

Решение олимпиады по физике “Юные таланты”
17 ноября 2018 года
10 класс

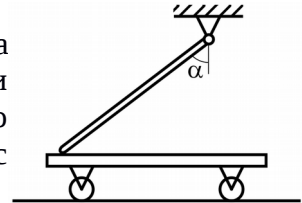
Задача 1. Ускоренное движение

Точка начинает двигаться со скоростью $v_0 = 10$ м/с и движется с ускорением $a = -2$ м/с². Определить, какой путь пройдет точка за время $t_1 = 5$ с и $t_2 = 8$ с.

Решение: Направим ось x вдоль траектории движения точки, при равноускоренном движении координата меняется по закону $x = v_0 t + 0.5 a t^2$, а скорость $v = v_0 + a t$. Поскольку ускорение отрицательно, то спустя время $\tau = v_0 / |a| = 5$ с точка остановится и изменит направление движения на обратное. За это время тело пройдет путь $s_1 = 25$ м. В течение времени $\Delta t = t_2 - t_1 = 3$ с точка будет двигаться без начальной скорости с ускорением a и переместится на расстояние $0.5 |a| (\Delta t)^2 = 9$ м в противоположную сторону. Тогда расстояние пройденное телом за $t_2 = 8$ с составит $s_2 = 25 + 9 = 34$ м.

Задача 2. Трение стержня о тележку

Верхний конец однородного стержня массой m шарнирно закреплен, а нижний опирается о тележку. Коэффициент трения между стержнем и тележкой μ . Стержень образует с вертикалью угол α . Какую горизонтальную силу нужно приложить к тележке, чтобы сдвинуть ее с места а) влево, б) вправо?



Решение: При перемещении тележки влево со стороны стержня на нее начнет действовать сила трения, направленная вправо. При этом на стержень со стороны тележки согласно 3 закону Ньютона сила трения ($F_{тр}$) действует направо. Под действием моментов силы трения, силы реакции опоры (N) и силы тяжести (mg) стержень длины L остается в равновесии, при этом $NL \sin \alpha + F_{тр} L \cos \alpha - mg 0.5 L \sin \alpha = 0$. Учитывая, что при скольжении $F_{тр} = \mu N$, найдем $F_{тр} = 0.5 \mu mg / (\mu \cos \alpha + 1)$, такую же по величине силу, направленную влево, нужно приложить к тележке, чтобы она сдвинулась с места. Если тележка перемещается вправо у момента силы трения изменится знак, получим $F_{тр} = 0.5 \mu mg / (-\mu \cos \alpha + 1)$. При $\mu > \tan \alpha$ тележка никогда не сдвинется с места.

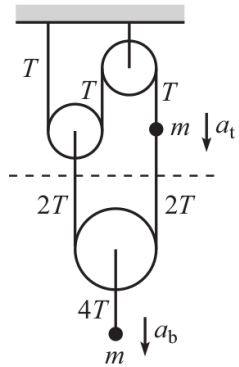
Задача 3. Шайба на доске

На горизонтальной гладкой поверхности находится доска массой $M = 1$ кг, которая может свободно скользить. На одном конце доски расположена шайба массы $m = 0.25$ кг, которой ударом сообщают скорость $v = 5$ м/с вдоль доски к ее противоположному концу. Коэффициент трения шайбы о доску равен $\mu = 0.8$. На какое максимальное расстояние от исходного положения переместится по доске шайба? Считать, что шайба не соскальзывает с доски.

Решение: Когда шайба перестанет скользить вдоль доски, она будет двигаться вместе с доской с общей скоростью u , которую можно определить из закона сохранения импульса $mv = (M + m)u$. По теореме об изменении механической энергии $E_2 - E_1 = A_{тр}$, где начальная энергия $E_1 = 0.5 m v^2$, конечная энергия $E_2 = 0.5 (M + m) u^2$, работа силы трения $A_{тр} = -\mu mg L$. Максимальное расстояние от исходного положения, на которое переместится по доске шайба $L = M v^2 / (2 \mu g (M + m)) = 1.25$ м.

Задача 4. Система блоков

Система, состоит из невесомых блоков, легких нерастяжимых нитей и грузов, массы которых одинаковы и равны m . Определите ускорения этих грузов. Трением пренебречь. Ускорение свободного падения равно g . Участки нити, не лежащие на блоках, вертикальны.



Решение: На рисунке изображены значения сил натяжения нитей, исходя из того, что массой блоков можно пренебречь. Согласно 2 закону Ньютона ускорения нижней массы a_b и верхнего тела a_t определяются из условий

$$ma_b = mg - 4T, \quad ma_t = mg + 2T - T.$$

При перемещении левого среднего блока вверх на расстояние x длина высвобождающейся части нити составит $2x$, т. к. нить расположена слева и справа от левого среднего блока. Ниже штриховой линии на рисунке переместится нить длиной $2x - x = x$. С учетом того, что нить огибает нижний блок слева и справа, перемещение нижнего блока будет в 2 раза меньше, чем у левого среднего блока. Перемещение верхнего груза массы m в два раза превосходит перемещение левого среднего блока за одинаковый промежуток времени, тогда ускорения нижнего и верхнего грузов отличаются в 4 раза $4a_b = a_t$. Решая совместно уравнения, окончательно получим $a_b = 5g/17$, $a_t = 4a_b = 20g/17$.

Решение олимпиады по физике “Юные таланты”

17 ноября 2018 года

11 класс

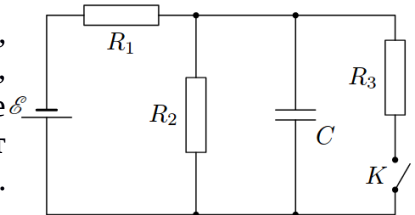
Задача 2. Ненасыщенный пар

В сосуде находится ненасыщенный пар. В процессе его изотермического сжатия объём, занимаемый паром, уменьшается в 4 раза, а давление возрастает в 3 раза. Найти долю пара, которая сконденсировалась в этом процессе.

Решение: Первоначально согласно уравнению состояния идеального газа $p_1V_1 = \nu_1RT$, в конце процесса $p_2V_2 = \nu_2RT$. Разделим уравнения и определим, что $\nu_1/\nu_2 = 4/3$. Тогда доля сконденсировавшегося пара составит $(\nu_1 - \nu_2)/\nu_1 = 1/4$.

Задача 3. Ток через конденсатор

В электрической схеме, состоящей из батареи с ЭДС $E = 20$ В, резисторов $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 30$ Ом и конденсатора, замыкают ключ K . Найти ток I_0 через резистор R_3 сразу после замыкания ключа. Найти ток I_b через батарею в тот момент времени, когда напряжение на конденсаторе равно $0,6E$. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.



Решение: До замыкания ключа конденсатор был полностью заряжен, напряжение на нем было равно напряжению на параллельном резисторе R_2 : $ER_2/(R_1 + R_2)$. В начальный момент времени после замыкания ключа напряжение на резисторе R_3 будет равно тому же значению, что и напряжения на резисторе R_2 и конденсаторе, тогда ток через R_3 будет равен $I_0 = ER_2/(R_1 + R_2)R_3 = 0.44$ А. В момент времени, когда напряжение на конденсаторе станет равно $0,6E$, напряжение на резисторе R_1 будет равно $E - 0,6E = 0.4E$, а ток на резисторе R_1 и через батарею будет равен $I_b = 0.4E/R_1 = 0.8$ А.