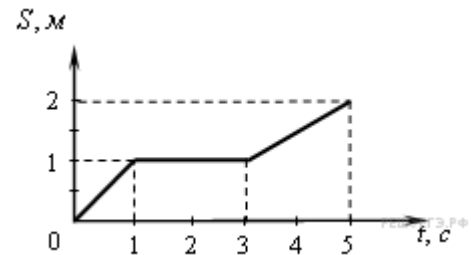


Решения

↑ Задание 1 № 110 тип 1

На рисунке представлен график зависимости пути от времени. Определите по графику скорость движения велосипедиста в интервале от момента времени 1 с до момента времени 3 с после начала движения. (Ответ дайте в метрах в секунду.)



Решение.

Из графика видно, что в интервале от момента времени 1 с до момента времени 3 с после начала движения путь велосипедиста не изменялся. Следовательно на этом интервале времени велосипедист не двигался, его скорость была равна нулю.

Ответ: 0.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 0

↑ Задание 2 № 6884 тип 2

Сила притяжения Земли к Солнцу в 22,5 раза больше, чем сила притяжения Марса к Солнцу. Во сколько раз расстояние между Марсом и Солнцем больше расстояния между Землёй и Солнцем, если масса Земли в 10 раз больше массы Марса?

Решение.

Согласно закону всемирного тяготения сила притяжения между двумя материальными точками прямопропорциональна произведению их масс и обратнопропорциональна квадрату расстояния между ними.

$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{R_{12}^2}$$

Таким образом, сила притяжения Земли к Солнцу $F_{ЗС} = G \frac{m_З \cdot m_С}{R_{ЗС}^2}$, а сила притяжения Марса к

Солнцу $F_{МС} = G \frac{m_М \cdot m_С}{R_{МС}^2}$. Чтобы ответить на вопрос задачи необходимо выразить отношение $\frac{R_{МС}}{R_{ЗС}}$.

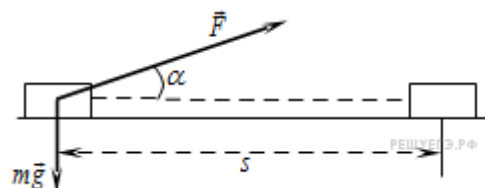
$$\text{Получаем } \frac{R_{МС}}{R_{ЗС}} = \sqrt{\frac{m_М F_{ЗС}}{m_З F_{МС}}} = \sqrt{\frac{1 \cdot 22,5}{10 \cdot 1}} = \sqrt{2,25} = 1,5.$$

Ответ: 1,5.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1,5

↑ Задание 3 № 515 тип 3

Брусок массой m перемещается на расстояние s по прямой на горизонтальной поверхности под действием силы F , направленной под углом α к горизонту. Коэффициент трения равен μ . Работа силы тяжести бруска на этом пути равна



- 1) $-\mu mgs$
- 2) $-\mu mg - F \sin \alpha$
- 3) $\mu(mg - F \sin \alpha)s$

4) 0

Решение.

Работа силы определяется как скалярное произведение вектора силы и вектора перемещения тела. Следовательно, сила тяжести совершила работу

$$A_{\text{тяж}} = \vec{F}_{\text{тяж}} \cdot \Delta\vec{r} = 0.$$

Правильный ответ указан под номером 4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4

↑ **Задание 4 № 621 тип 4**

Диапазон голоса мужского баса занимает частотный интервал от $\nu_1 = 80$ Гц до $\nu_2 = 400$ Гц. Каково отношение граничных длин звуковых волн $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ этого интервала?

Решение.

Частота, длина и скорость распространения звуковых волн связаны соотношением $\lambda \nu = c$. Отсюда находим отношение граничных длин волн

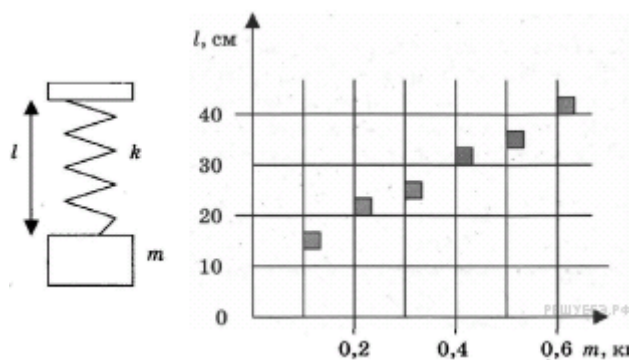
$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{c/\nu_1}{c/\nu_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{400 \text{ Гц}}{80 \text{ Гц}} = 5.$$

Ответ: 5.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 5

↑ **Задание 5 № 6598 тип 5**

На графике представлены результаты измерения длины пружины l при различных значениях массы m подвешенных к пружине грузов. Погрешность измерения массы $\Delta m = \pm 0,01$ кг, длины $\Delta l = \pm 0,01$ м.



Выберите два утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- 1) Коэффициент упругости пружины равен 60 Н/м.
- 2) Коэффициент упругости пружины равен 20 Н/м.
- 3) При подвешенном к пружине грузе массой 500 г ее удлинение составит 35 см.
- 4) При подвешенном к пружине грузе массой 300 г ее удлинение составит 15 см.
- 5) С увеличением массы длина пружины не изменяется.

Решение.

Проверим справедливость предложенных утверждений.

1, 2) Растяжение пружины подчиняется закону Гука: $F = kx$, причём длина пружины $l = l_0 + x$. Вычтем два различных значения l , полученных при различной массе подвешенного груза:

$l_2 - l_1 = x_2 - x_1 = \frac{F_2 - F_1}{k} = \frac{m_2 g - m_1 g}{k}$, откуда $k = \frac{(m_2 - m_1)g}{l_2 - l_1}$. Подставив удобные значения длин и масс, получим:

$$k = \frac{(0,6 \text{ кг} - 0,2 \text{ кг}) \cdot 10 \text{ м/с}^2}{0,4 \text{ м} - 0,2 \text{ м}} = 20 \text{ Н/м}.$$

3) При грузе массой 500 г, то есть 0,5 кг удлинение пружины составит $x = \frac{0,5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{20 \text{ Н/м}} = 0,25 \text{ м} = 25 \text{ см}$.

