

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

Наимено-вание	Обозначение	Множитель	Наимено-вание	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}
дэци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы

число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н}\cdot\text{м}^2/\text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

Плотность

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

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

Нормальные условия: давление 10^5 Па , температура 0°C

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{моль}$

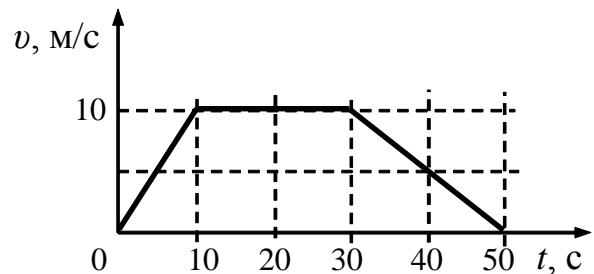
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A21) поставьте знак «Х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1

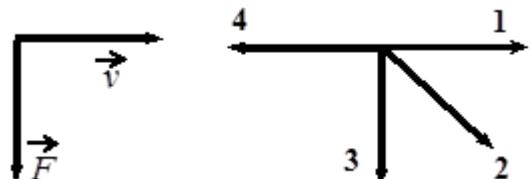
На рисунке представлен график зависимости скорости v автомобиля от времени t . Найдите путь, пройденный автомобилем за 50 с.

- 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)
- 2)
- 3)
- 4)

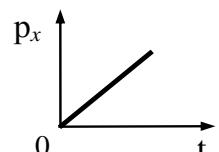
A3

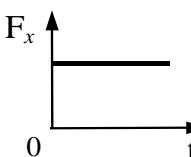
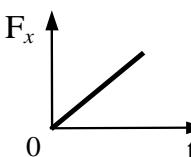
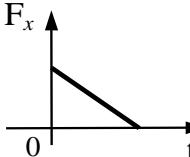
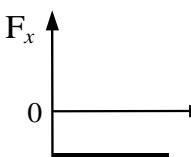
Космонавт, находясь на Земле, притягивается к ней с силой 700 Н. С какой приблизительно силой он будет притягиваться к Марсу, находясь на его поверхности? Радиус Марса в 2 раза, а масса – в 10 раз меньше, чем у Земли.

- 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?

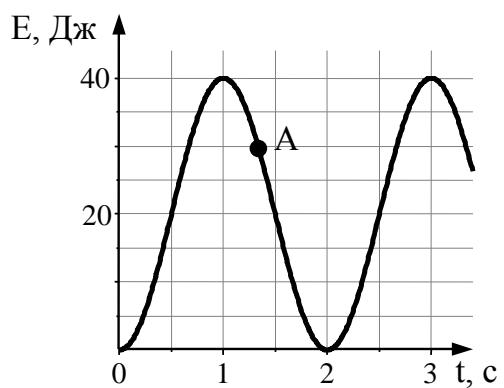


- 1) 
- 2) 
- 3) 
- 4) 

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? Потерями энергии пренебречь.

- 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

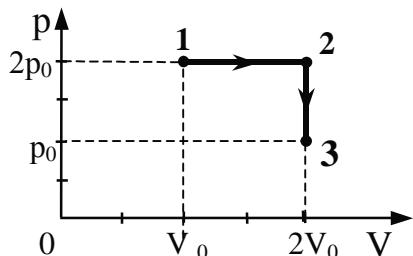
Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объема. Работа, совершенная газом, равна

1) $\frac{1}{2} p_0 V_0$

2) $p_0 V_0$

3) $2p_0 V_0$

4) $4p_0 V_0$

**A11**

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

1) \rightarrow

2) \leftarrow

3) \uparrow

● + q

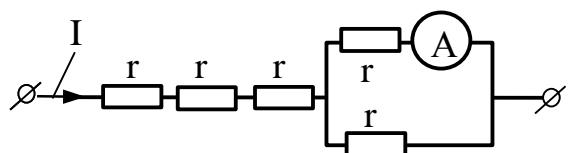
• O

4) \downarrow

A12

Через участок цепи (см. рисунок) течет постоянный ток $I = 10 \text{ A}$. Какую силу тока показывает амперметр?

