

МОШ, 2010/11, заключительный этап, 10 класс

Условия, ответы и решения

1 Динамометр в космосе

В далёком космосе оказался школьный динамометр, корпус которого имеет массу $M = 20$ г, а пружина имеет массу $m = 10$ г. За крючок, укрепленный на корпусе, тянут с силой $F_1 = 5$ Н, направленной вдоль оси пружины, а за крючок, находящийся на свободном конце пружины, тянут с силой $F_2 = 2$ Н, направленной в сторону, противоположную силе F_1 . Что будет «показывать» динамометр, то есть напротив какого деления на шкале остановится индикаторная стрелка?

Подсказка

Динамометр с пружиной движется с общим ускорением. Пружина не невесома, поэтому сила в ней неодинакова по длине: покажет она силу в середине пружины.

Ответ

$$F = F_2 + \frac{m(F_1 - F_2)}{2(M + m)} = \frac{m(F_1 + F_2) + 2MF_2}{2(M + m)} = 2,5 \text{ Н.}$$

2 Шарик и клин

На гладкой горизонтальной поверхности находится жесткий клин массой M , причем его гладкая наклонная поверхность составляет угол α с горизонтом. На этот клин налетает жесткий шарик массой m , у которого за мгновение до столкновения с наклонной поверхностью клина скорость была горизонтальной. Происходит абсолютно упругий удар. При каком отношении m/M шарик после удара будет двигаться в вертикальном направлении?

Подсказка

Запишите сохранение энергии, сохранение горизонтальной проекции импульса системы и сохранение проекции импульса шарика на наклонную плоскость (вдоль неё сил нет).

Ответ

$$m/M = 1 - \operatorname{ctg}^2 \alpha.$$

3 Окрошка и картошка

Школьник Коля налил в тарелку холодную окрошку, имеющую температуру $t_{\text{окр}} = 10^\circ\text{C}$. Масса окрошки в тарелке равна $m = 300$ г, а её удельная теплоёмкость равна удельной теплоёмкости воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/(кг·°C). Коля добавил в окрошку горячую картошку, которая имела температуру $t_{\text{карт}} = 80^\circ\text{C}$. Полная теплоёмкость добавленной картошки равна $C = 450$ Дж/°C. После установления теплового равновесия температура картошки и окрошки оказалась равной $t = 22^\circ\text{C}$. В какую сторону было передано больше теплоты при теплообмене с окружающей средой: от содержимого тарелки в среду или наоборот, и на сколько больше?

Подсказка

Сравните тепло, отданное картошкой при остывании, с теплом, полученным окрошкой при нагревании: разность ушла в окружающую среду.

Ответ

Больше теплоты было передано от содержимого тарелки в окружающую среду на величину $Q = C(t_{\text{карт}} - t) - mc_{\text{в}}(t - t_{\text{окр}}) = 10980 \text{ Дж}$.

4 Плавающий корабль в тяжёлом газе (молярная масса)

В интернете сейчас можно легко найти видеозаписи различных физических опытов, в частности, такого:

Группа студентов напускает в большое корыто до краев какой-то тяжелый газ из баллона, а потом кладет на поверхность этого газа в корыте модель корабля, согнутую из алюминиевой фольги, и этот «корабль» плавает, как настоящий «летучий голландец»! Потом студенты зачерпывают ковшиком газ из корыта, переливают его внутрь «корабля», и он тонет.

Найдите, какой минимальной молярной массой M должен обладать этот тяжелый газ, чтобы в нем мог плавать «корабль» в форме прямоугольного параллелепипеда (с открытым верхом), согнутый из бытовой алюминиевой фольги толщиной $h = 25 \text{ мкм}$. Размеры «корабля»: длина $a = 50 \text{ см}$, ширина $b = 20 \text{ см}$, высота бортов $c = 10 \text{ см}$. Считать, что лишние куски, образовавшиеся при сгибании параллелепипеда из листа фольги, удалены. Плотность алюминия $\rho_{\text{Al}} = 2,7 \text{ г/см}^3$, плотность воздуха при данных условиях равна $\rho_{\text{в}} = 1,3 \text{ кг/м}^3$, средняя молярная масса воздуха $M_{\text{в}} = 29 \text{ г/моль}$.

Подсказка

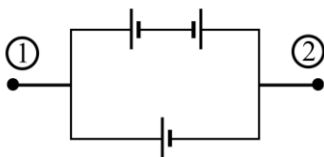
Условие плавания: вес фольги и воздуха внутри «корабля» не больше архимедовой силы со стороны тяжёлого газа. Плотности газов при одинаковых p и T пропорциональны молярным массам.

Ответ

$$M \geq \frac{([2(a+b)c + ab] h \rho_{\text{Al}} + abc \rho_{\text{в}}) M_{\text{в}}}{abc \rho_{\text{в}}} \approx 65 \text{ г/моль}.$$

5 Три батарейки

Из трех одинаковых батареек собрали цепь, схема которой изображена на рисунке. Что покажет вольтметр, подключенный к выводам 1 и 2? ЭДС каждой из батареек равна $\mathcal{E}$.



Подсказка

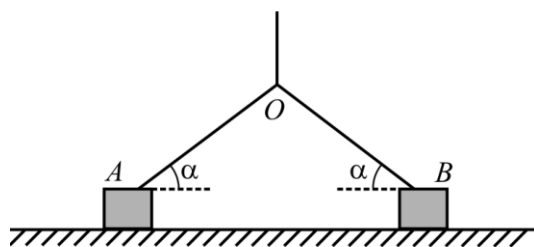
Две батарейки в верхней ветви включены встречно. Что это значит для тока и для внутренних сопротивлений в контуре?

