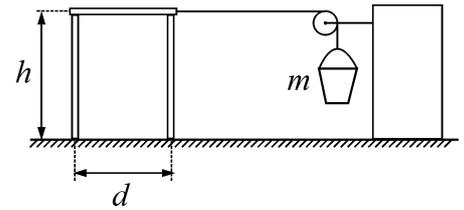


Задача 1

На горизонтальном полу стоит табуретка массой $M = 4,5$ кг. Высота табуретки $h = 45$ см, а расстояние между её ножками $d = 30$ см. Коэффициент трения между ножками и полом $\mu = 0,4$. Экспериментатор Глюк привязал к середине стороны сиденья табуретки невесомую нерастяжимую нить, перекинутую через блок (см. рис). На втором конце нити висит ведро с водой. Масса ведёрка вместе с водой равна $m = 0,6$ кг. Экспериментатор Глюк опустил в ведро тонкую трубку с внутренним диаметром $D = 4$ мм, по которой в ведро стала доливаться вода с постоянной скоростью $v = 0,2$ м/с. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³, ускорение свободного падения можно считать равным $g = 10$ м/с². Через какое время после этого табуретка придёт в движение? Как начнёт двигаться табуретка: скользить, двигаясь поступательно, или опрокидываться, поворачиваясь вокруг некоторой оси?



Ответ: табуретка начнёт опрокидываться раньше, чем скользить; движение табуретки начнется спустя время $t = \frac{4\Delta m}{\rho v \pi D^2} = \frac{4}{\rho v \pi D^2} \left(\frac{Md}{2h} - m \right) \approx 358 \text{ с} \approx 5 \text{ мин. } 58 \text{ с.}$

Критерии

Найдена максимальная сила натяжения нити, при которой табуретка остается неподвижной, если раньше начинается опрокидывание – 2 очка (уравнение + правильное число).

Найдена максимальная сила натяжения нити, при которой табуретка остается неподвижной, если раньше начинается проскальзывание – 2 очка (уравнение + правильное число).

Сделан вывод, что табуретка раньше начнёт опрокидываться – 1 очко.

Выражена масса ведёрка вместе с водой в момент начала опрокидывания табуретки – 1 очко.

Выражена масса воды, которая нальется в ведро к моменту начала опрокидывания табуретки – 1 очко.

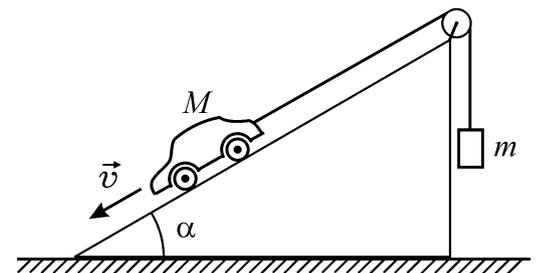
Масса налившейся в ведро воды связана со скоростью истечения воды из трубки и временем наливания воды – 1 очко.

Найдено время, через которое табуретка придёт в движение – 2 очка (формула + правильное число).

ВСЕГО: 10 очков.

Задача 2

По наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, едет с постоянной скоростью $v = 1$ м/с игрушечный автомобиль, масса которого равна $M = 300$ г. Автомобиль связан легкой нитью, перекинутой через невесомый блок, с грузом массой $m = 200$ г, который движется вертикально. Автомобиль приводится в движение электромотором, который питается от батарейки. КПД электромотора при таком движении равен $\eta = 60\%$.



Найдите количество теплоты, выделяющееся при протекании тока через обмотки электромотора за время $t = 2,5$ с. Автомобиль движется без проскальзывания, трением в осях и сопротивлением воздуха можно пренебречь, ускорение свободного падения можно считать равным $g = 10$ м/с².

Ответ: в обмотках электромотора за время $t = 2,5$ с выделяется количество теплоты $Q = gvt(m - M \sin \alpha) \cdot \frac{100\% - \eta}{\eta} \approx 0,83$ Дж.

Критерии

Правильно записана формула для КПД мотора – 2 очка.

Найдено приращение механической энергии системы за время t – 2 очка.

Записано, что затраченная работа равна сумме полезной работы и выделившегося в системе количества теплоты Q – 2 очка.

Найдено Q – 4 очка (2 очка за формулу и 2 очка за правильное численное значение).

ВСЕГО: 10 очков.

