

Задача 1

Подходящий к станции поезд движется со скоростью $V = 36$ км/ч. Один из пассажиров поставил чемодан на пол длинного коридора вагона. Но тут поезд начал тормозить, двигаясь до полной остановки равнозамедленно с ускорением, равным по модулю $a = 2$ м/с². Чемодан при этом стал скользить по полу и прошёл до своей полной остановки путь $S = 12$ м относительно вагона. Определите коэффициент трения между чемоданом и полом, а также модуль максимальной скорости, которую имел чемодан относительно вагона.

Ответ: коэффициент трения между чемоданом и полом $\mu = \frac{aV^2}{g(2aS + V^2)} = \frac{5}{37} \approx 0,135$, модуль

максимальной скорости чемодана $u_{\max} = \frac{2aS + V^2}{2aS + V^2} \approx 3,24$ м/с.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 6 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения!

Критерии

Найден модуль ускорения чемодана – 1 балл

Путь, пройденный чемоданом относительно вагона, выражен через V , a и искомый коэффициент трения μ – 1 балл

Получена формула для коэффициента трения μ и найден численный ответ – 1 балл; если численный ответ найден неправильно – 0,5 балла

Записана формула для связи модуля скорости чемодана относительно вагона со временем t – 1 балл

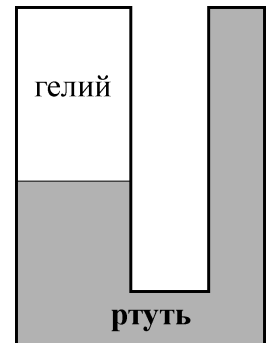
Указано, что модуль скорости чемодана относительно поезда будет максимален в момент остановки поезда, и найдено это время – 1 балл

Получена формула для модуля максимальной скорости чемодана и найден численный ответ – 1 балл; если численный ответ найден неправильно – 0,5 балла

Всего: 6 баллов.

Задача 2

На рисунке изображены два вертикальных сообщающихся цилиндрических сосуда. Верх левого сосуда герметично запаян, и этот сосуд частично заполнен гелием. Правый сосуд до краев наполнен ртутью так, что часть ртути находится в левом сосуде, и гелий заперт ею. Система помещена в вакуум. Гелию начинают медленно сообщать теплоту и продолжают нагревание до тех пор, пока ртуть остается в левом сосуде. Определите удельную теплоемкость гелия в этом процессе.



Ответ: удельная теплоемкость гелия в данном процессе равна $c = \frac{2R}{\mu} = 4155$

Дж/(кг·°С).

Всякое полностью правильное решение оценивается в 6 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения!

Критерии

Доказано, что давление гелия в рассматриваемом процессе пропорционально его объему – 1 балл

Записан первый закон термодинамики при увеличении температуры гелия на ΔT градусов: в общем виде – 0,5 балла, через p , ΔV и ΔT (с учетом конкретного выражения для внутренней энергии) – 1 балл

Записано уравнение Клапейрона-Менделеева – 0,5 балла

С помощью уравнения Клапейрона-Менделеева получена связь малых приращений Δp , ΔV и ΔT – 0,5 балла

Количество теплоты, полученное газом, выражено через приращение температуры ΔT – 1 балл

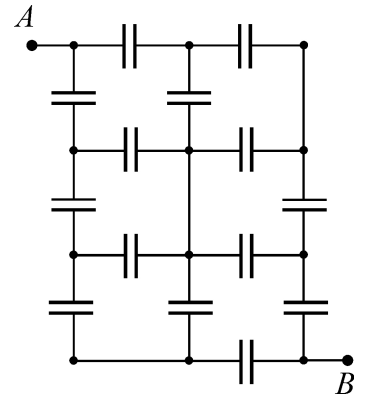
Получена формула для удельной теплоемкости в данном процессе – 1 балл

Найден правильный численный ответ – 1 балл

Всего: 6 баллов.

Задача 3

Участок AB электрической цепи состоит из одинаковых конденсаторов ёмкостью C каждый. Найдите общую ёмкость участка AB .



Ответ: общая электрическая ёмкость участка AB цепи равна $2C/3$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 6 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения!