Сопротивлением амперметра пренебречь.



1) 1 A

2) 2 A

3) 3 A

4) 5 A

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

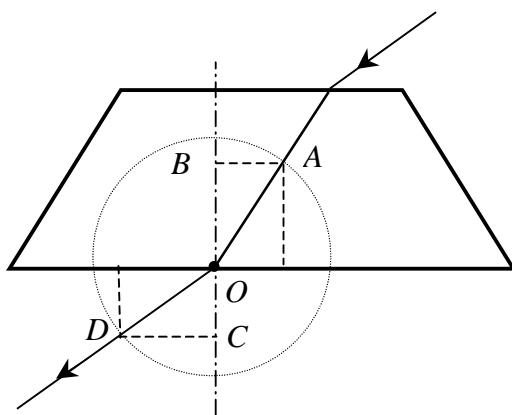
A14

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.

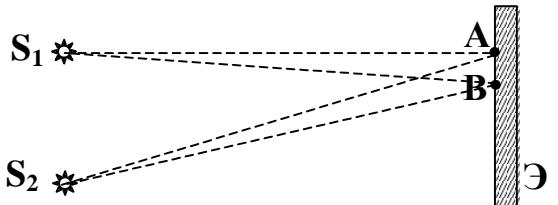


Показатель преломления стекла n равен отношению длин отрезков

- 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 λ достигает экрана \mathcal{E} . 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 β -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?

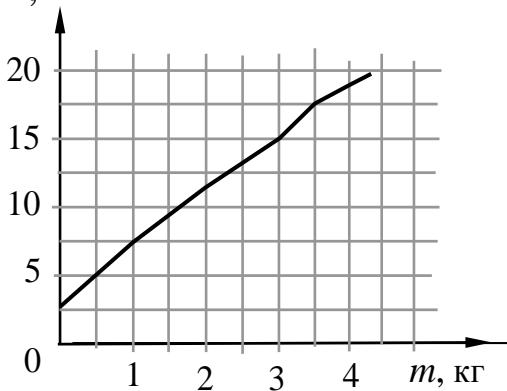
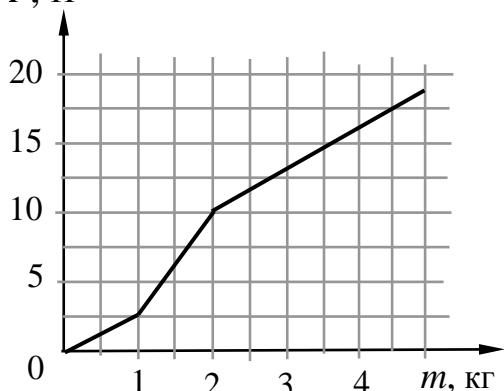
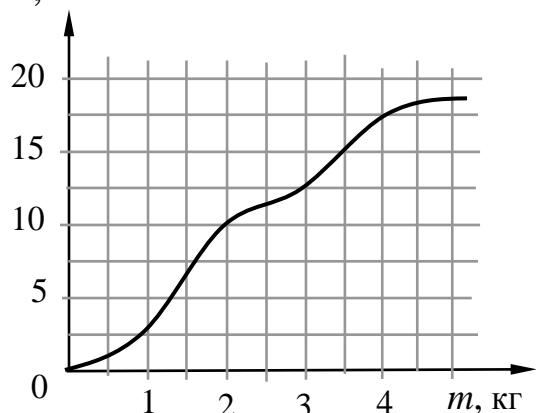
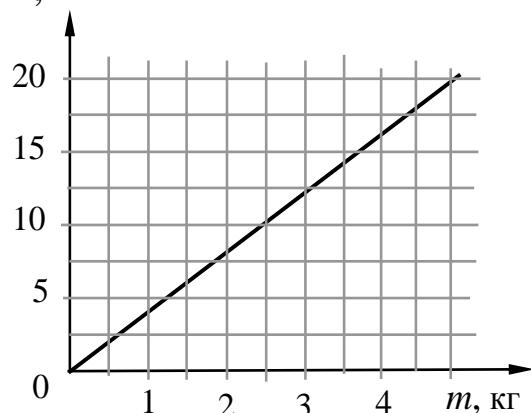
- 1) $_{7}^{12}\text{N} \rightarrow _{6}^{12}\text{C} + _{1}^{0}\text{e} + \nu_e$
- 2) $_{6}^{11}\text{C} \rightarrow _{7}^{10}\text{N} + _{-1}^{0}\text{e} + \tilde{\nu}_e$
- 3) $_{3}^{6}\text{Li} + _{1}^{1}\text{p} \rightarrow _{2}^{4}\text{He} + _{2}^{3}\text{He}$
- 4) $_{4}^{9}\text{Be} + _{1}^{2}\text{H} \rightarrow _{5}^{10}\text{B} + _{0}^{1}\text{n}$

