Школьный этап по физике

Физика. 10 класс. Ограничение по времени: 90 мин.

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Я соглашаюсь с условиями

Задание

#1247038

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3,14

При округлении чисел в промежуточных вычислениях сохраняйте не менее четырёх значащих цифр.

Гамамелис — листопадный кустарник или небольшое дерево, цветущее с ноября по март. Плоды гамамелиса (коробочки) после созревания раскрываются с громким щелчком и выбрасывают во все стороны блестящие семена. В самой простой модели коробочку с семенами можно рассматривать как небольшую катапульту. На выброс одного семени растение затрачивает 1 мДж энергии с учётом потерь на трение. Масса семени 0.04 г, длина участка разгона 3 мм. Можно считать, что все семена вылетают с одной и той же начальной скоростью $v_0 = 6.0$ м/с. Сопротивлением воздуха, влиянием ветра пренебрегите, ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с^2.



Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

1. При вылете семени горизонтально из коробочки, расположенной на некоторой высоте над землёй, время полёта семени составило 0.6 с, а дальность — 3.6 м. На какой высоте расположена коробочка? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Правильный ответ:

180

2 балла

2. Семя вылетело из той же коробочки вверх под углом $35°$ к горизонту. Определите модуль скорости семени перед ударом о землю. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Правильный ответ:

8.5

2 балла

3. Определите КПД механизма выброса семени. Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Правильный ответ:

72

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

4. Семя вылетело из той же коробочки вверх под углом 35° к горизонту. На каком расстоянии по горизонтали от точки вылета семя достигнет верхней точки траектории? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Правильный ответ:

169

2 балла

5. Определите время полёта семени, вылетевшего из той же коробочки вверх под углом 35° к горизонту. Ответ выразите в секундах, округлите до сотых.

Правильный ответ:

1.04

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Решение задачи:

1. При горизонтальном вылете время полёта определяется только высотой. Следовательно, коробочка расположена на высоте $h = \frac{gt^2}{2} = \frac{10 \cdot 0.6^2}{2} = 1.8$ м $= 180$ см.

2. Сопротивлением воздуха пренебрегаем, поэтому можно воспользоваться законом сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} + mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

Сократим массу, получим:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{6^2 + 2 \cdot 10 \cdot 1{,}8} = \sqrt{72} \approx 8{,}5 \text{ м/с}.$$

Угол вылета на ответ не влияет: при отсутствии сопротивления воздуха конечная скорость зависит только от начальной скорости и разности высот.

3. Коэффициент полезного действия найдём так:

$$\eta = \frac{E_к}{E} \cdot 100\%,$$

где $E = 1$ мДж, а $E_к = \frac{mv_0^2}{2} = \frac{0.04 \cdot 10^{-3} \cdot 6^2}{2} = 0.00072$ Дж $= 0.72$ мДж.

Тогда $\eta = 72\%$.

4. Начальная вертикальная составляющая скорости:

$$v_{0y} = v_0 sin\alpha.$$

В верхней точке траектории вертикальная составляющая скорости становится равной нулю. Время подъёма

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Горизонтальная составляющая скорости остаётся постоянной:

$$v_{0x} = v_0 cos\alpha.$$

Следовательно, горизонтальное расстояние до верхней точки траектории:

$$x = v_{0x} t_{\text{под}} = v_0 cos\alpha \cdot v_0 sin\alpha / g.$$

Подставим $v_0 = 6.0$ м/с, $\alpha = 35^\circ$, $g = 10$ м/с^2:

$x = 6^2 \cdot sin(35^\circ) \cdot cos(35^\circ)/10 \approx 1.691$ м ≈ 169 см.

