

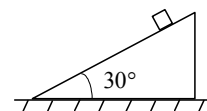
ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2010/2011 уч. год
Физика, 9 класс, 2 тур
Вариант 1

1. Тело, брошенное с земли в момент $t = 0$ под углом α к горизонту, оказалось в моменты времени t_1 и t_2 на одной и той же высоте. Найти перемещение тела за промежуток $t_2 - t_1$.

Решение:

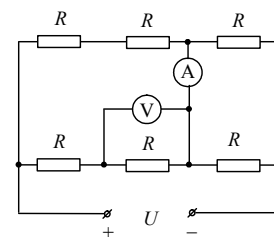
Приравняв высоты в моменты t_1 и t_2 , находим начальную скорость тела $V_0 = g(t_1 + t_2)/(2\sin\alpha)$. Перемещение \vec{S} за промежуток $t_2 - t_1$ **направлено по горизонтали** и равно $S = V_0 \cos\alpha (t_2 - t_1) = gctg\alpha(t_2^2 - t_1^2)/2$.

2. С каким горизонтальным ускорением нужно двигать гладкий клин с углом 30° при основании (см. рисунок), чтобы время соскальзывания небольшого тела с вершины до основания клина оказалось вдвое меньше, чем время соскальзывания по неподвижному клину?



Решение:

Время соскальзывания по неподвижному клину с длиной наклонной грани L равно $[2L/(g\sin 30^\circ)]^{1/2} = 2(L/g)^{1/2}$. Можно заметить, что это время вдвое больше времени свободного падения тела с высоты $L\sin 30^\circ = L/2$. Таким образом, нужно двигать клин **вправо** с ускорением $gctg 30^\circ = g\sqrt{3}$, чтобы тело падало с ускорением g , едва касаясь клина.



3. В цепи, представленной на рисунке, сопротивления R одинаковы и равны 1 кОм, сопротивление амперметра пренебрежимо мало, напряжение U на зажимах 120 В. Найти показания вольтметра, если амперметр показывает 3 мА.

Решение:

Ток через амперметр $I_A = 3$ мА течет вверх, т.к. подключенный вольтметр уменьшил сопротивление среднего участка нижней ветви. Обозначив ток через два левых резистора верхней ветви как I_1 , напишем для этой ветви закон Ома $I_1 2R + (I_1 + I_A)R = U$. Отсюда находим $I_1 = 39$ мА. Обозначив ток через левый резистор нижней ветви как I_2 , напишем для этой ветви закон Ома $I_2 R + V + (I_2 - I_A)R = U$, где V – напряжение на вольтметре. Поскольку правые резисторы верхней и нижней ветвей включены фактически параллельно (сопротивление амперметра пренебрежимо мало), напряжения на этих резисторах, а, значит, и токи в них одинаковы, т.е. $I_2 - I_A = I_1 + I_A$. Таким образом, $I_2 = 45$ мА и $V = U - I_2 R - (I_2 - I_A)R = 33$ В.

4. Однонаправленный разреженный (без столкновений между молекулами) поток газа падает по нормали на пластину площади S . Масса молекулы m , концентрация молекул в потоке N , скорости молекул одинаковы и равны V . Какую силу следует приложить к пластине, чтобы удерживать ее неподвижной в потоке? Какой станет сила давления потока на пластину в момент, когда пластина после освобождения разгонится до скорости $V/2$? Считать, что молекулы отражаются от пластины абсолютно упруго.

Решение:

Искомая сила равна изменению импульса молекул за секунду из-за их взаимодействия с пластиной. Число сталкивающихся с пластиной молекул за секунду равно NSV , а изменение импульса одной молекулы равно $2mV$. Таким образом, искомая сила равна $2mNSV^2$.

Для нахождения силы, действующей на разогнавшуюся пластину, удобно перейти в систему отсчета, связанную с пластиной. В этой системе отсчета скорость набегающего на пластину потока будет $V/2$, изменение импульса одной молекулы mV . В итоге получаем, что сила давления станет равной $mNSV^2/2$.

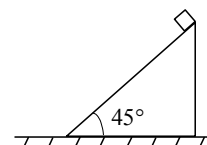
ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2010/2011 уч. год
Физика, 9 класс, 2 тур
Вариант 2

1. Камень дважды бросили с земли с одинаковой начальной скоростью под разными углами к горизонту. Горизонтальная дальность полета оказалась одинаковой и равной сумме максимальных высот подъема камня. Под какими углами был брошен камень?

Решение:

Из формулы для дальности полета следует, что два угла α_1 и α_2 , при которых дальности равны, в сумме составляют 90° . По условию $\frac{V_0^2 \sin 2\alpha_1}{g} = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_1}{2g} + \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha_2}{2g}$, где V_0 – начальная скорость. Поскольку $\sin \alpha_2 = \cos \alpha_1$, получаем $\sin 2\alpha_1 = 1/2$, т.е. $\alpha_1 = 15^\circ$ и $\alpha_2 = 75^\circ$.

2. С каким горизонтальным ускорением нужно двигать гладкий клин с углом 45° при основании (см. рисунок), чтобы время соскальзывания небольшого тела с вершины до основания клина оказалось вдвое больше, чем время соскальзывания по неподвижному клину?



Решение:

Удобно рассмотреть движение тела по вертикали, поскольку его вертикальное смещение (высота клина) не зависит от горизонтального движения клина. При неподвижном клине вертикальное ускорение тела равно $g/2$. Чтобы время соскальзывания увеличилось вдвое, вертикальное ускорение должно стать равным $g/8$. Горизонтальную компоненту ускорения тела a_T находим из условия, что проекция ускорения тела на неподвижную ось, направленную вниз вдоль наклонной грани клина, равна $g/\sqrt{2}$, т.е. $a_T = 7g/8$. Ускорение клина $a_{кл}$ получим из кинематической связи – условия равенства ускорений тела и клина в проекции на неподвижную ось, перпендикулярную наклонной грани клина. В итоге имеем $a_{кл} = 3g/4$.

3. Имеется источник питания напряжением 18 В и три вольтметра. При подключении к источнику последовательно соединенных 1-го и 2-го вольтметров они показали напряжения 6 и 12 В соответственно. При подключении к источнику всех трех последовательно соединенных вольтметров 3-й показал 7,2 В. Каковы будут показания каждого из вольтметров, если 2-й и 3-й соединить параллельно, последовательно с ними включить 1-й и получившуюся из вольтметров цепь подключить к источнику?

Решение:

Известно, что вольтметр показывает напряжение на самом себе. По результатам первого подключения можно сделать вывод, что сопротивление 2-го вольтметра в два раза больше сопротивления 1-го (при последовательном соединении вольтметров через них идет одинаковый ток). При втором подключении напряжение на 1-м и 2-м вольтметрах вместе составляло, очевидно, $(18 - 7,2) \text{ В} = 10,8 \text{ В}$. Это напряжение должно делиться между вольтметрами в той же пропорции 1:2 (через вольтметры снова течет один и тот же ток), значит 1-й вольтметр показал 3,6 В, а 2-й 7,2 В (в сумме 10,8 В). Поскольку при втором подключении показания 2-го и 3-го вольтметров оказываются одинаковыми, то их сопротивления равны. При третьем подключении вольтметров (2-й и 3-й параллельно, 1-й последовательно с ними) **все вольтметры покажут по 9В**, поскольку ток, проходящий через 1-й вольтметр, поделится поровну между 2-м и 3-м.

4. В книгах по акустике приводится значение минимальной плотности потока энергии, различимой человеческим ухом (порога слышимости), которое на частотах ~ 1000 Гц составляет 10^{-12} Дж/(м²с). В звуковой волне плотность потока энергии выражается формулой $\rho c V^2/2$, где ρ – плотность воздуха, c – скорость звука в воздухе, V – амплитудное (максимальное) значение колебательной скорости частиц воздуха. Оценить величину V , соответствующую порогу слышимости.

Решение:

Приравняв плотность потока энергии к ее значению на пороге слышимости и подставив в полученное равенство значения плотности воздуха $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$ и скорости звука $c = 330 \text{ м/с}$, находим амплитуду колебательной скорости частиц воздуха $V \approx 7 \times 10^{-8} \text{ м/с} \approx 2,2 \text{ м/год}$.