4) При грузе массой 300 г, то есть 0,3 кг удлинение пружины составит $x = \frac{0,3 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{20 \text{ Н/м}} = 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см}$.

5) С увеличением массы подвешенного груза длина пружины увеличивается. Таким образом, верными являются утверждения под номерами 2 и 4.

Ответ: 24.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 24

↑ Задание 6 № 8937 тип 6

Камень бросили вертикально вверх с горизонтальной площадки. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. В некоторый момент времени t_1 в процессе полёта кинетическая энергия камня была равна 13 Дж. В момент времени $t_2 > t_1$ камень всё ещё находился в полёте, а его кинетическая энергия уменьшилась на 2 Дж. Определите, как изменились к моменту t_2 по сравнению с моментом t_1 высота подъёма камня над площадкой и модуль скорости камня.

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Высота подъёма камня над площадкой	Модуль скорости камня

Решение.

Так как кинетическая энергия тела уменьшилась, то по закону сохранения энергии, потенциальная энергия камня должна была увеличиться, что говорит о том, что высота подъёма камня над площадкой увеличилась. Кроме того, уменьшение кинетической энергии связано с уменьшением модуля скорости камня.

Ответ: 12.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 12

↑ Задание 7 № 6101 тип 7

С помощью системы невесомых блоков на невесомых и нерастяжимых нитях уравновешены два груза (см. рисунок). Модуль силы натяжения участка нити AB равен T . Установите соответствие между модулями сил натяжения и участками нитей.

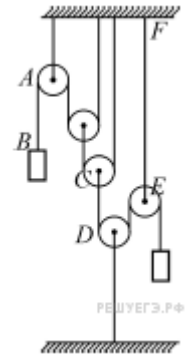
УЧАСТКИ НИТЕЙ

- А) DC
Б) EF

МОДУЛИ СИЛ
НАТЯЖЕНИЯ

- 1) T
2) $2T$
3) $4T$
4) $8T$

А	Б

**Решение.**

Будем отсчитывать блоки слева направо. На левой нити второго блока сила натяжения равна T , следовательно, чтобы блок оставался в равновесии на центр блока действует сила $2T$. Аналогично второму блоку на центр третьего блока действует сила $4T$, следовательно, сила натяжения, действующая на участок нити DC равна $4T$. Такая же сила натяжения будет на правой нити четвертого блока. Чтобы пятый блок находился в равновесии необходимо, чтобы на центр блока действовала сила, равная $8T$.

Ответ: 34.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 34

↑ **Задание 8 № 3510 тип 8**

В баллоне емкостью 20 л находится кислород при температуре 16°C под давлением 10^7 Па. Какой объем займет этот газ при нормальных условиях? Ответ выразите в кубических метрах с точностью до сотых.

Решение.

Нормальными условиями называется давление в 10^5 Па и температура 0°C . Кислород подчиняется уравнению Клапейрона — Менделеева, следовательно, поскольку количество газа не изменяется, выполняется соотношение $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$. А значит, объем газа будет равен

$$V_2 = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1} \cdot V_1 = \frac{10^7 \text{ Па} \cdot 273 \text{ К}}{10^5 \text{ Па} \cdot 289 \text{ К}} \cdot 0,02 \text{ м}^3 \approx 1,89 \text{ м}^3.$$

Ответ: 1,89.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1,89

↑ **Задание 9 № 9501 тип 9**

Давление постоянного количества идеального газа возрастает с ростом объема по линейному закону от значения 10^5 Па до значения $3 \cdot 10^5$ Па. Объем газа при этом увеличивается от $0,5 \text{ м}^3$ до $2,5 \text{ м}^3$. Какую работу совершает газ в этом процессе? Ответ выразите в кДж.

Решение.

Работа газа может быть вычислена как площадь фигуры под графиком (трапеции) на диаграмме $p - V$. Работа газа в данном процессе равна:

$$A = \frac{p_2 + p_1}{2} \cdot (V_2 - V_1) = 2 \cdot 10^5 \cdot 2 = 400 \text{ кДж.}$$

Ответ: 400 кДж.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 400

↑ Задание 10 № 6231 тип 10

Алюминиевому и железному цилиндрам одинаковой массы сообщили одинаковое количество теплоты. Определите примерное отношение изменения температур этих цилиндров $\frac{\Delta t_{\text{Al}}}{\Delta t_{\text{Fe}}}$. (Ответ округлите до десятых.) Удельная теплоёмкость железа равна 460 Дж/(кг·К), алюминия — 900 Дж/(кг·К).

Решение.

При нагревании тела на температуру Δt ему передаётся количество теплоты $Q = mc\Delta t$. Тела получили одинаковое количество теплоты, то есть $Q_{\text{Fe}} = Q_{\text{Al}}$. Имеем:

$$Q_{\text{Fe}} = Q_{\text{Al}} \Leftrightarrow m_{\text{Fe}}c_{\text{Fe}}\Delta t_{\text{Fe}} = m_{\text{Al}}c_{\text{Al}}\Delta t_{\text{Al}} \Leftrightarrow \frac{\Delta t_{\text{Al}}}{\Delta t_{\text{Fe}}} = \frac{c_{\text{Fe}}}{c_{\text{Al}}} = \frac{460}{900} \approx 0,5.$$

Ответ: 0,5.

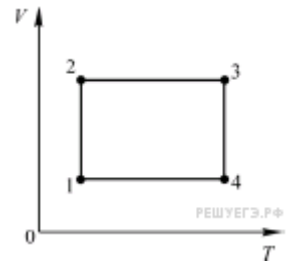
Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 0,5

↑ Задание 11 № 9086 тип 11

На VT -диаграмме изображён циклический процесс.