5. Вертикальная координата семени определяется по формуле:

$$y = h + v_{0y} t - \frac{gt^2}{2}.$$

В момент падения $y = 0$:

$$0 = 1.8 + 3.441t - 5t^2 \quad \text{или} \quad 5t^2 - 3.441t - 1.8 = 0.$$

Нас интересует только положительный корень данного уравнения:

$$t = \frac{3{,}441 + \sqrt{3{,}441^2 + 4 \cdot 5 \cdot 1{,}8}}{10} \approx 1.036 \text{ с} \approx 1.04 \text{ с}.$$

Ответ:

1. 180

2. 8.5

3. 72

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

4. 169

5. 1.04

За решение задачи **10 баллов**

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

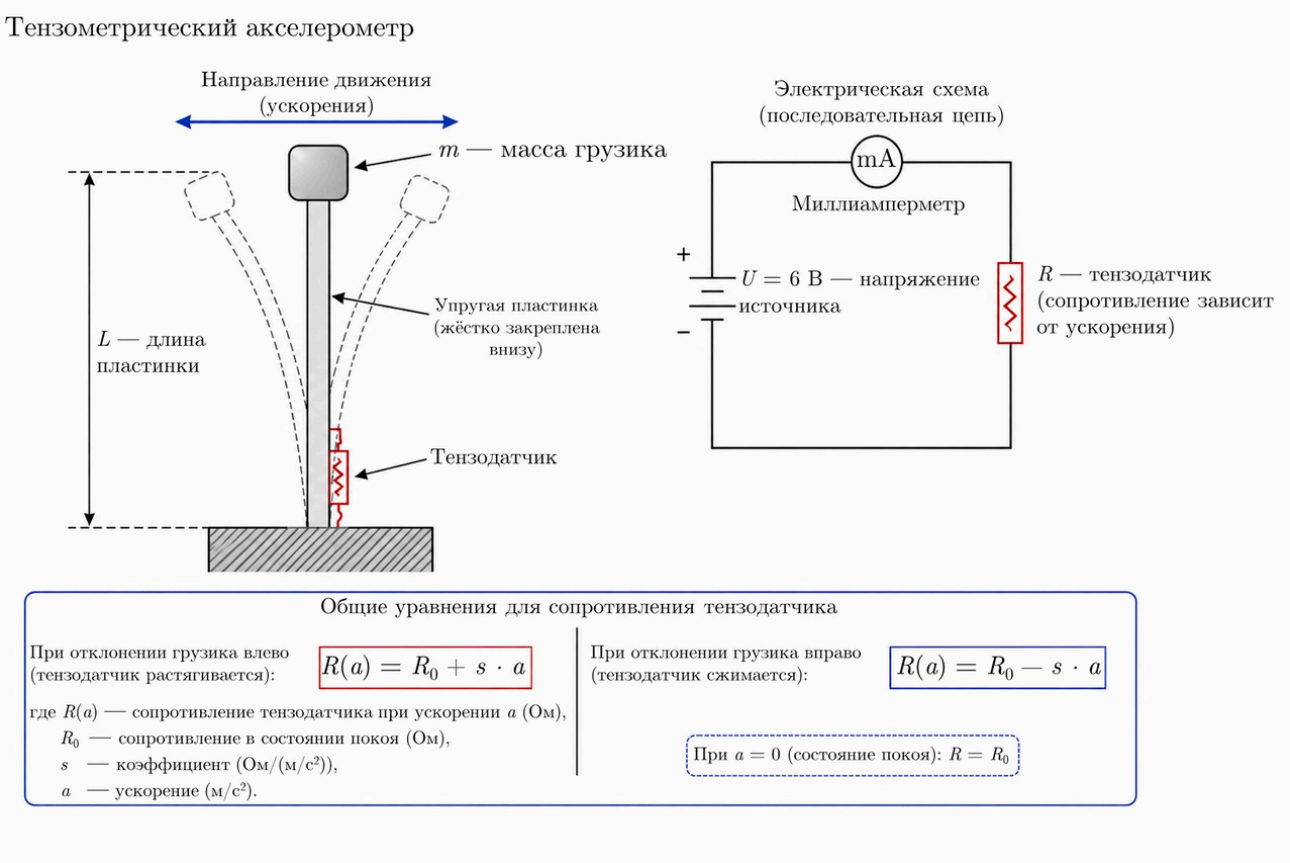
Задание

#1247058

Десятиклассник Тимур сконструировал простой акселерометр — прибор для измерения ускорения. Упругая пластинка жёстко закреплена вертикально в основании прибора, остальные параметры устройства указаны на схеме. В конструкции Тимур использовал тензодатчик — тонкую проволочку, сопротивление которой меняется при изгибе пластинки. В состоянии покоя пластинка вертикальна, сопротивление тензодатчика $R_0 = 150$ Ом.