A20

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

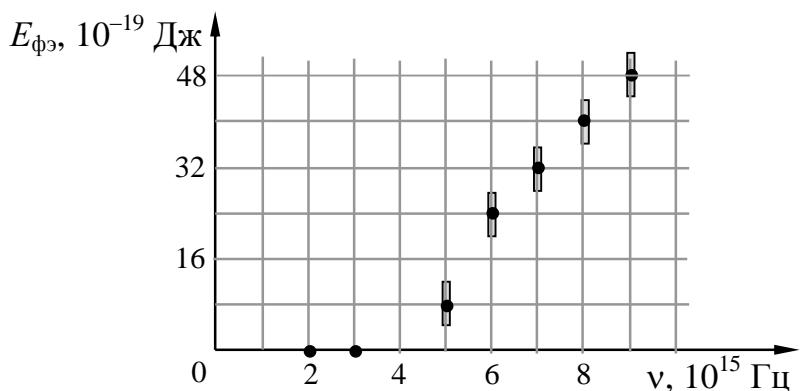
$m, \text{ кг}$	1	2,5	3	3,5	4	4,5
$F, \text{ Н}$	2,5	10,0	12,5	15	17,5	18,5

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) $F, \text{ Н}$ 3) $F, \text{ Н}$ 2) $F, \text{ Н}$ 4) $F, \text{ Н}$ 

A21

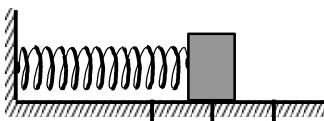
При изучении явления фотоэффекта исследовалась зависимость максимальной энергии E_{ϕ} вылетающих из освещенной пластины фотоэлектронов от частоты ν падающего света. Погрешности измерения частоты света и энергии фотоэлектронов составляли соответственно $5 \cdot 10^{13}$ Гц и $4 \cdot 10^{-19}$ Дж. Результаты 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 (B1–B4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

B1

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:

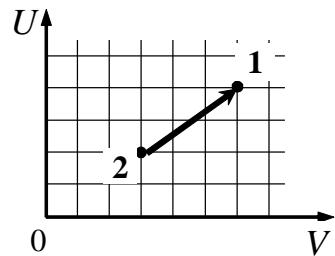
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

А) сила тока через батарейку

ФОРМУЛЫ

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

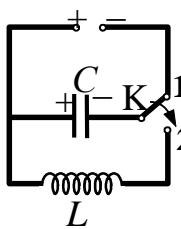
2)
$$U \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

