)  ${}^{11}_6\text{C} \rightarrow {}^{10}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e} + \tilde{\nu}_e$
- 3)  ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$
- 4)  ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n}$

**A20**

Космонавты исследовали зависимость силы тяжести от массы тела на посещённой ими планете. Результаты измерений представлены в таблице.

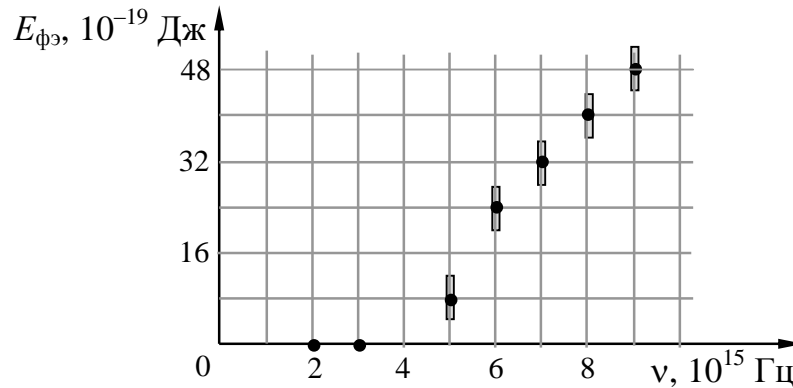
$m$ , кг	1	2,5	3	3,5	4	4,5
$F$ , Н	2,5	10,0	12,5	15	17,5	18,5

Погрешность измерения массы равна 0,1 кг, силы — 1,5 Н. Какой из графиков построен правильно, с учётом всех результатов измерений и их погрешностей?

1)  $F$ , Н3)  $F$ , Н2)  $F$ , Н4)  $F$ , Н

**A21**

При изучении явления фотоэффекта исследовалась зависимость максимальной энергии  $E_{\text{фэ}}$  вылетающих из освещенной пластины фотоэлектронов от частоты  $\nu$  падающего света. Погрешности измерения частоты света и энергии фотоэлектронов составляли соответственно  $5 \cdot 10^{13}$  Гц и  $4 \cdot 10^{-19}$  Дж. Результаты измерений с учетом их погрешности представлены на рисунке. Согласно этим измерениям, постоянная Планка приблизительно равна

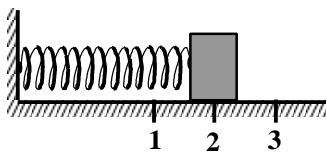


- 1)  $2 \cdot 10^{-34}$  Дж·с    2)  $5 \cdot 10^{-34}$  Дж·с    3)  $7 \cdot 10^{-34}$  Дж·с    4)  $9 \cdot 10^{-34}$  Дж·с

### 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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.*

**В1**



Груз изображенного на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняются кинетическая энергия груза маятника, скорость груза и жесткость пружины при движении груза маятника от точки 1 к точке 2?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

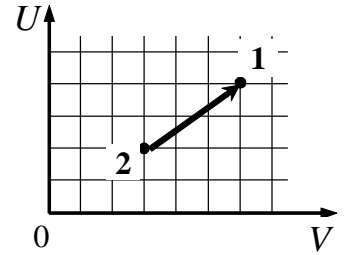
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Скорость груза	Жесткость пружины



**B2**

Два моля идеального одноатомного газа переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму).  $U$  – внутренняя энергия газа,  $V$  – объем газа. Как меняются в ходе указанного на диаграмме процесса давление газа, его температура и теплоемкость газа? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



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

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

Давление	Температура	Теплоемкость газа

**B3**

Два резистора с сопротивлениями  $R_1$  и  $R_2$  параллельно подсоединили к клеммам батарейки для карманного фонаря. Напряжение на клеммах батарейки равно  $U$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ФОРМУЛЫ**

А) сила тока через батарейку

1)  $\frac{U(R_1 + R_2)}{R_1 R_2}$

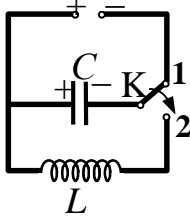
2)  $U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$

Б) напряжение на резисторе с сопротивлением  $R_1$

3)  $\frac{U}{R_1 + R_2}$

4)  $U$

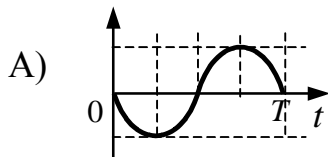
А	Б

**B4**

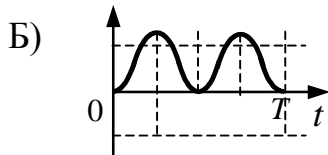
Конденсатор колебательного контура подключен к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после переключения переключателя К в положение 2 в момент  $t = 0$ . Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ



- 1) заряд левой обкладки конденсатора
- 2) энергия электрического поля конденсатора
- 3) сила тока в катушке
- 4) энергия магнитного поля катушки



А	Б

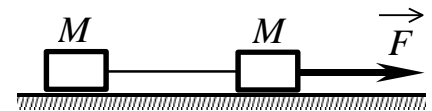
### Часть 3

*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**

Два груза одинаковой массы  $M$ , связанные нерастяжимой и невесомой нитью, движутся прямолинейно по гладкой горизонтальной поверхности под действием горизонтальной



силы  $\vec{F}$ , приложенной к одному из грузов (см. рисунок). Минимальная сила  $F$ , при которой нить обрывается, равна 12 Н. При какой силе натяжения нить обрывается?

- 1) 3 Н
- 2) 6 Н
- 3) 12 Н
- 4) 24 Н

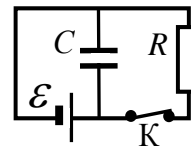
**A23**

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**

Конденсатор ёмкостью  $C = 2$  мкФ присоединён к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 10$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом. В начальный момент времени ключ К был замкнут (см. рисунок). Какой станет энергия конденсатора через длительное время (не менее 1 с) после размыкания ключа К, если сопротивление резистора  $R = 10$  Ом?



- 1) 100 мкДж
- 2) 200 мкДж
- 3) 100 нДж
- 4) 200 нДж

**A25**

В двух идеальных колебательных контурах происходят незатухающие электромагнитные колебания. Амплитудное значение силы тока в первом контуре 3 мА. Каково амплитудное значение силы тока во втором контуре, если период колебаний в нем в 3 раза больше, а максимальное значение заряда конденсатора в 6 раз больше, чем в первом?

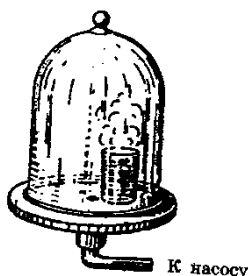
- 1)  $\frac{2}{3}$  мА
- 2)  $\frac{3}{2}$  мА
- 3) 3 мА
- 4) 6 мА

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

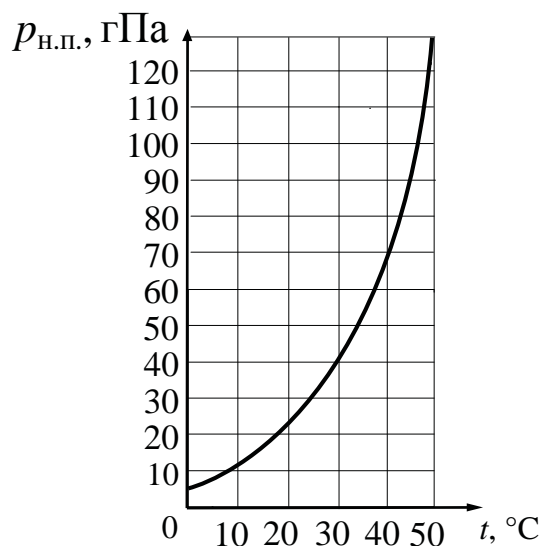
**Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.**

**С1**

В опыте, иллюстрирующем зависимость температуры кипения от давления воздуха (рис. а), кипение воды под колоколом воздушного насоса происходит уже при комнатной температуре, если давление достаточно мало. Используя график зависимости давления *насыщенного пара* от температуры (рис. б), укажите, какое давление воздуха нужно создать под колоколом насоса, чтобы вода закипела при 40 °С. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



(а)



(б)

**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**

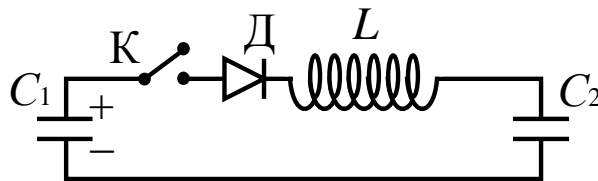
Полый конус с углом при вершине  $2\alpha$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен  $\mu$ . При каком максимальном расстоянии  $L$  от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.