Выберите **два** верных утверждения.

- 1) На участке 1–2 внутренняя энергия газа увеличивается.
- 2) На участке 2–3 газ совершает положительную работу.
- 3) На участке 3–4 давление газа увеличивается.
- 4) На участке 2–3 газу сообщили некоторое количество теплоты.
- 5) Внутренняя энергия газа в состоянии 1 больше, чем внутренняя энергия газа в состоянии 3.



Решение.

На участке 1–2 происходит изотермическое расширение газа, а значит, внутренняя энергия газа не изменяется (утверждение 1 не верно).

На участке 2–3 газ изохорически нагревается, а значит, не совершает никакой работы (утверждение 2 неверно).

Раз газ нагревается, и при этом над ним не совершается работы, значит, к нему подводят тепло (утверждение 4 верно).

На участке 3–4 газ изотермически сжимается, а значит, его давление возрастет (утверждение 3 верно).

Так как на участке 2–3 происходит увеличение внутренней энергии газа, а на участке 1–2 не происходит изменения внутренней энергии, то внутренняя энергия в состоянии 3 больше, чем в состоянии 1 (утверждение 5 не верно).

Ответ: 34.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 34

↑ Задание 12 № 8994 тип 12

Идеальная тепловая машина работает с использованием цикла Карно. Температуру холодильника машины повышают, при этом температура нагревателя и количество теплоты, которое рабочее тело

получает от нагревателя за один цикл, остаются неизменными. Как изменяются в результате этого КПД тепловой машины и совершаемая машиной за один цикл работа?

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.

КПД тепловой машины	Работа, совершаемая машиной за один цикл

Решение.

Для КПД цикла Карно справедлива формула:

$$\eta = \frac{T_H - T_X}{T_H} = \frac{A}{Q}.$$

Отсюда видно, что при увеличении температуры холодильника, КПД тепловой машины уменьшится, а значит, уменьшится полезная работа, совершаемая за один цикл.

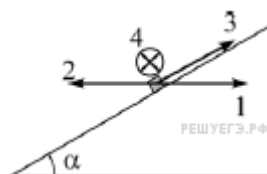
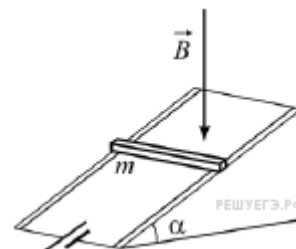
Ответ: 22.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 22

↑ Задание 13 № 7790 тип 13

На гладких параллельных проводящих рельсах, расположенных под углом α к горизонту, находится медная рейка массой m . Рельсы подключены к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). Система находится в вертикальном однородном магнитном поле \vec{B} , линии индукции которого направлены вниз.

Рейка начинает двигаться вниз под действием силы тяжести. Какой цифрой правильно обозначено направление силы Ампера, действующей на рейку сразу после начала её движения?



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

Примечание.

Крестиком обозначен четвёртый вариант направления силы, а не направление тока.

Решение.

Направление силы Ампера для проводника с током в магнитном поле можно определить по правилу левой руки. Нужно расположить ладонь так, чтобы четыре пальца указывали направление тока, а

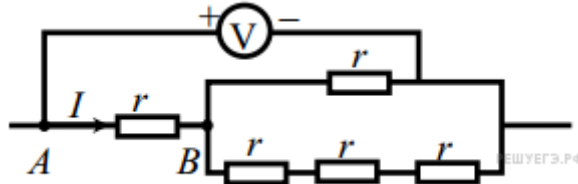
магнитные линии входили в ладонь. Тогда отставленный большой палец укажет направление силы Ампера.

Правильный ответ указан под номером 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

↑ **Задание 14 № 5610 тип 14**

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением $r = 1$ Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку AB идёт ток $I = 4$ А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр? (Ответ дайте в вольтах.)



Решение.

На параллельном участке имеем:

$$U_1 = U_2 = U_{12}, \\ I = I_1 + I_2.$$

Тогда:

$$I = \frac{U_{12}}{r} + \frac{U_{12}}{3r} \Leftrightarrow U_{12} = 3Ir/4.$$

Вольтметр покажет напряжение $U = U_{AB} + U_{12} = Ir + 3Ir/4 = 7$ В.

Ответ: 7.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 7

↑ **Задание 15 № 1634 тип 15**

Число витков в первичной обмотке трансформатора в 2 раза меньше числа витков в его вторичной обмотке. Какова амплитуда колебаний напряжения на концах вторичной обмотки трансформатора в режиме холостого хода при амплитуде колебаний напряжения на концах первичной обмотки 50 В? (Ответ дать в вольтах.)

Решение.

Напряжения на первичной и вторичной обмотках трансформатора в режиме холостого хода относятся как числа витков: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$. Поскольку, согласно условию $\frac{N_1}{N_2} = \frac{1}{2}$, получаем, что амплитуда колебаний напряжения на концах вторичной обмотки в два раз больше амплитуды колебаний напряжения на концах первичной обмотки и равна 100 В.

Ответ: 100.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 100

↑ **Задание 16 № 8112 тип 16**

Школьник проводил эксперименты, соединяя друг с другом различными способами батарейку и пронумерованные лампочки. Сопротивление батарейки и соединительных проводов было пренебрежимо мало. Измерительные приборы, которые использовал школьник, можно считать идеальными. Сопротивление всех лампочек не зависит от напряжения, к которому они подключены. Ход своих экспериментов и полученные результаты школьник заносил в лабораторный журнал. Вот что написано в этом журнале.

Опыт А). Подсоединил к батарейке лампочку № 1. Сила тока через батарейку 2 А, напряжение на лампочке 12 В.

Опыт Б). Подключил лампочку № 2 последовательно с лампочкой № 1. Сила тока через лампочку № 1 равна 1 А, напряжение на лампочке № 2 составляет 6 В.