Задача 3

Десятиклассник Вася проводит домашний эксперимент. Он налил в кружку 200 мл воды (до краев) при температуре $+20\text{ }^\circ\text{C}$. Затем он отпивает один маленький глоток (5 мл), тут же доливает в чашку кипятком до краев, аккуратно перемешивает содержимое чашки очень легкой пластиковой ложечкой (не расплескивая содержимого) и повторяет описанную процедуру много раз. Максимальная температура воды, которую Вася ещё может проглотить, не рискуя обжечься, равна $+60\text{ }^\circ\text{C}$. Сколько воды выпьет Вася до конца своего эксперимента?

Ответ: Вася выпил 135 мл воды.

Критерии

Записано уравнение теплового баланса для обмена теплотой между доливаемым кипятком и водой, имевшейся в кружке – 2 очка.

Найден суммарный объем кипятка, долитого в кружку – 2 очка.

Указано, что с каждым глотком и очередным заполнением кружки кипятком доля оставшейся воды с температурой $20\text{ }^\circ\text{C}$ в общем количестве воды составляет $195/200$ от доли на предыдущем этапе – 2 очка.

Записано уравнение для нахождения количества глотков (и доливаний кипятка) – 2 очка.

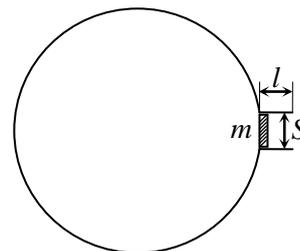
Получен правильный ответ – 2 очка.

ВСЕГО: 10 очков.

Если при полностью правильном решении сделаны ошибки в вычислениях, за задачу ставится 8 очков.

Задача 4

В колбе объемом $V = 2\text{ л}$ при комнатной температуре находится $\nu = 0,1$ моля гелия. Горлышко колбы имеет длину $l = 2\text{ см}$ сечением $S = 10\text{ см}^2$. Это горлышко закрыто цилиндрической пробкой массой $m = 10\text{ г}$, могущей скользить по нему без трения. В начальный момент пробка удерживается у основания горлышка, и гелий не выходит наружу. Пробку отпускают, и она вылетает из горлышка со скоростью $v = 10\text{ м/с}$. Найдите изменение ΔT температуры гелия в колбе к моменту вылета пробки из горлышка. Давление воздуха в комнате равно $p_0 = 1\text{ атм}$, теплообменом гелия в колбе с окружающими телами за время вылета пробки можно пренебречь.



Ответ: температура гелия понизится, изменившись на $\Delta T = -\frac{mv^2 + 2p_0Sl}{3\nu R} \approx -2\text{ К}$.

Критерии

Записан (или сформулирован) закон сохранения энергии для системы «гелий + пробка» – 2 очка

Указанный закон записан развернуто (в явном виде записаны изменение внутренней энергии гелия, работа гелия и кинетическая энергия пробки) – 2 очка.

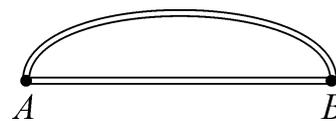
Получено выражение для изменения температуры гелия – 3 очка

Получен численный ответ для изменения температуры гелия – 3 очка.

ВСЕГО: 10 очков.

Задача 5

На закреплённые неподвижно клеммы A и B , расстояние между которыми равно 40 см, может подаваться постоянное напряжение 0,3 В. К клеммам прикреплены две медные проволоки без изоляции, всюду имеющие круглое поперечное сечение. Одна из проволок натянута и имеет длину 40 см, а другая имеет длину 70 см. Диаметр обеих проволок 0,6 мм. Как сделать так, чтобы тепловая мощность, выделяющаяся в этой системе, была максимальной? Чему равна эта мощность? Проволоки можно приводить в электрический контакт друг с другом всеми возможными способами, но нельзя обрывать их и отсоединять концы проволок от клемм. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$.



Ответ: максимальная мощность равна ≈ 9 Вт;

соединение проволок, при котором она достигается, такое: нужно длинную проволоку натянуть вдоль короткой проволоки, а оставшийся участок длинной проволоки сложить вдвое и, перегнув в точке B , приложить к отрезку AB .

Критерии

Указано, что мощность максимальна тогда, когда сопротивление участка цепи минимально – 1 очко.

Указано, что сопротивление уменьшается, когда проволоки соединяются параллельно – 1 очко.

Указан способ соединения проволок, при котором будет достигаться максимальная мощность (два участка цепи длинами 25 см и 15 см) – 3 очка.

Выражены сопротивления этих участков цепи – 2 очка (по одному очку за каждое сопротивление).

Выражено сопротивление всей цепи – 1 очко.

Найдена максимальная мощность – 2 очка (1 очко формула + 1 очко число).

ВСЕГО: 10 очков.

Если при полностью правильном решении сделаны ошибки в вычислениях, за задачу ставится 9 очков.