Когда прибор движется с ускорением a грузик по инерции отклоняется, пластинка изгибается, тензодатчик растягивается или сжимается. Принцип работы и зависимость сопротивления от ускорения показаны на схеме. При этом $s = 0.8$ Ом/(м/с^2).

Тензодатчик включён в цепь, как показано на рисунке. Ток, измеряемый миллиамперметром, пересчитывается, и на шкале отображается ускорение в м/с^2.



Внутренним сопротивлением источника и амперметра пренебрегите. Пластинка подчиняется закону Гука во всём рабочем диапазоне.

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

При округлении чисел в промежуточных вычислениях сохраняйте не менее четырёх значащих цифр.

1. Чему равна сила тока в цепи в состоянии покоя? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до целых. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно.

Правильный ответ:

40

2 балла

2. Прибор установлен в автомобиле. При разгоне автомобиля сила тока в цепи упала до 38 мА. Чему равен модуль ускорения автомобиля в этом случае? Ответ выразите в м/с^2, округлите до десятых.

Правильный ответ:

9.9

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

3. Через амперметр проходит ток 41.5 мА. Как двигается автомобиль? В данном задании несколько верных утверждений. Выберите все, которые Вы считаете верными, но обратите внимание, что если выбрано неверное утверждение и/или не выбрано верное, балл снижается.

- [ ] разгоняется вправо
- [x] разгоняется влево
- [x] тормозит, двигаясь вправо
- [ ] тормозит, двигаясь влево
- [ ] двигается равномерно вправо
- [ ] двигается равномерно влево

Формула вычисления баллов: 0-2 1-1 2-0

2 балла

4. Тимур построил калибровочный график зависимости силы тока от ускорения по двум точкам: по начальной точке $a = 0$ и по точке $a = 4$ м/с^2 (ускорение направлено влево), считая эту зависимость линейной. Какой ток Тимур ожидает при ускорении $a = 8$ м/с^2, направленном влево? Ответ выразите в миллиамперах, округлите до десятых.

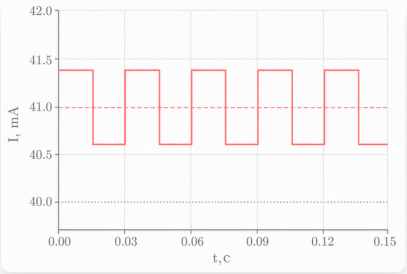
Правильный ответ:

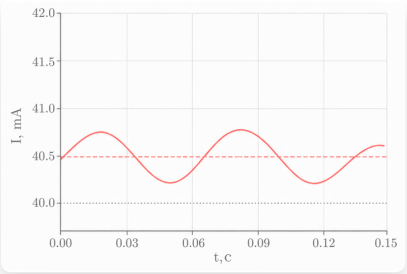
41.7

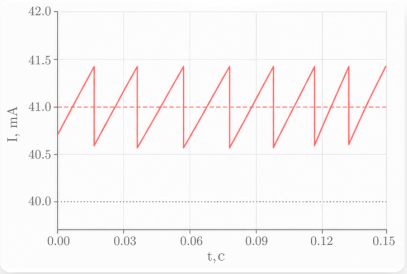
2 балла

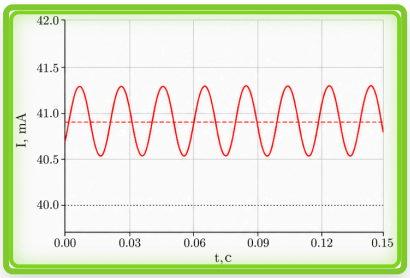
Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

5. Тимур обнаружил, что при резком разгоне автомобиля с ускорением 4 м/с^2 акселерометр регистрирует не только горизонтальное ускорение, но и вибрацию двигателя с частотой около 50 Гц. Амплитуда вибрационного ускорения составляет примерно 2 м/с^2. Какой из графиков может описывать зависимость тока от времени при разгоне с вибрацией?