Опыт В). Подсоединил последовательно с лампочками № 1 и № 2 лампочку № 3. Сила тока через батарейку равна 0,5 А, напряжение на лампочке № 1 составляет 3 В.

Исходя из записей в журнале, выберите два правильных утверждения и запишите в таблицу цифры, под которыми указаны эти утверждения.

- 1) ЭДС батарейки равна 9 В
- 2) лампочки № 1 и № 2 одинаковые
- 3) лампочки № 1 и № 3 разные
- 4) сопротивление лампочки № 3 в три раза больше сопротивления лампочки № 2
- 5) все три лампочки имеют разное сопротивление

Решение.

Сделаем выводы из каждого опыта.

Из опыта А ясно, что сопротивление лампочки № 1: $\frac{12 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 6 \text{ Ом}$. Поскольку сопротивлением проводов пренебрегаем, напряжение на лампочке равно ЭДС.

В опыте Б лампочки 1 и 2 подключены последовательно, значит, через лампочку 2 также идёт ток 1 ампер. Следовательно сопротивление лампочки 2 равно $\frac{6 \text{ В}}{1 \text{ А}} = 6 \text{ Ом}$.

Опыт В. Все элементы подключены последовательно, поэтому сила тока через все лампочки равна 0,5 ампер. Следовательно, напряжение на лампочке 2 равно $0,5 \text{ А} \cdot 6 \text{ Ом} = 3 \text{ В}$. Следовательно, напряжение на лампочке 3 равно $12 \text{ В} - 3 \text{ В} - 3 \text{ В} = 6 \text{ В}$. Значит, сопротивление лампочки 3 равно $\frac{6 \text{ В}}{0,5 \text{ А}} = 12 \text{ Ом}$.

Таким образом, верными являются утверждения 2 и 3.

Ответ: 23.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 23

↑ Задание 17 № 6013 тип 17

Монохроматический свет, распространявшийся в воде, выходит из неё в воздух. Как изменятся следующие физические величины при переходе света из воды в воздух: длина волны света, частота света, скорость распространения света?

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЕ
А) длина волны света	1) увеличится
Б) частота света	2) уменьшится
В) скорость распространения света	3) не изменится

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б	В

Решение.

А) При переходе из одной среды в другую частота света не изменяется. Частота связана с длиной волны формулой $\nu = \frac{c}{\lambda}$, Скорость света, в свою очередь, при переходе из более оптически плотной среды в менее оптически плотную увеличивается, значит, увеличивается и длина волны.

Б) При переходе из одной среды в другую частота света не изменяется.

В) Скорость света при переходе из более оптически плотной среды в менее оптически плотную увеличивается.

Ответ: 131.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 131

↑ **Задание 18 № 11060 тип 18**

Собственное время жизни частицы отличается в 2 раза по сравнению с временем жизни по неподвижным часам. Масса частицы равна $1 \cdot 10^{-10}$ кг.

Установите соответствие между физическими величинами их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЗНАЧЕНИЕ (В СИ)
А) Скорость частицы	1) 0,87с
Б) Полная энергия частицы	2) 0,67с
	3) $2 \cdot 10^{-10} c^2$
	4) $1 \cdot 10^{-10} c^2$

Запишите в ответ цифры, расположив их в порядке, соответствующем буквам:

А	Б

Решение.

Время жизни частицы в неподвижной системе отсчета и время жизни частицы в системе, которая движется со скоростью, близкой к скорости света связаны соотношением

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Другими словами, наблюдается эффект "замедления времени" в движущихся системах отсчета.

По условию $\frac{t}{t_0} = 2$.

Тогда скорость движения частицы можно выразить из вышенанписанного соотношения

$$1 - \frac{v^2}{c^2} = \frac{t_0^2}{t^2} \Leftrightarrow v = c \sqrt{1 - \frac{t_0^2}{t^2}} \approx 0.87c.$$

Полная энергия движущейся частицы может быть найдена по формуле

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 2 \cdot 10^{-10} c^2.$$

Ответ: 13.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 13

↑ **Задание 19 № 2319 тип 19**

Изотоп ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ превратился в изотоп ${}_{82}^{206}\text{Pb}$. При этом произошло X α -распадов и Y β -распадов. Чему равны X и Y ?

X	Y

Решение.

Каждый α -распад приводит к уменьшению зарядового числа ядра на 2 и уменьшению массового числа на 4. Каждый β -распад не изменяет массовое число ядра и увеличивает зарядовое число ядра на 1. Поскольку массовое число при превращении ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ в ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ изменилось на $226 - 206 = 20$, заключаем, что произошло $\frac{20}{4} = 5$ α -распадов. Изменение зарядового числа на $88 - 82 = 6$ означает, что помимо 5 α -распадов произошло также $5 \cdot 2 - 6 = 4$ β -распада.

Ответ: 54.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 54

↑ **Задание 20 № 2130 тип 20**

В образце, содержащем большое количество атомов висмута ${}_{83}^{212}\text{Bi}$, через 1 час останется половина начального количества атомов. Каков период полураспада ядер атомов висмута? (Ответ дать в часах.)

Решение.

Период полураспада — это время, в течение которого распадается половина наличного числа радиоактивных атомов. Поскольку в образце, содержащем большое количество атомов висмута ${}_{83}^{212}\text{Bi}$, через 1 час останется половина начального количества атомов, заключаем, что период полураспада ядер атомов висмута составляет 1 час.

Ответ: 1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 1

↑ **Задание 21 № 9096 тип 21**

Экспериментатор проводит первый опыт, наблюдая в течение времени t радиоактивный альфа-распад некоторого элемента массой 1 г, помещённого в запаянную пробирку. Затем он в течение того же времени проводит второй опыт, используя для него 1 г элемента с большим периодом полураспада, также в запаянной пробирке. Как при проведении второго опыта (по сравнению с первым) изменятся следующие физические величины: количество ядер, не распавшихся к моменту окончания опыта; масса вещества, оставшегося в пробирке?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится;
- 2) уменьшится;
- 3) не изменится.