С3

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха  $p = 10^5$  Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты  $|Q| = 75$  Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние  $x = 10$  см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

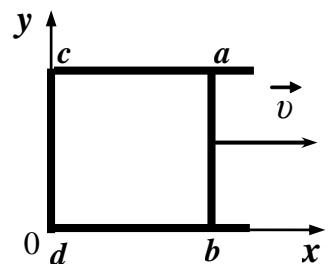
С4

К конденсатору  $C_1$  через диод и катушку индуктивности  $L$  подключён конденсатор ёмкостью  $C_2 = 2$  мкФ. До замыкания ключа  $K$  конденсатор  $C_1$  был заряжен до напряжения  $U = 50$  В, а конденсатор  $C_2$  не заряжен. После замыкания ключа система перешла в новое состояние равновесия, в котором напряжение на конденсаторе  $C_2$  оказалось равным  $U_2 = 20$  В. Какова ёмкость конденсатора  $C_1$ ? (Активное сопротивление цепи пренебрежимо мало.)



С5

По П-образному проводнику  $acdb$  постоянного сечения скользит со скоростью  $\vec{v}$  медная перемычка  $ab$  длиной  $l$  из того же материала и такого же сечения. Проводники, образующие контур, помещены в постоянное однородное магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости проводников (см. рисунок). Какова индукция магнитного поля  $B$ , если в тот момент, когда  $ab = ac$ , разность потенциалов между точками  $a$  и  $b$  равна  $U$ ? Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало, а сопротивление проводов велико.



С6

Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $2 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см. Какова частота  $\nu$  падающего света?

## 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	4	A14	2
A2	3	A15	1
A3	4	A16	2
A4	1	A17	4
A5	4	A18	4
A6	1	A19	2
A7	1	A20	4
A8	4	A21	4
A9	1	A22	2
A10	3	A23	2
A11	1	A24	1
A12	4	A25	4
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	113
В2	313
В3	14
В4	34

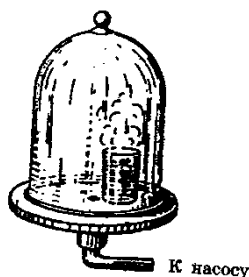
## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

### С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

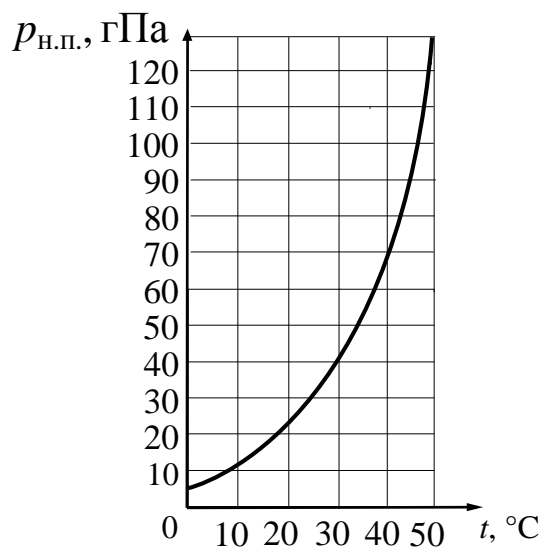
Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

С1

В опыте, иллюстрирующем зависимость температуры кипения от давления воздуха (рис. а), кипение воды под колоколом воздушного насоса происходит уже при комнатной температуре, если давление достаточно мало. Используя график зависимости давления *насыщенного пара* от температуры (рис. б), укажите, какое давление воздуха нужно создать под колоколом насоса, чтобы вода закипела при 40 °С. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



(а)



(б)

#### Возможное решение

1. Кипением называется парообразование, которое происходит не только с поверхности жидкости, граничащей с воздухом, но и с поверхности пузырьков насыщенного пара, образующихся в толще жидкости, что резко увеличивает количество испарившейся жидкости. Всплывающие пузырьки вызывают интенсивное перемешивание жидкости.

2. Образование пузырьков пара в жидкости возможно только в том случае, когда давление этого пара  $p$  равно давлению столба жидкости:  $p = p_{\text{атм}} + \rho gh$ . В сосуде  $\rho gh \ll p_{\text{атм}}$ , поэтому условие возникновения кипения  $p = p_{\text{атм}}$ . Следовательно, чтобы вода закипела при 40 °С, в соответствии с графиком давление воздуха под колоколом необходимо снизить до 70 гПа.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведены правильный ответ (в данном случае – значение давления воздуха) и полное верное объяснение (в данном случае – п. 1–2) с указанием явлений и законов (в данном случае – условие кипения жидкости)	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 объёме, или в них содержится логический недочёт	2
Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> 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

Полый конус с углом при вершине  $2\alpha$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен  $\mu$ . При каком максимальном расстоянии  $L$  от вершины шайба будет неподвижна относительно конуса? Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на шайбу.