2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Решение задачи:

1. При $a = 0$ сопротивление тензодатчика $R_0 = 150$ Ом. По закону Ома:

$I = U/R_0 = 6/150 = 0.04$ А $= 40.0$ мА.

2. Определим сначала сопротивление тензодатчика:
$R = U/I = 6/0.038 \approx 157.89$ Ом.

Из закона $R = 150 + 0.8a$, тогда $a = 7.89/0{,}8 \approx 9.9$ м/с^2.

3. Ещё раз: пластинка закреплена вертикально, нижний конец пластинки – в основании прибора, грузик – на верхнем (свободном) конце пластинки. Тензодатчик наклеен на пластинку справа, вблизи места закрепления пластинки.

Ток вырос по сравнению с током покоя, значит, сопротивление тензодатчика уменьшилось.

Сопротивление уменьшается (тензодатчик сжимается), когда грузик отклоняется вправо.

Рассмотрим представленные варианты.

Разгоняется вправо – грузик по инерции отклоняется влево относительно прибора, пластинка изгибается влево, правая сторона пластинки (и тензодатчик) растягивается, сопротивление растёт.

Разгоняется влево – грузик отклоняется вправо, пластинка изгибается вправо, тензодатчик сжимается, сопротивление уменьшается.

Тормозит, двигаясь вправо – ускорение при этом направлено влево, грузик отклоняется вправо, пластинка изгибается вправо, правая сторона пластинки сжимается, сопротивление тензодатчика

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Тормозит, двигаясь влево – ускорение направлено вправо, грузик отклоняется влево, пластинка изгибается влево, тензодатчик справа растягивается, сопротивление тензодатчика увеличивается.

Когда автомобиль двигается равномерно, пластинка не отклоняется, сопротивление не меняется.

Так как в нашей ситуации сопротивление тензодатчика уменьшилось, верными будут утверждения «разгоняется влево» и «тормозит, двигаясь вправо».

4. При $a = 0$ ток $I_0 = 40{,}0$ мА, при $a = 4$ м/с^2 (ускорение направлено влево, грузик отклоняется вправо) сопротивление $R = 150 – 0.8 \cdot 4 = 146.8$ Ом. Тогда ток $I = U/R = 6/146.8 \approx 0.04087$ А.

Уравнение калибровочной прямой: $I = I_0 + ka$.

Если построить по этим точкам прямую, то её коэффициент наклона $k = (40.87 – 40)/4 \approx 0.218$ мА/(м/с^2). Ожидаемый ток при 8 м/с^2: $I = 40 + 0.218 \cdot 8 = 41.7$ мА.

5. Сигнал, поступающий на миллиамперметр, будет представлять собой сумму постоянной составляющей (связанной с 4 м/с^2) и переменной составляющей, возникающей из-за вибрации.

Модуль изменения сопротивления из-за постоянной составляющей ускорения:

$$|\Delta R| = 0{,}8 \cdot 4 = 3.20\text{м}.$$

Поэтому сопротивление может увеличиться и стать равным $R_1 = 153.2$ Ом, и тогда «средняя» сила тока уменьшится и станет равна $I_1 = U/R_1 = 6/153.2 \approx 0.0392$ А $= 39.2$ мА.

Также сопротивление может уменьшится и стать равным $R_2 = 146.8$ Ом, и тогда «средняя» сила тока увеличится и станет

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Вибрация добавляет изменение ускорения по синусоиде с амплитудой 2 м/с^2, что приводит к подобным же колебаниям тока с некоторой небольшой амплитудой.

Итак, нам подойдёт график, согласно которому сила тока плавно меняется около среднего значения (39.2 мА или 40.9 мА) по закону, близкому к синусоидальному, с указанной в условии частотой. Из всех предложенных вариантов самый подходящий – первый.