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

Количество ядер, не распавшихся к моменту окончания опыта	Масса вещества, оставшегося в пробирке

Решение.

Период полураспада T — это время, в течение которого распадается половина начального числа радиоактивных атомов. Значит, чем больше период полураспада, тем медленнее распадаются атомы и тем меньше их успеет распастся к моменту времени t . Тогда для вещества с большим периодом полураспада количество ядер, не распавшихся к моменту окончания опыта увеличится.

При α – распаде ядра, происходит испускание ядра гелия ядрами распадающихся атомов, а так как трубка запаяна, то масса вещества, остающегося в пробирке не изменяется.

Ответ: 13.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 13

↑ **Задание 22 № 8059 тип 22**

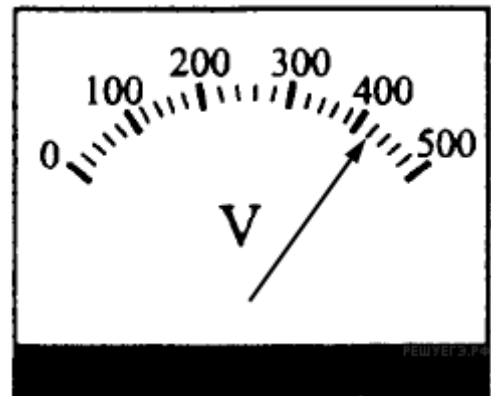
Запишите результат измерения электрического напряжения, учитывая, что погрешность равна половине цены деления. В ответе запишите значение и погрешность слитно без пробела.

Решение.

Найдём цену деления: $(300 - 200) \text{ В} / 5 = 20 \text{ В}$. Значит, погрешность прямого измерения составляет 10 В. Из рисунка ясно, что показание вольтметра составляет $(420 \pm 10) \text{ В}$.

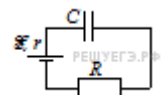
Ответ: 42010.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 42010



↑ **Задание 23 № 2409 тип 23**

Конденсатор подключен к источнику тока последовательно с резистором $R = 10 \text{ кОм}$ (см. рисунок). Результаты измерений напряжения между обкладками конденсатора представлены в таблице. Точность измерения напряжения $\Delta U = \pm 0,1 \text{ В}$. Оцените силу тока в цепи в момент $t = 3 \text{ с}$. Сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. (Ответ дайте в мкА с точностью до 10 мкА.)



$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$U, \text{ В}$	0	3,8	5,2	5,7	5,9	6,0	6,0	6,0

Решение.

Поскольку сопротивлением проводов и внутренним сопротивлением источника можно пренебречь, согласно закону Ома, в любой момент времени имеем $\varepsilon = U(t) + I(t)R$, где $I(t)$ — ток, текущий через резистор. Из таблицы видно, что в начальный момент времени конденсатор разряжен, после подключения к источнику он начинает заряжаться. Начиная с момента времени $t = 5$ с напряжение на конденсаторе перестает меняться, это означает, что зарядка закончилась. Когда зарядка конденсатора заканчивается, ток прекращается, следовательно, напряжение на конденсаторе оказывается равным ЭДС. Отсюда заключаем, что $\varepsilon = 6,0$ В. Применим теперь закон Ома к моменту времени $t = 3$ с:

$$I(3) = \frac{\varepsilon - U(3)}{R} = \frac{6,0 \text{ В} - 5,7 \text{ В}}{10 \text{ кОм}} = 30 \text{ мкА}.$$

Ответ: 30.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 30

↑ Задание 24 № 9516 тип 24

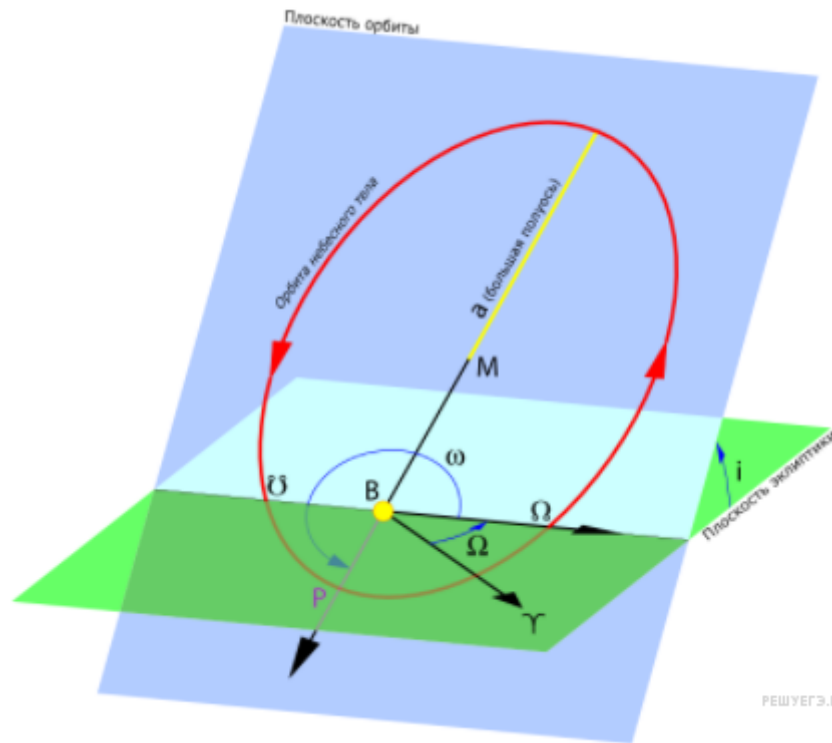
Вам даны элементы орбит некоторых астероидов.