Возможное решение

Уравнение движения шайбы в векторном виде:

$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{од}} = m\vec{a}_{\text{ош}}.$$

Проекция уравнения на оси  $OX$  и  $OY$  в инерциальной системе отсчёта, связанной с Землёй:

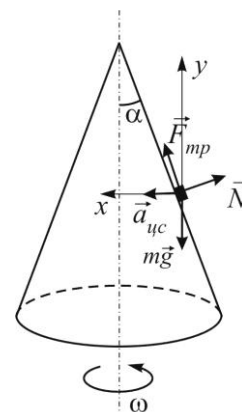
$$\begin{cases} F_{\text{од}} \sin \alpha - N \cos \alpha = ma_{\text{ош}}, \\ F_{\text{од}} \cos \alpha + N \sin \alpha - mg = 0. \end{cases}$$

Поскольку  $F_{\text{од}} = F_{\text{од},i} \hat{i} + F_{\text{од},y} \hat{y}$ ;  $F_{\text{од},\text{max}} = \mu N$ , система уравнений

принимает вид 
$$\begin{cases} N(\mu \sin \alpha - \cos \alpha) = ma_{\text{ош}}, \\ N(\mu \cos \alpha + \sin \alpha) - mg = 0, \end{cases}$$
 откуда

$$a_{\text{цс}} = \frac{g(\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha}. \text{ Но } a_{\text{ош}} = \omega^2 r = \omega^2 L \sin \alpha.$$

$$\text{Следовательно, } L = \frac{a_{\text{ош}}}{\omega^2 \sin \alpha} = \frac{g(\mu \sin \alpha - \cos \alpha)}{\omega^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha) \sin \alpha} = \frac{g(\mu - \text{ctg} \alpha)}{\omega^2 (\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$



Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>второй закон Ньютона, формулы для силы трения и центростремительного ускорения</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) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение;</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ. Но имеется <b>один</b> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, IV, – 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 допущены ошибки, и (или) преобразования не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, 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

**С3**

В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха  $p = 10^5$  Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты  $|Q| = 75$  Дж. При этом поршень передвинулся на расстояние  $x = 10$  см. Чему равна площадь поперечного сечения поршня?

Возможное решение

1. При медленном охлаждении газа его можно всё время считать равновесным, поэтому можно пользоваться выражением для внутренней энергии одноатомного идеального газа  $U = \frac{3}{2} \nu RT$  и уравнением Клапейрона–Менделеева  $pV = \nu RT$ .

Отсюда  $U = \frac{3}{2} pV$ .

2. Поршень движется медленно, сил трения между поршнем и стенками сосуда нет, поэтому давление газа равно давлению окружающего воздуха (процесс изобарен).

3. Первое начало термодинамики для описания изобарного сжатия газа:

$$A_{\text{внешн}} = \Delta U + |Q|,$$

где  $A_{\text{внешн}} = p\Delta x$  – работа внешних сил,

$$\Delta U = \frac{3}{2} p\Delta V = -\frac{3}{2} p\Delta x \quad \text{– изменение внутренней энергии одноатомного}$$

идеального газа при его изобарном сжатии,

$|Q|$  – количество теплоты, отведённое от газа при его охлаждении.

$$\text{Отсюда } p\Delta x = -\frac{3}{2} p\Delta x + |Q|, \quad |Q| = \frac{5}{2} p\Delta x, \quad S = \frac{2}{5} \cdot \frac{|Q|}{p}$$

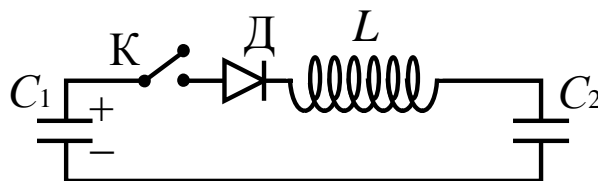
Ответ:  $S = 30 \text{ см}^2$ .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа, уравнение Клапейрона–Менделеева и первое начало термодинамики);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением, возможно, 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. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и 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</p>	2

<p>преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<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>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>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

C4

К конденсатору  $C_1$  через диод и катушку индуктивности  $L$  подключён конденсатор ёмкостью  $C_2 = 2$  мкФ. До замыкания ключа  $K$  конденсатор  $C_1$  был заряжен до напряжения  $U = 50$  В, а конденсатор  $C_2$  не заряжен. После замыкания ключа система перешла в новое состояние равновесия, в котором напряжение на конденсаторе  $C_2$  оказалось равным  $U_2 = 20$  В. Какова ёмкость конденсатора  $C_1$ ? (Активное сопротивление цепи пренебрежимо мало.)