Ответ:

1. 40

2. 9.9

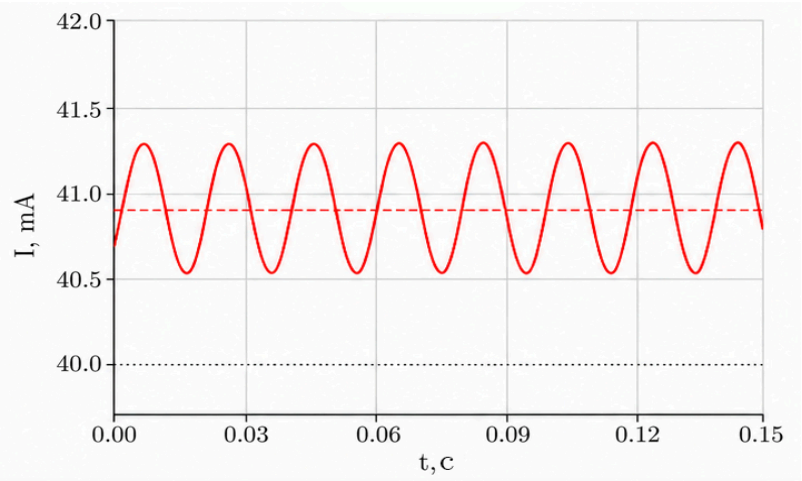
3.

разгоняется влево

тормозит, двигаясь вправо

4. 41.7

5.



Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

За решение задачи **10 баллов**

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Задание

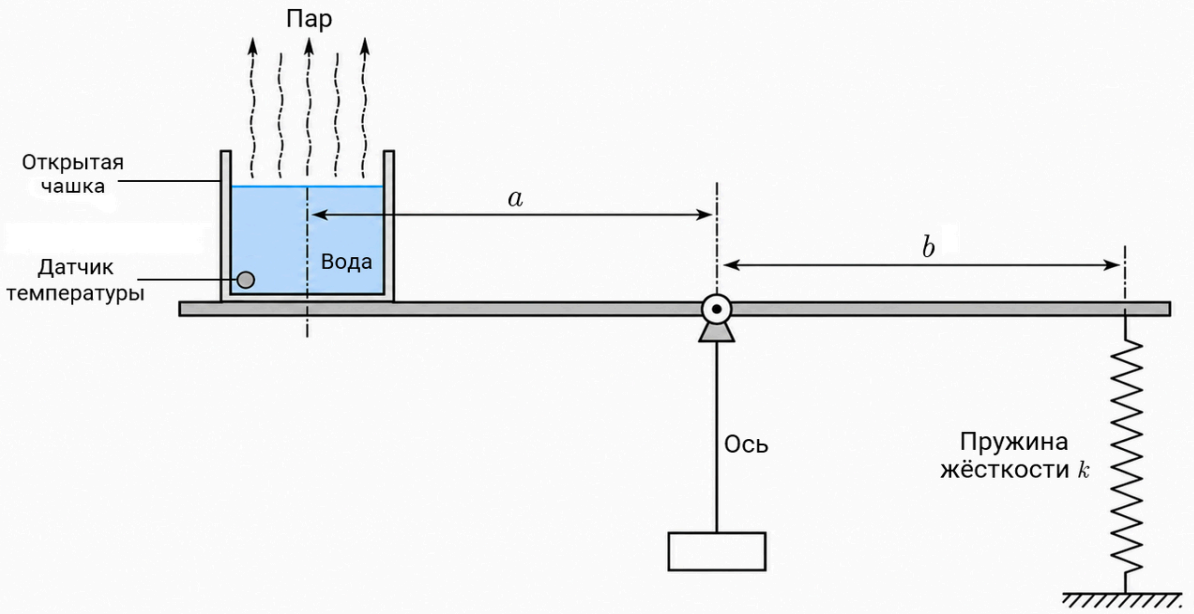
#1247070

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3,1

Чтобы увеличить изображение, нажмите на него.

При округлении чисел в промежуточных вычислениях сохраняйте не менее четырёх значащих цифр.