№	Название	Большая полуось, а. е.	Эксцентриситет**	Наклонение орбиты, °
1	Дамокл	12	0,87	62
2	Харикло	16	0,17	23
3	Кибела	3,4	0,11	3,6
4	Касталия	1,1	0,48	8,9
5	Астрея	2,6	0,19	5,4
6	Гектор	5,2	0,022	18
7	1992 QB1	44	0,066	2,2

Выберите два утверждения, которые соответствуют приведённым астероидам.

- 1) Астероид Харикло движется между орбитами Сатурна и Урана.
- 2) Кибела, Касталия и Астрея — все астероиды главного пояса.
- 3) Дамокл выше всех поднимается над плоскостью эклиптики.
- 4) В перигелии своей орбиты Гектор более чем в два раза ближе к Солнцу, чем в афелии.
- 5) Период обращения 1992 QB1 вокруг Солнца более 300 лет.

Решение.



На рисунке изображены основные элементы орбиты космического тела. Планеты Солнечной системы движутся по эллипсам, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Большая полуось — это половина главной оси эллипса (обозначается как a).

Эксцентриситет (обозначается как e или ϵ) характеризует «сжатость» орбиты. Для эллипса он вычисляется по формуле:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}},$$

где b — малая полуось. С помощью эксцентриситета может быть вычислено расстояние от центра эллипса до фокуса, которое равно по величине $e \cdot a$.

Наклонение орбиты небесного тела (обозначено как i на рисунке) — это угол между плоскостью его орбиты и плоскостью орбиты Земли (плоскость эклиптики).

Далее воспользуемся справочными данными.

1) Большая полуось Харикло по величине лежит в пределах значений больших полуосей Сатурна и Урана (9,5 а. е. и 19,2 а. е. соответственно). 1 — верно.

2) Астероиды главного пояса расположены между орбитами Марса и Юпитера (значения больших полуосей 1,5 а. е. и 5,2 а. е.). По таблице видно, что Касталия не принадлежит к главному поясу. 2 — неверно.

3) Высота над эклиптикой может быть найдена по формуле

$$H = (a + e \cdot a) \sin(i).$$

Из таблицы следует, что Дамокл выше всех поднимается над плоскостью эклиптики. 3 — верно.

4) Перигелий — ближайшая к фокусу точка орбиты. Для Гектора его величина составляет

$$r_{\text{п}} = a - e \cdot a \approx 5,1 \text{ а. е.}$$

Антонимом перигелия является афелий (апогелий) — наиболее удалённая от Солнца точка орбиты. Для Гектора его величина составляет

$$r_{\text{аф}} = a + e \cdot a \approx 5,3 \text{ а. е.}$$

Таким образом, 4 — неверно.

5) По третьему закону Кеплера

$$\frac{T^2}{T_{\oplus}^2} = \frac{a^3}{a_{\oplus}^3},$$

где $T_{\oplus} = 1$ год, $a_{\oplus} = 1$ а. е. — период обращения и большая полуось Земли.

Отсюда период обращения 1992 QB1 составляет 292 года. 5 — неверно.

Ответ: 13.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 13

↑ Задание 25 № 738 тип 25

По горизонтальному столу из состояния покоя движется брусок массой 0,8 кг, соединенный с грузом массой 0,2 кг невесомой нерастяжимой нитью, перекинутой через гладкий невесомый блок (см. рисунок). Груз движется с ускорением $1,2 \text{ м/с}^2$. Чему равен коэффициент трения бруска о поверхность стола?



Решение.

Второй закон Ньютона для груза в проекции на вертикальную ось приобретает вид:

$$mg - T = ma,$$

где T есть сила натяжения нити. Для бруска имеем:

$$T - F_{\text{тр}} = Ma, \quad F_{\text{тр}} = \mu Mg.$$

Следовательно,

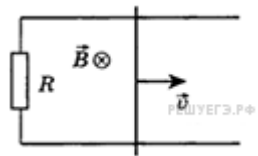
$$\mu = \frac{m}{M} - \frac{M+m}{M} \cdot \frac{a}{g} = \frac{0,2 \text{ кг}}{0,8 \text{ кг}} - \frac{0,8 \text{ кг} + 0,2 \text{ кг}}{0,8 \text{ кг}} \cdot \frac{1,2 \text{ м/с}^2}{10 \text{ м/с}^2} = 0,1.$$

Ответ: 0,1.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 0,1

↑ Задание 26 № 3432 тип 26

Прямоугольный контур, образованный двумя рельсами и двумя перемычками, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Правая перемычка скользит по рельсам, сохраняя надежный контакт с ними. Известны величины: индукция магнитного поля $B = 0,2 \text{ Тл}$, расстояние между рельсами $l = 10 \text{ см}$, скорость движения перемычки $v = 2 \text{ м/с}$. Каково сопротивление контура R , если сила индукционного тока в контуре $0,01 \text{ А}$? Ответ приведите в Ом.



Решение.

Согласно закону электромагнитной индукции, при изменении магнитного потока Φ через замкнутый контур в нем возникает ЭДС индукции равная по величине $|\varepsilon_i| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Поскольку сопротивлением рельс можно пренебречь, для тока в контуре имеем $I = \frac{\varepsilon_i}{R}$, где R — искомое сопротивление перемычки. Определим изменение магнитного потока за время Δt . Величина магнитного поля не изменяется, следовательно, магнитный поток через контур растет только за счет увеличения площади контура. Тогда за время Δt перемычка сдвинется на $v\Delta t$, а значит, поток увеличится на величину $\Delta\Phi = B\Delta S = Blv\Delta t$. Скомбинировав все равенства, для сопротивления перемычки имеем

$$R = \frac{Blv}{I} = \frac{0,2 \text{ Тл} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 2 \text{ м/с}}{0,01 \text{ А}} = 4 \text{ Ом}.$$

Ответ: 4.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 4

↑ **Задание 27 № 2036 тип 27**

График на рисунке представляет зависимость максимальной энергии фотоэлектронов от частоты падающих на катод фотонов. Определите по графику энергию фотона с частотой ν_1 . Ответ приведите в эВ.

