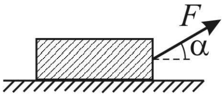
Олимпиада «Ломоносов 2020-2021» по физике

Решения задач для учащихся 7-х –9-х классов

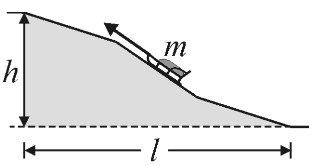
1. Брусок массой $m = 1$ кг, лежащий на плоской горизонтальной поверхности стола, начинают тянуть за привязанную к нему невесомую нить с силой F, направленной под углом $\alpha = 30°$ к горизонту. На какое расстояние L переместился брусок за время $t = 1$ с? Коэффициент трения бруска о стол $\mu = 0{,}1$. Модуль ускорения свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2. Ответ приведите в сантиметрах, округлив до десятых.



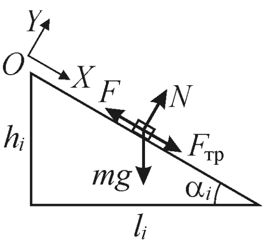
Решение. Уравнение движения бруска по горизонтали имеет вид $ma = F\cos\alpha - F_{тр}$, где $F_{тр} = \mu N$ – модуль силы трения скольжения, $N = mg - F\sin\alpha$ – модуль силы нормального давления бруска на стол. Отсюда ускорение бруска $a = \dfrac{F}{m}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \mu g$. За время t брусок переместится по поверхности стола на расстояние $L = \dfrac{at^2}{2} = \dfrac{Ft^2}{2m}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \dfrac{\mu g t^2}{2}$.

Ответ: $L = \dfrac{Ft^2}{2m}(\cos\alpha + \mu\sin\alpha) - \dfrac{\mu g t^2}{2}$.

2. Снежная горка, профиль которой изображен на рисунке, состоит из трех плоских поверхностей, плавно переходящих из одной в другую. Высота горки $h = 15$ м, длина основания $l = 30$ м. Санки с грузом общей массой $m = 50$ кг медленно затаскивают на горку, прикладывая к ним силу, на каждом участке траектории санок направленную по касательной к их траектории. Работа этой силы, совершённая при затаскивании санок наверх, оказалась равной A. Определите коэффициент трения μ между санками и поверхности горки. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10$ м/с^2. Ответ округлите до сотых.



Решение. Разобьём траекторию санок на три участка, каждый из которых представляет собой наклонную плоскость, образующую с горизонтом угол α_i, имеющую перепад высот h_i и длину основания l_i ($i = 1, 2, 3$, см. рисунок). Поскольку санки перемещаются медленно, их ускорение равно нулю. Поэтому в проекциях на оси OX и OY уравнения движения санок на таком участке траектории имеют вид: $0 = mg\sin\alpha_i + F_{тр} - F$, $0 = N - mg\cos\alpha_i$. Поскольку $F_{тр} = \mu N$, то $F = mg\sin\alpha + \mu mg\cos\alpha$, а работа силы F на участке траектории длиной s_i равна $A_i = (mg\sin\alpha_i + \mu mg\cos\alpha_i)s_i = mg(s_i\sin\alpha_i + \mu s_i\cos\alpha_i) = mg(h_i + \mu l_i)$. Суммируя работы на всех участках, вычислим работу силы по подъёму тела на горку: $A = mg\sum\limits_{i=1}^{3}(h_i + \mu l_i) = mg(h + \mu l)$.



Из полученного соотношения следует, что коэффициент трения равен $\mu = \dfrac{A - mgh}{mgl}$.

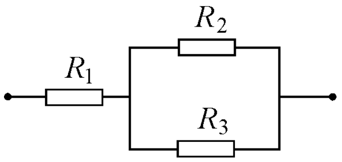
Ответ: $\mu = \dfrac{A - mgh}{mgl}$.

3. Стоявшую на столе в комнате длительное время открытую банку объёмом $V = 1$ л герметично закрыли и поместили в морозильную камеру. Температура воздуха в комнате была равна $t_к = 20°C$, а его относительная влажность φ (%). Определите массу льда, который образуется в банке через достаточно большой промежуток времени после помещения банки в морозильную камеру, в которой поддерживается температура $t_х = -10°C$. Плотность насыщенных паров воды при температуре $t_к$ равна $\rho_к = 17,32$ г/м^3, а при температуре $t_х$ равна $\rho_х = 2,14$ г/м^3. Ответ приведите в миллиграммах, округлив до десятых.

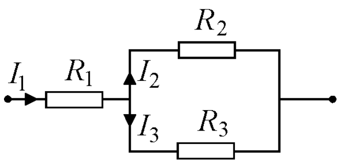
Решение. До охлаждения масса водяных паров в банке была равна $m_к = \varphi_1 \rho_к V$, где $\varphi_1 = \varphi / 100\%$. После охлаждения масса насыщенного пара в банке будет равна $m_х = \rho_х V$. Поэтому масса образовавшегося в банке льда будет равна $m = m_к - m_х = (\rho_к \varphi_1 - \rho_х)V$.

Ответ: $m = \left(\rho_к \dfrac{\varphi}{100\%} - \rho_х\right)V$.

4. На рисунке изображен участок цепи постоянного тока, содержащий три резистора, сопротивления которых неизвестны. При этом через резистор R_1 протекает ток I_1 = 1,6 А, а напряжение на резисторе R_2 составляет U_2. Найдите величину сопротивления R_3, если известно, что она в n = 3 раза превышает величину сопротивления R_2. Ответ приведите в омах, округлив до целых.



Решение. Обозначим токи, текущие в ветвях схемы, как показано на рисунке. Тогда справедлива следующая система уравнений: $I_1 = I_2 + I_3$, $U_2 = I_2 R_2$, $U_2 = I_3 R_3$, $R_3 = nR_2$. Разрешая ее относительно R_3, получаем, что $R_3 = (n+1)\dfrac{U_2}{I_1}$.



Ответ: $R_3 = (n+1)\dfrac{U_2}{I_1}$

5. По свисающей с потолка комнаты нити вертикально вниз спускается паук со скоростью, модуль которой равен V. Между нитью и стеной комнаты помещают тонкую линзу с фокусным расстоянием F = 20 см так, что её главная оптическая ось оказывается перпендикулярной этой стене и пересекает нить. При этом на стене появляется чёткое изображение нити и паука. Определите модуль скорости v, с которой паук движется относительно своего изображения. Расстояние от нити до плоскости линзы равно a = 30 см. Ответ приведите в см/с, округлив до десятых.

Решение. Из формулы для тонкой собирающей линзы $\dfrac{1}{a} + \dfrac{1}{b} = \dfrac{1}{F}$ получаем, что расстояние от линзы до стенки $b = \dfrac{aF}{a-F}$. Из подобия треугольников находим, что модуль скорости изображения паука относительно стенки $v_и = V\dfrac{b}{a} = \dfrac{VF}{a-F}$. Следовательно, модуль искомой скорости $v = V + v_и = \dfrac{aV}{a-F}$. **Ответ:** $v = V + v_и = \dfrac{aV}{a-F}$.