Внутри теплоизолированной камеры находится лёгкий горизонтальный рычаг. На левом плече рычага закреплена открытая чашка с водой, на правом плече верхний конец вертикальной пружины. Нижний конец пружины неподвижен. Пустая чашка предварительно уравновешена, поэтому после полного испарения воды пружина оказывается недеформированной.
Рисунок схематичный, масштаб может быть не соблюдён.



Камеру заполняют горячим воздухом постоянной температуры. Вода нагревается, затем кипит и постепенно испаряется. Считайте, что давление в камере нормальное атмосферное. Температура и давление

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

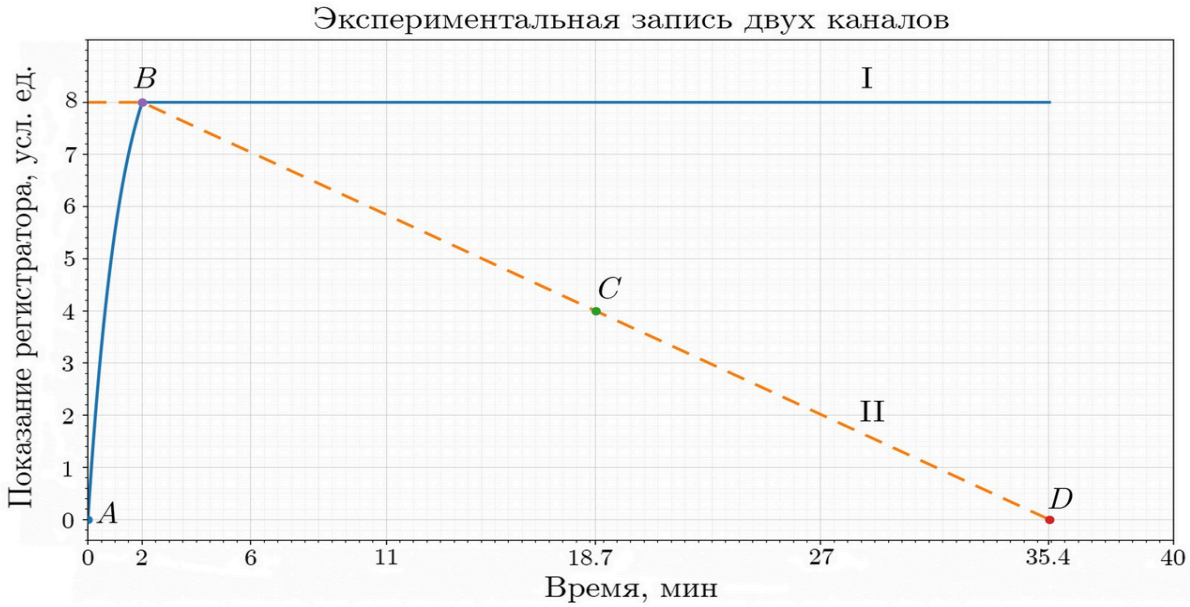
из камеры. Рычаг всё время остаётся в равновесии. Пружина сохраняет вертикальное направление при небольших поворотах рычага. При его наклоне вода из чашки не выливается. Теплоёмкостью чашки, рычага и датчиков, потерями теплоты через стенки и охлаждением паром пренебрегите.

Мощность теплопередачи от воздуха к воде подчиняется закону Ньютона-Рихмана:

$$P = \beta \cdot (T_{\text{возд}} - T),$$

где β — постоянный коэффициент теплопередачи.

Двухканальный регистратор одновременно записывал значение температуры воды и деформации пружины. После завершения опыта подписи каналов оказались утрачены: на графике остались только «кривая I» и «кривая II». Обе кривые построены в условных единицах q. Для одного канала показание q связано с температурой формулой $T = 20 + 10q$ $(^\circ C)$, а для другого — с деформацией пружины формулой $x = q \cdot s_x$ (см), где $s_x = 1.0$ см/ед.



Известны следующие величины:

- температура горячего воздуха $T_{\text{возд}} = 120\ ^\circ C$,
- удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг· $^\circ C$),
- удельная теплота парообразования воды $L = 2.26$ МДж/кг,

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

- параметры на схеме $a = 20$ см, $b = 10$ см,
- ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2.