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

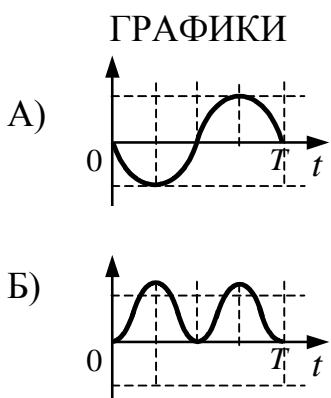
4)
$$U$$

Б) напряжение на резисторе с сопротивлением R_1

A	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 переведения 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.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

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

А	Б

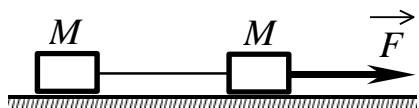
Часть 3

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 «Х» 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?

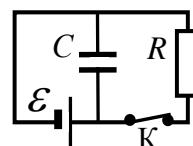
- 1) 0,25 моль.
- 2) 0,5 моль
- 3) 1 моль
- 4) 1,5 моль

A24

Конденсатор ёмкостью $C = 2 \text{ мкФ}$ присоединён к батарее

с ЭДС $\mathcal{E} = 10 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$.

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 $R = 10 \text{ Ом}$?



- 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?

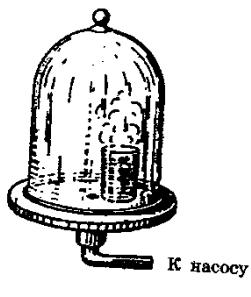
- 1) $\frac{2}{3} \text{ мА}$
- 2) $\frac{3}{2} \text{ мА}$
- 3) 3 мА
- 4) 6 мА

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

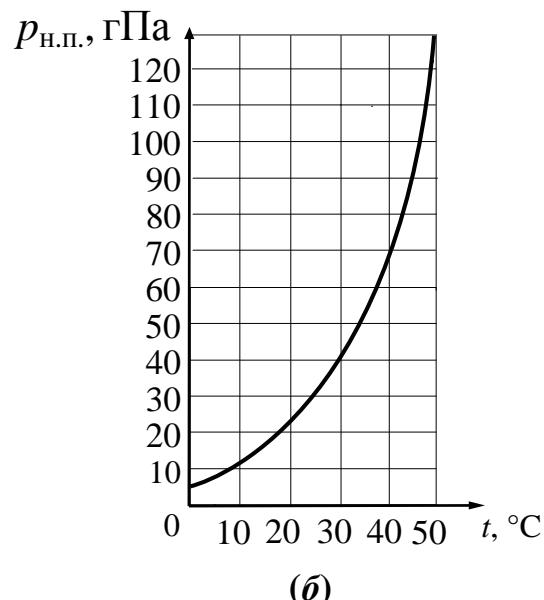
Полное решение задач С1–С6 необходимо записать в бланке ответов № 2. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1, С2 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

C1

В опыте, иллюстрирующем зависимость температуры кипения от давления воздуха (рис. *a*), 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°C . Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



(*a*)



(*b*)

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.

C2

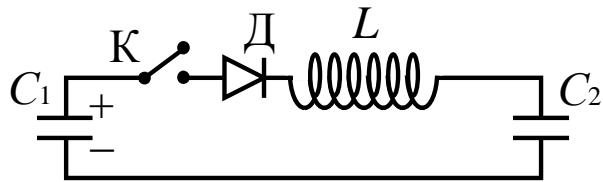
Полый конус с углом при вершине 2α вращается с угловой скоростью ω вокруг вертикальной оси, совпадающей с его осью симметрии. Вершина конуса обращена вверх. На внешней поверхности конуса находится небольшая шайба, коэффициент трения которой о поверхность конуса равен μ . При каком максимальном расстоянии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

C3

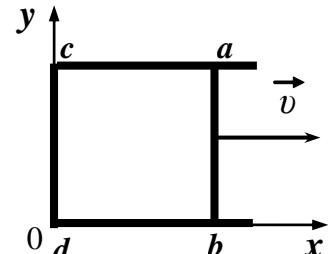
В горизонтальном цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится одноатомный идеальный газ. Давление окружающего воздуха $p = 10^5$ Па. Трение между поршнем и стенками сосуда пренебрежимо мало. В процессе медленного охлаждения от газа отведено количество теплоты $|Q| = 75$ Дж. При этом поршень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

C4

К конденсатору C_1 через диод и катушку индуктивности L подключён конденсатор ёмкостью $C_2 = 2$ мкФ. До замыкания ключа К 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.)