Ответ

Показание вольтметра $V = 2\varepsilon/3$.

6 Грузики на нити-треугольнике

На горизонтальном столе находятся два одинаковых грузика, связанные невесомой и нерастяжимой нитью, образующей равнобедренный треугольник AOB (см. рис.). Углы при основаниях треугольника равны α . В точке O к этой нити привязана другая нить, которую удерживают вертикально слегка натянутой. С каким минимальным ускорением нужно начать поднимать точку O , чтобы грузы оторвались от стола в момент начала своего движения?



Подсказка

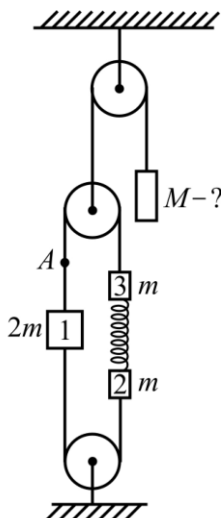
В момент отрыва сила реакции стола равна нулю. Свяжите горизонтальное и вертикальное ускорения грузика с точкой O через нерастяжимость нити.

Ответ

$$a = g \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha.$$

7 Блоки, нити и пружина

В системе, изображенной на рисунке, все блоки – невесомые и вращаются без трения, все нити – невесомые и нерастяжимые (их жесткость велика по сравнению с жесткостью пружины). Пружина также невесома. Система находится в покое. При какой массе груза M груз 1 сразу после пережигания нити в точке A будет иметь ускорение большее по модулю, чем g ?



Подсказка

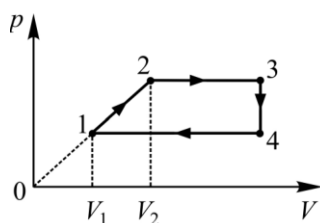
Сразу после пережигания длина пружины, а значит и её сила, ещё не изменились. Найдите связь ускорений грузов 1 и 2 и условие равновесия груза 3 до пережигания.

Ответ

$M > 6m$.

8 Цикл с одноатомным газом

С одним молем одноатомного идеального газа совершают циклический процесс 1–2–3–4–1, как показано на рисунке в координатах p – V (давление – объем). Известно, что температура газа в точках 1 и 3 равна, соответственно, $T_1 = 300$ К и $T_3 = 1500$ К, а отношение объемов газа в точках 2 и 1 равно $V_2/V_1 = 2$. Чему равна работа, совершаемая газом за цикл?



Подсказка

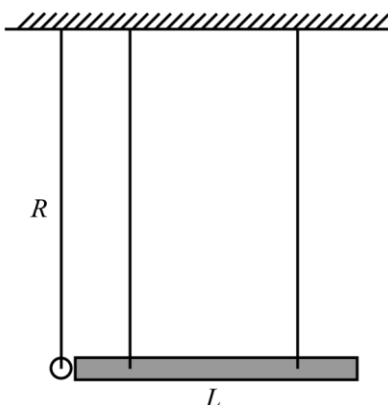
Участок 1–2 лежит на прямой, проходящей через начало координат. Выразите работу как площадь цикла через температуры и свяжите T_2 с T_1 , а T_4 с T_3 .

Ответ

$$A = \frac{\nu R}{2}(T_3 - 3T_1) = 2493 \text{ Дж.}$$

9 Заряженные шарик и стержень

Маленький шарик и тонкий непроводящий стержень длиной L , массы которых m одинаковы, подвешены к потолку на нитях одинаковой большой длины $R \gg L$ (см. рис.). Нити позволяют шарiku и стержню двигаться только в одной вертикальной плоскости. Сначала шарик и стержень не были заряжены и висели так, что почти соприкасались друг с другом, причем шарик находился возле одного из концов стержня. Шарiku и стержню сообщили одинаковые электрические заряды Q , причем заряд на стержне распределили равномерно по его длине. На каком расстоянии x окажутся в положении равновесия шарик и тот конец стержня, возле которого шарик сначала находился? Считайте, что диаметр шарика много меньше x , а x много меньше длины стержня.



Подсказка

Горизонтальная проекция силы натяжения нити при малых углах равна $mg \Delta/R$. Силу отталкивания шарика от стержня найдите разбиением стержня на элементы и интегрированием (или энергетически).

Ответ

$$x \approx Q \sqrt{\frac{2kR}{mgL}} = Q \sqrt{\frac{R}{2\pi\epsilon_0 mgL}}.$$

10 Полноугольник и звезда

В N -полюснике (схеме с N клеммами) каждая клемма соединена с каждой другой при помощи резистора сопротивлением R (схема типа «многоугольник»). Известно, что эта схема эквивалентна схеме типа «звезда» с N клеммами, в которой N резисторов номиналом r имеют в центре общий контакт, а другим контактом соединены с соответствующей клеммой (каждый резистор соединен с одной клеммой). Как связаны друг с другом R и r ?

Подсказка

Подайте напряжение на две клеммы: остальные окажутся при равных потенциалах, и соединяющие их резисторы можно убрать. Сравните сопротивления между парой клемм в обеих схемах.

Ответ

$$R = Nr.$$

Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2010/11, заключительный этап, 10 класс — условия (1), условия (2), решения (1), решения (2). Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.