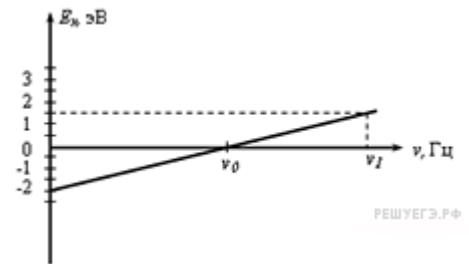
Решение.

Согласно уравнению фотоэффекта, энергия поглощенного фотона идет на работу выхода и на сообщение электрону кинетической энергии: $h\nu = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$. Таким образом, продолжая эту зависимость в область частот $\nu < \nu_0$, при которых не происходит фотоэффекта, получаем что при $\nu = 0$ $A_{\text{вых}} = -E_{\text{кин}} = 2$ эВ. Следовательно, при частоте ν_1 энергия падающих фотонов равна

$$A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}(\nu_1) = 2 \text{ эВ} + 1,5 \text{ эВ} = 3,5 \text{ эВ}.$$

Ответ: 3,5 эВ.

Ваш ответ: *нет ответа*. Правильный ответ: 3,5



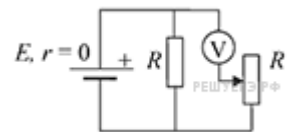
Проверка части с развернутым ответом

Пожалуйста, оцените решения заданий части с развернутым ответом самостоятельно, руководствуясь указанными критериями.

Задание 28 (С1) № 4963

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведён правильный ответ, и представлено полное верное объяснение с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются следующие недостатки. В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.) ИЛИ Объяснения представлены не в полном объёме, или в них содержится один логический недочёт	2
Представлено решение, соответствующее одному из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. 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 ответу, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

В схеме на рисунке сопротивление резистора и полное сопротивление реостата равны R , ЭДС батарейки равна E , её внутреннее сопротивление ничтожно ($r = 0$). Как ведут себя (увеличиваются, уменьшаются, остаются постоянными) показания идеального вольтметра при перемещении движка реостата из крайнего верхнего в крайнее нижнее положение? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Решение.

Вольтметр подключают параллельно к тому участку, на котором нужно измерить напряжение. При этом, естественно, часть тока в цепи начинает течь через сам вольтметр. Тем самым вольтметр вносит возмущение в цепь и показывает напряжение, которое отличается от реального (когда вольтметра нет). Идеальным вольтметром называют прибор, который данной проблемой не страдает. То есть он имеет бесконечное собственное сопротивление. Действительно, рассмотрим положение ползунка реостата, когда он полностью выключен. При параллельном соединении напряжения совпадают:

$$I_R R = U_V = I_V R_V \Leftrightarrow I_V = \frac{I_R R}{R_V} = 0$$

При перемещении ползунка реостата к бесконечному сопротивлению вольтметра прибавляется конечное сопротивление реостата, при этом вольтметр не перестает быть идеальным, ток через него, а

значит, и через реостат не течет. Полное сопротивление цепи не изменяется, а значит, полный ток в цепи также остается неизменным ($R_H = \frac{R(R_V + R_P)}{R + R_V + R_P} = R$, по закону Ома для полной цепи $I = \frac{E}{R_H}$.) Следовательно, на сопротивлении падает одинаковое напряжение при любом положении ползунка ($U = IR$), то есть показания вольтметра не изменяются.

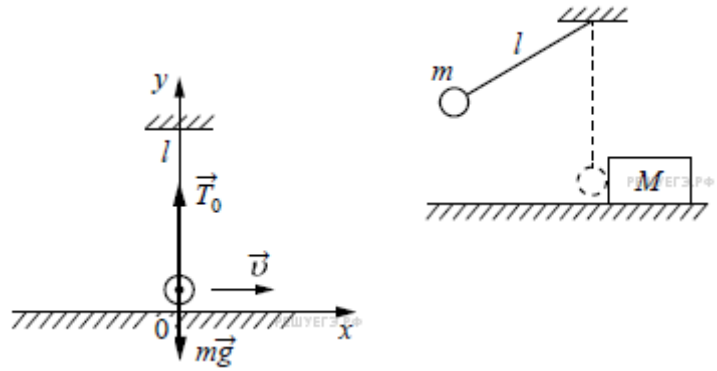
Задание 29 (С2) № 8023

Критерии оценивания 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: второй закон Ньютона, формула центростремительного ускорения, закон сохранения импульса системы);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования 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 все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной 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
<p>Максимальный балл</p>	3

Маленький шарик массой $m = 0,3$ кг подвешен на лёгкой нерастяжимой нити длиной $l = 0,9$ м, которая разрывается при силе натяжения $T_0 = 6$ Н. Шарик отведён от положения равновесия (оно показано на рисунке пунктиром) и отпущен. Когда шарик проходит положение равновесия, нить обрывается, и шарик тут же абсолютно неупруго сталкивается с бруском массой $M = 1,5$ кг, лежащим неподвижно на гладкой горизонтальной поверхности стола. Какова скорость u бруска после удара? Считать, что брусок после удара движется поступательно.

Решение.

1. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом l со скоростью v . В этот момент действующие на шарик сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T}_0 направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy инерциальной системы отсчёта Oxy , связанной с Землёй:



$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$

2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью v , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы шарик — брусок. В проекциях на ось Ox получаем:

$$mv = (M + m)u.$$

где u — проекция скорости бруска с шариком после удара на эту ось. Отсюда:

$$u = \frac{m}{M + m}v = \frac{m}{M + m}\sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l} = \frac{0,3}{1,5 + 0,3}\sqrt{\left(\frac{6}{0,3} - 10\right) \cdot 0,9} = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ м/с}.$$

Ответ: $u = 0,5$ м/с.