Образец возможного решения

Энергия заряженного конденсатора  $C_1$  до замыкания ключа  $K$ :

$$W_y = \frac{C_1 U^2}{2}. \quad (1)$$

Заряд конденсатора  $C_1$ :

$$q = C_1 U. \quad (2)$$

Суммарная энергия заряженных конденсаторов после замыкания ключа  $K$ :

$$W_{y1} + W_{y2} = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2}. \quad (3)$$

Так как процесс зарядки конденсатора  $C_2$  происходит медленно, нет потерь энергии на излучение, а следовательно, после замыкания ключа К первоначальная энергия заряженного конденсатора  $C_1$  в новом состоянии равновесия распределяется между конденсаторами:

$$W_3 = W_{31} + W_{32}. \quad (4)$$

Кроме того, выполняется закон сохранения заряда:

$$q = q_1 + q_2 = C_1 U_1 + C_2 U_2. \quad (5)$$

Объединяя соотношения (1) – (5), получаем систему уравнений

$$\begin{cases} C_1 U^2 = C_1 U_1^2 + C_2 U_2^2, \\ C_1 U = C_1 U_1 + C_2 U_2. \end{cases}$$

Решая эту систему, получаем

$$\tilde{N}_1 = \frac{C_2 U_2}{2U - U_2}.$$

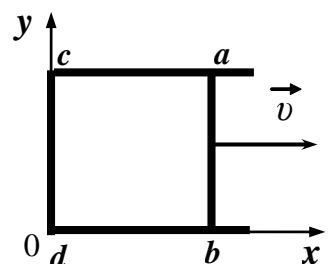
Ответ:  $C_1 = 0,5$  мкФ.

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>формулы для заряда конденсатора, его энергии и законы сохранения энергии и электрического заряда</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 <b>один</b> из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и 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>	2

<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 <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 П-образному проводнику  $acdb$  постоянного сечения скользит со скоростью  $\vec{v}$  медная перемычка  $ab$  длиной  $l$  из того же материала и такого же сечения. Проводники, образующие контур, помещены в постоянное однородное магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости проводников (см. рисунок). Какова индукция магнитного поля  $B$ , если в тот момент, когда  $ab = ac$ , разность потенциалов между точками  $a$  и  $b$  равна  $U$ ? Сопротивление между проводниками в точках контакта пренебрежимо мало, а сопротивление проводов велико.



Возможное решение

При движении переключки в ней возникает ЭДС

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta \hat{O}}{\Delta t} \right| = Blv.$$

Закон Ома для замкнутой цепи  $abcd$ :  $I = \frac{\varepsilon}{4R} = \frac{Blv}{4R}$ ,

где  $R$  – сопротивление переключки  $ab$ . Следовательно,  $U = \varepsilon - I \cdot R = \frac{3}{4} Blv$ .

Ответ:  $B = \frac{4U}{3lv}$ .

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае – <i>закон Фарадея, формула для потока магнитной индукции, закон Ома для замкнутой цепи</i>);</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением, возможно, 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 ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ</p>	3
<p>Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ. Но имеется <b>один</b> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и 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>	1

<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>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>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

C6

Фотокатод с работой выхода  $4,42 \cdot 10^{-19}$  Дж освещается светом. Вылетевшие из катода электроны попадают в однородное магнитное поле с индукцией  $2 \cdot 10^{-4}$  Тл перпендикулярно линиям индукции этого поля и движутся по окружностям. Максимальный радиус такой окружности 2 см. Какова частота  $\nu$  падающего света?

Возможное решение	
<p>Электрон в магнитном поле движется по окружности радиуса <math>R</math> со скоростью <math>v</math> и центростремительным ускорением <math>a = \frac{v^2}{R}</math>.</p> <p>Ускорение вызывается силой Лоренца <math>F = evB</math> в соответствии со вторым законом Ньютона: <math>ma = F</math>, или <math>m \frac{v^2}{R} = evB \Rightarrow v = \frac{eBR}{m}</math>.</p> <p>Для определения максимальной скорости движения электрона воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:</p> <p>или <math>h\nu = A + \frac{mv^2}{2}</math>.</p> <p>Подставляя в это уравнение скорость электрона, получим выражение для частоты света <math>\nu = \frac{A}{h} + \frac{(eBR)^2}{2mh}</math>.</p> <p>Ответ: <math>\nu \approx 1 \cdot 10^{15}</math> Гц.</p>	
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, второй закон Ньютона,</p>	3



<p><i>формулы для силы Лоренца, центростремительного ускорения);</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 <b>один</b> из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и 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

Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
---	---