Критерии

Указаны точки, имеющие равные потенциалы – 2 балла

Указано, что точки с равными потенциалами можно соединить друг с другом проводниками, и указано, какие конкретно точки следует соединять друг с другом – 1 балл

Нарисована эквивалентная схема, получающаяся после соединения точек с равными потенциалами – 1 балл

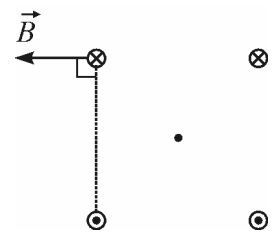
Указано, что один (или два – в зависимости от вида эквивалентной схемы) из конденсаторов можно исключить из эквивалентной схемы, и объяснено, какой(-ие) и почему – 1 балл

Правильно найдена ёмкость участка цепи – 1 балл

Всего: 6 баллов.

Задача 4

Как показали эксперименты Ж.-Б. Био и Ф. Савара 1820 года, магнитное поле длинного провода с током убывает обратно пропорционально расстоянию от длинного прямого провода. Четыре очень длинных прямых провода с протекающими по ним равными по модулю постоянными токами расположены параллельно друг другу так, как показано на рисунке (сечения проводов плоскостью рисунка находятся в вершинах квадрата). Известно, что модуль вектора индукции магнитного поля, создаваемого одним проводом в соседней с ним вершине этого квадрата, равен B , а поле самого провода на его оси равно нулю.



Найдите модуль суммарного вектора магнитной индукции в каждой вершине указанного квадрата. Найдите также модуль вектора индукции магнитного поля в центре этого квадрата.

Ответ: модуль суммарного вектора магнитной индукции в каждой вершине квадрата равен $B_1 = \sqrt{5/2} \cdot B$; модуль вектора индукции магнитного поля в центре квадрата равен $B_2 = 4B$.

Всякое полностью правильное решение оценивается в 6 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения!

Критерии

Записана формула, связывающая модуль вектора индукции с расстоянием до провода – 0,5 балла

Найдены модули и направления векторов индукции магнитного поля, создаваемого в какой-либо вершине квадрата каждым из трех других проводов – 1,5 балла (по 0,5 балла за каждый вектор)

Найден модуль вектора магнитной индукции в рассматриваемой вершине квадрата – 1 балл

Показано, что во всех вершинах квадрата индукция магнитного поля одинакова – 0,5 балла

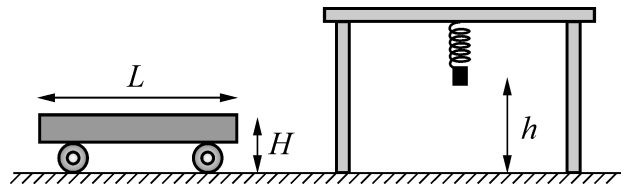
Найдены модули и направления векторов индукции магнитного поля, создаваемого в центре квадрата каждым из четырех проводов – 2 балла (по 0,5 балла за каждый вектор)

Найден модуль вектора магнитной индукции в центре квадрата – 0,5 балла

Всего: 6 баллов.

Задача 5

Тележка высотой $H = 30$ см и длиной $L = 40$ см должна проехать под столом по горизонтальному полу, двигаясь равномерно и прямолинейно. К крышке стола снизу прикрепили легкую пружину жёсткостью $k = 50$ Н/м. К пружине прицепили маленький груз массой $m = 0,4$ кг. При недеформированной пружине груз находился на высоте $h = 42$ см над полом. Затем груз отпустили. С какой минимальной скоростью может двигаться тележка, чтобы она, проехав под столом, не задела груз?



Ответ: для того, чтобы тележка не задела груз, она может двигаться по полу с минимальной скоростью $v = \frac{L\sqrt{k/m}}{2\left(\pi - \arccos\frac{h-H-x_0}{x_0}\right)} = \frac{3\omega L}{4\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \approx 1,07$ м/с.

$$v = \frac{L\sqrt{k/m}}{2\left(\pi - \arccos\frac{h-H-x_0}{x_0}\right)} = \frac{3\omega L}{4\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \approx 1,07 \text{ м/с.}$$

Всякое полностью правильное решение оценивается в 6 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения!

Критерии

Показано, что тележка не сможет проехать под столом при произвольной скорости движения – 1 балл

Найдена амплитуда колебаний груза – 0,5 балла

Найдена частота колебаний груза – 0,5 балла

Записан закон движения груза относительно некоторой системы координат – 0,5 балла

Найден момент времени τ , в который груз оказывается на высоте H над полом (или промежуток времени, в течение которого груз находится ниже высоты H над полом) – 1 балл

Найдено время, в течение которого груз находится над полом на высоте, большей H – 1 балл

Записан закон равномерного движения тележки – 0,5 балла

Получена формула для минимально возможной скорости движения тележки – 0,5 балла

Получен правильный численный ответ – 0,5 балла

Всего: 6 баллов.