Задание 30 (С3) № 3683

Критерии оценивания ответа на задание С4	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;</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В решении лишние записи, не входящие в решение</p>	2

(возможно, неверные), не отделены от решения (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.). ИЛИ В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца. ИЛИ Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. 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.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0
Максимальное количество баллов	3

В высоком вертикальном цилиндрическом сосуде под тяжелым поршнем, способным перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения, находится некоторое количество воздуха под давлением $p = 1,5$ атм. Поршень находится в равновесии на высоте $H_1 = 20$ см над дном сосуда. Определите, на какое расстояние ΔH сместится поршень, если сосуд перевернуть открытым концом вниз и дождаться установления равновесия. Считать температуру воздуха и атмосферное давление $p_0 = 1$ атм постоянными. Массой воздуха в сосуде по сравнению с массой поршня можно пренебречь.

Решение.

Обозначим массу и площадь поршня через M и S , соответственно. В исходном состоянии на поршень действуют направленные вниз сила тяжести Mg и сила атмосферного давления p_0S , а вверх — сила давления воздуха под поршнем p_1S . При этом поршень находится в равновесии, то есть в соответствии со вторым законом Ньютона $p_1S = p_0S + Mg$. После переворачивания сосуда и установления равновесия давление воздуха в сосуде становится равным p_2 , а расстояние от дна сосуда до поршня — H_2 . На поршень при этом действуют направленные вниз сила тяжести Mg и сила давления воздуха над поршнем p_2S , а вверх — сила атмосферного давления p_0S . Таким образом, $p_0S = p_2S + Mg$. Кроме того, при изотермическом процессе, согласно закону Бойля — Мариотта, должно выполняться соотношение $p_1H_1S = p_2H_2S$.

Из первых двух уравнений находим, что $p_2 = 2p_0 - p_1$, и, подставляя это выражение в третье уравнение, получаем

$$H_2 = \frac{p_1}{2p_0 - p_1} H_1.$$

Таким образом, поршень сместится на расстояние

$$\Delta H = H_2 - H_1 = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем: $\Delta H = 2H_1 = 40$ см.

Ответ: поршень сместится на расстояние $\Delta H = \frac{2(p_1 - p_0)}{2p_0 - p_1} H_1 = 2H_1 = 40$ см.

Задание 31 (С4) № 3659

Критерии оценивания ответа на задание С4	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;</p> <p>II) описаны все вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, и обозначений, используемых в условии задачи);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования (допускается вербальное указание на их проведение) и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины.</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются следующие недостатки.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>ИЛИ</p> <p>В 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>ИЛИ</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) преобразования/вычисления не доведены до конца.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка.</p>	2
<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>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</p>	0

вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	
Максимальное количество баллов	3

Два точечных заряда q_1 и q_2 , находящиеся на расстоянии $r = 1$ м друг от друга, притягиваются с силой $F = 1$ Н. Сумма зарядов равна $Q = 2$ мкКл. Чему равны модули этих зарядов? Ответ округлите до десятых долей мкКл.

Решение.

Поскольку заряды притягиваются, знаки q_1 и q_2 различны. Будем считать, что $q_1 > 0$, а $q_2 < 0$. Из условия следует, что $q_1 - |q_2| = Q$.

Согласно закону Кулона $F = k \frac{q_1 |q_2|}{r^2}$, где $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \cdot 10^9$ (Н·м²)/Кл².

Из написанных уравнений получаем:

$$q_1 = Q + |q_2|, \quad \frac{Fr^2}{k} = |q_2| \cdot (Q + |q_2|).$$

Таким образом, $|q_2|^2 + Q|q_2| - \frac{Fr^2}{k} = 0$.

Отсюда

$$|q_2| = -\frac{Q}{2} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4} + \frac{Fr^2}{k}},$$

причем перед корнем следует выбрать знак «+», так как $|q_2| > 0$. Окончательно имеем:

$$|q_2| = -\frac{Q}{2} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2}, \quad q_1 = Q + |q_2| = \frac{Q}{2} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2}.$$

Подставляя числовые данные и проверяя размерность, получаем: $|q_1| \approx 11,6$ мкКл, $|q_2| \approx 9,6$ мкКл.

Ответ: $q_1 = Q + |q_2| = \frac{Q}{2} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2} \approx 11,6$ мкКл, $|q_2| = -\frac{Q}{2} \pm \sqrt{\frac{Q^2}{4} + 4\pi\epsilon_0 Fr^2} \approx 9,6$ мкКл.

Задание 32 (С5) № 9013

Критерии оценивания 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: формулы для связи энергии и импульса, частоты и длины волны фотона, закон отражения света, а также второй закон Ньютона в импульсной формулировке);</p> <p>II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе; III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p>	2

И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.). И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной 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 данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи. ИЛИ Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

Параллельный пучок света с длиной волны $\lambda = 500$ нм и концентрацией фотонов $n = 10^{13} \text{ м}^{-3}$ нормально падает на идеальное зеркало, равномерно освещая всю его поверхность, площадь которой равна $S = 0,25 \text{ м}^2$. Чему равен модуль силы F давления этого светового пучка на зеркало?

Решение.

1. Каждый фотон в пучке света имеет энергию $h\nu$ и импульс $h\nu/c$. Поскольку $\nu = c/\lambda$, импульс фотона равен h/λ .

2. При нормальном падении света на идеальное зеркало знак импульса меняется на противоположный, так что каждый фотон передаёт зеркалу импульс $2h/\lambda$.

3. По второму закону Ньютона сила равна скорости изменения импульса тела: $F = \Delta p/\Delta t$.

4. За единицу времени ($\Delta t = 1 \text{ с}$) от зеркала отразятся все фотоны, находящиеся в цилиндре с высотой, равной скорости света $c\Delta t$ и площадью основания S , и движущиеся в направлении зеркала, так что $\Delta p = n \cdot cS\Delta t \cdot 2h/\lambda$, и

$$F = \frac{2nhcS}{\lambda} \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ Н.}$$

Ответ: $F = \frac{2nhcS}{\lambda} \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ Н.}$