**C5**

По П-образному проводнику $acdb$ постоянного сечения скользит со скоростью 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.

**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 v 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.

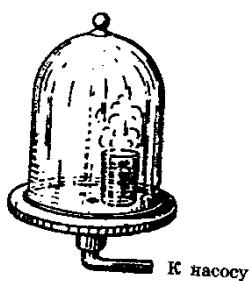
№ задания	Ответ
B1	113
B2	313
B3	14
B4	34

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ

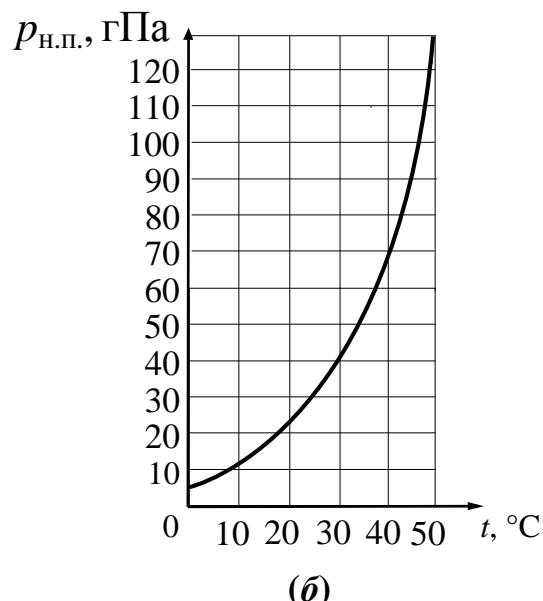
Решения заданий С1–С6 части 3 (с развернутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведенных ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

C1

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 °C. Ответ поясните, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



(*а*)



(*б*)

Возможное решение

- 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.
- 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 °C, в соответствии с графиком давление воздуха под колоколом необходимо снизить до 70 гПа.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

<p>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)</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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">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 style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к верному ответу, содержат ошибки</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

C2

Полый конус с углом при вершине 2α вращается с угловой скоростью ω 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 μ . 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:

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

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

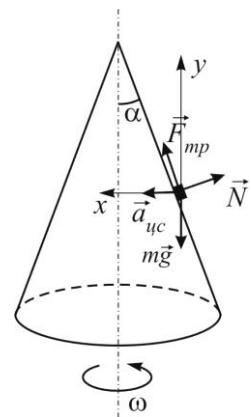
$$\begin{cases} F_{\text{од}} \sin \alpha - N \cos \alpha = ma_{\text{од}}, \\ F_{\text{од}} \cos \alpha + N \sin \alpha - mg = 0. \end{cases}$$

Поскольку $F_{\text{од}} = F_{\text{од.норм}}$; $F_{\text{од.макс}} = \mu N$, система уравнений

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

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

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



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

- I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае – *второй закон Ньютона, формулы для силы трения и центростремительного ускорения*);
- II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);
- III) представлен схематический рисунок с указанием сил, поясняющий решение;
- IV) проведены необходимые математические преобразования (допускается верbalное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);
- V) представлен правильный ответ

Правильно записаны необходимые положения теории и физические законы, закономерности, проведены необходимые преобразования, и представлен правильный ответ. Но имеется один из следующих недостатков.

2

Записи, соответствующие одному или нескольким пунктам: II, III, IV, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.

ИЛИ

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.).	
	ИЛИ	
	При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) преобразования не доведены до конца.	
	ИЛИ	
	При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка	
	Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1
	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.	
	ИЛИ	
	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.	
	ИЛИ	
	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	
	Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

C3

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 $U = \frac{3}{2}vRT$ и уравнением Клапейрона–Менделеева $pV = vRT$.

$$\text{Отсюда } U = \frac{3}{2}pV.$$

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 $A_{\text{внешн}} = pSx$ – работа внешних сил,

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

идеального газа при его изобарном сжатии,

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

$$\text{Отсюда } pSx = -\frac{3}{2} pSx + |Q|, |Q| = \frac{5}{2} pSx, S = \frac{2}{5} \cdot \frac{|Q|}{px}.$$

Ответ: $S = 30 \text{ см}^2$.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <ul style="list-style-type: none"> 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); 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); III) проведены необходимые математические преобразования (допускается верbalное указание на их проведение) и расчёты, приводящие кциальному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины 	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

преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.

ИЛИ

При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

1

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.

ИЛИ

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.

ИЛИ

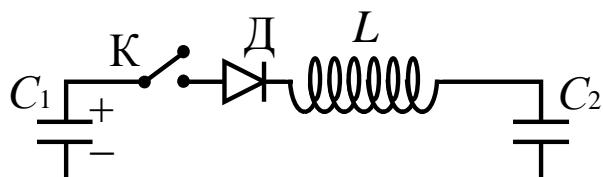
В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи

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

0

C4

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



Образец возможного решения

Энергия заряженного конденсатора C_1 до замыкания ключа К:

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

Заряд конденсатора C_1 :

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

Суммарная энергия заряженных конденсаторов после замыкания ключа К:

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

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

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

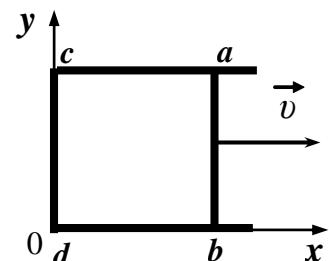
Ответ: $C_1 = 0,5 \text{ мкФ}$.

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 верbalное указание на их проведение) и расчёты, приводящие кциальному 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>	2

	ИЛИ	
	При ПОЛНОМ решении в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.	
	ИЛИ	
	При ПОЛНОМ решении отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
	Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1
	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.	
	ИЛИ	
	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.	
	ИЛИ	
	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	
	Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

C5

По П-образному проводнику \overrightarrow{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 перемычки 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 перемычки 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 – закон <i>Фарадея</i>, <i>формула для потока магнитной индукции</i>, закон <i>Ома</i> для замкнутой цепи);</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 кциальному 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 <u>один</u> 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
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.	1

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.

ИЛИ

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.

ИЛИ

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

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

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 v падающего света?

Возможное решение

Электрон в магнитном поле движется по окружности радиуса R со скоростью v и центростремительным ускорением $a = \frac{v^2}{R}$.

Ускорение вызывается силой Лоренца $F = evB$ в соответствии со вторым законом Ньютона: $ma = F$, или $m\frac{v^2}{R} = evB \Rightarrow v = \frac{eBR}{m}$.

Для определения максимальной скорости движения электрона воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\text{или } h\nu = A + \frac{mv^2}{2}.$$

Подставляя в это уравнение скорость электрона, получим выражение для частоты света $\nu = \frac{A}{h} + \frac{(eBR)^2}{2mh}$.

Ответ: $\nu \approx 1 \cdot 10^{15}$ Гц.

Критерии оценки выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

- 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><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 верbalное указание на их проведение) и расчёты, приводящие кциальному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</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 один из следующих недостатков. Записи, соответствующие одному или обоим пунктам: II и III, – представлены не в полном объёме или отсутствуют.	2	
<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 зачеркнуты, 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 одному 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
---	---