1. Через сколько минут после начала опыта вода закипела? Ответ округлите до целых.

Правильный ответ:

2

1 балл

2. Определите первоначальную массу воды. Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

Правильный ответ:

120

1 балл

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

3. Определите мощность, расходуемую на парообразование на участке BD. Ответ выразите в ваттах, округлите до целых.

Правильный ответ:

135

2 балла

4. Определите коэффициент теплопередачи β. Ответ выразите в Вт/°C, округлите до десятых.

Правильный ответ:

6.8

2 балла

5. В некоторый момент на участке AB мгновенная мощность теплопередачи становится равной средней мощности за весь участок AB. Чему равна температура воды в этот момент? Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до десятых.

Правильный ответ:

70.3

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

6. Какая часть воды испарится к тому моменту, когда потенциальная энергия пружины станет в 9 раз меньше первоначальной? Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

Правильный ответ:

67

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Решение задачи:

1. До закипания масса воды не изменяется, поэтому нагрузка на рычаг и удлинение пружины должны быть постоянными. На графике кривая II сначала горизонтальна. После начала кипения масса воды уменьшается, поэтому удлинение пружины также уменьшается — именно так ведёт себя кривая II. Следовательно, кривая II показывает удлинение пружины, а кривая I — температуру.

Кривая I достигает значения $q = 8$ в точке B. По температурной калибровке $T = 20 + 10q = 20 + 10 \cdot 8 = 100^\circ\text{C}$, то есть вода закипела. По оси времени $t_\text{B} = 2.0$ мин.

2. До точки B показание механического канала равно $q = 8$. По калибровке $x = q \cdot s_x$ см получаем $x_0 = 8$ см $= 0.08$ м.

В произвольном наклонном положении рычага моменты вертикальных сил относительно оси равны:

$M_{mg} = mga \cdot cos\theta$ и $M_\text{упр} = F_\text{упр} b \cdot cos\theta$. Тогда условие равновесия $mga \cdot cos\theta = F_\text{упр} b \cdot cos\theta$, косинус сокращается, получаем $mga = kx_0 b$. Отсюда $m = kx_0 b/(ga)$. Подставим: $m = 30 \cdot 0.08 \cdot 0.10/(10 \cdot 0.20) = 0.120$ кг $= 120$ г.

3. На участке BD испарилось 120 г воды (то есть вся вода). Продолжительность: $\Delta t = 35.4 - 2.0 = 33.4$ мин.

Во время кипения вся получаемая теплота расходуется на парообразование, поэтому

$P = L \cdot m/\Delta t = 2{,}26 \cdot 10^6 \cdot 0{,}12/(33.4 \cdot 60) \approx 135.33$ Вт ≈ 135 Вт.

4. На участке кипения $T = 100^\circ\text{C}$, поэтому разность температур постоянна: $T_\text{возд} - T = 120 - 100 = 20^\circ\text{C}$. Из закона Ньютона–Рихмана $\beta = P/(T_\text{возд} - T) = 135.33/20 \approx 6.766 \approx 6.8$ Вт/°C.

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

5. Сначала найдём среднюю мощность на участке AB.

Нагревание продолжалось 2 мин $= 120$ с, поэтому $P_{\text{ср}} = Q_{AB}/\Delta t = mc\Delta T/\Delta t = 0.120 \cdot 4200 \cdot 80/120 = 336$ Вт.

Мгновенная мощность $P = \beta(T_{\text{возд}} - T)$.

Тогда $336 = 6.766 \cdot (120–T)$, откуда $T \approx 70.3°\text{C}$.

6. Энергия пружины $E = kx^2/2$.

По условию $E = E_0/9$, отсюда $x = x_0/3$.

Из правила моментов следует, что масса воды в сосуде пропорциональна удлинению пружины, поэтому $m = m_0/3$. Значит, испарится $1–m/m_0 = 1–1/3 = 2/3 \approx 0.67$, т. е. 67%.

Ответ:

1. 2

2. 120

3. 135

4. 6.8

5. 70.3

6. 67

За решение задачи 10 баллов

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера