

Межрегиональная олимпиада школьников
"Будущие исследователи – будущее науки" - 2014
Физика. Финал

РЕШЕНИЯ 10 класс

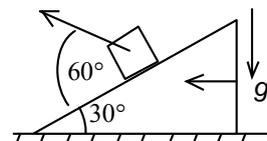
1. (30 баллов) Частица движется с ускорением, которое постоянно по величине и все время направлено перпендикулярно к скорости. За время τ перемещение частицы оказалось равным L , а вектор скорости частицы изменил направление на противоположное. Найти пройденный частицей путь (10 баллов) и ее ускорение (20 баллов).

Решение:

Частица движется по полуокружности, диаметр которой, очевидно, равен L . Пройденный частицей путь равен длине полуокружности, т.е. $\pi L/2$.

Ускорение частицы является центростремительным и находится по формуле V^2/R . Учитывая, что $V = \pi L/(2\tau)$, а $R = L/2$, получаем величину ускорения: $a = \pi^2 L/(2\tau^2)$.

2. (30 баллов) Клин с углом 30° при основании двигают горизонтально с ускорением, так что ускорение находящегося на клине бруска направлено под углом 60° к наклонной грани клина (см. рисунок). Чему равно ускорение клина? Трение между бруском и клином отсутствует, ускорение свободного падения g считать известным.



Решение:

Записывая второй закон Ньютона для бруска в проекции на неподвижную ось, параллельную наклонной грани клина (вдоль нее действует только проекция силы тяжести), находим, что проекция ускорения бруска на эту ось равна $g \sin 30^\circ$. Учитывая далее, что вектор ускорения бруска направлен под углом 60° к этой оси, найдем проекцию ускорения бруска на направление, перпендикулярное наклонной грани клина: она равна $g \sin 30^\circ \operatorname{tg} 60^\circ$. Такой же будет, очевидно, и проекция клина на данное направление (в этом направлении брусок и клин движутся вместе). По найденной проекции находим полное (направленное по горизонтали) ускорение клина

$$a_{\text{клин}} = g \operatorname{tg} 60^\circ = g \sqrt{3}.$$

3. (25 баллов) Цепочку длины L удерживают за верхний конец над столом, которого она касается своим нижним концом. Через какое время после освобождения цепочки ее кинетическая энергия достигнет максимального значения? Считать, что скорость упавших на стол звеньев мгновенно гасится до нуля из-за абсолютно неупругого удара. Ускорение свободного падения g считать известным.

Решение:

Обозначив через x смещение верхнего конца цепочки, из закона сохранения энергии найдем квадрат скорости любого элемента находящейся над столом части цепочки: $V^2 = 2gx$. Масса находящейся над столом части цепочки равняется $m(L - x)/L$, где m – масса всей цепочки. Таким образом, кинетическая энергия цепочки равна $gxm(L - x)/L$. График зависимости кинетической энергии от x представляет собой параболу с вершиной в точке $x = L/2$. При этом значении x кинетическая энергия и достигает максимума. Учитывая, что цепочка падает свободно, т.е. $x = gt^2/2$, находим время, через которое кинетическая энергия достигает максимума: $t = \sqrt{L/g}$.

4. (15 баллов) Термос – это сосуд с двойными стенками, из пространства между которыми откачан воздух. Термос предназначен для термоизоляции содержимого от окружающей среды. Оказывается, что откачка не улучшает термоизолирующие свойства термоса до тех пор, пока длина свободного пробега молекул воздуха между стенками термоса не станет больше расстояния между стенками. Почему?

Решение:

Тепловая энергия, поступающая в единицу времени к более холодной стенке, пропорциональна числу ударов молекул о стенку за это время, т.е., концентрации молекул, а также пропорциональна средней энергии, приносимой отдельной молекулой. При откачке газа уменьшается концентрация молекул, но зато увеличивается порция приносимой молекулой энергии. Действительно, при уменьшении концентрации растет (обратно пропорционально концентрации) длина свободного пробега и, как следствие, молекулы приходят к стенке из области с большей температурой. В результате поступающий к стенке поток тепла не изменяется. После того, как длина свободного пробега станет сравнимой с расстоянием между стенками, порция переносимой энергии перестанет расти, а число молекул-переносчиков будет продолжать убывать. В итоге поток тепла станет уменьшаться по мере откачки.