

Олимпиада «Шаг в будущее» по физике

10 класс, 2023 год

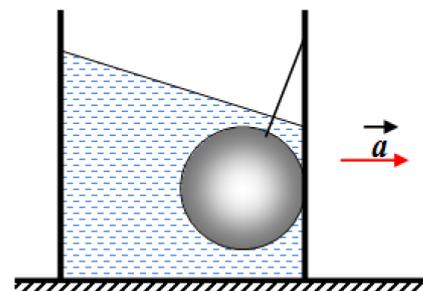
1. Небольшой камень бросили с края площадки, находящейся на высоте $h = 20$ м от поверхности земли под некоторым углом к горизонту. Время полета камня вверх до максимальной высоты на $\Delta t = 1$ с меньше, чем время его падения вниз до столкновения с землей. Сколько всего времени двигался камень? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивлением воздуха пренебречь.

$$v = \frac{v_0 \sin \alpha}{g} = t$$

2. Для исследования некоторой планеты по круговой орбите вокруг нее с постоянной скоростью движется искусственный спутник, совершая полный оборот за время $T_1 = 4$ часа. В результате маневра спутник переходит на другую круговую орбиту, на которой его скорость увеличилась в 2 раза. Как и на сколько часов изменился период обращения спутника по новой орбите?

$$v = \frac{2\pi R}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi R}{v}$$

3. Сосуд, имеющий форму прямоугольной призмы, заполнен водой. К боковой стенке сосуда подвешен на нити железный шарик, диаметр которого равен длине нити (см. рисунок). Трение шарика о стенку пренебрежимо мало. Сосуд движется с постоянным ускорением по горизонтальной поверхности, шарик при этом не касается дна сосуда и остается полностью погруженным в воду. При каких значениях ускорения a шарик не будет давить на стенку? Плотность воды $\rho_w = 10^3$ кг/м³, плотность железа $\rho_{ж} = 7,9 \cdot 10^3$ кг/м³. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

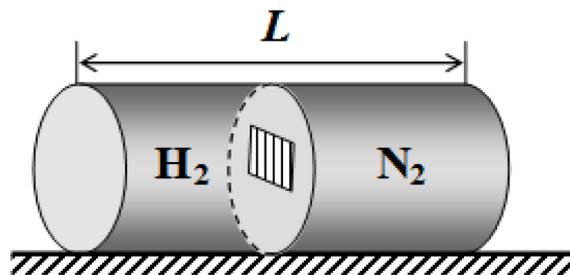


$$\rho_w \frac{v^2}{R} \leq \rho_{ж} g$$

4. С $\nu = 1$ моль идеального одноатомного газа совершают некоторый политропный процесс, в результате которого газ переходит из состояния с начальными давлением $p_1 = 4 \cdot 10^6$ Па и абсолютной температурой $T_1 = 400$ К в состояние с давлением $p_2 = 6 \cdot 10^6$ Па и абсолютной температурой $T_2 = 900$ К. Какое количество тепла получает газ в этом процессе? Связь давления p и объема V в политропном процессе описывается формулой $pV^n = \text{const}$, где показатель политропы n — некоторое действительное число. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31$ Дж/(моль · К).

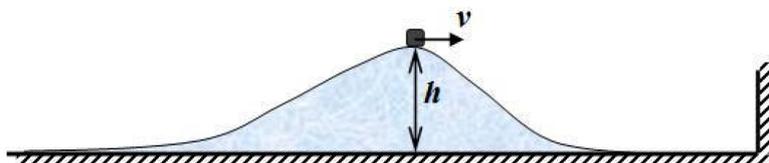
$$Q = \nu C_p (T_2 - T_1) = \nu \frac{C_p}{\gamma - 1} (T_2 - T_1)$$

5. На гладком горизонтальном столе покоится цилиндрический сосуд длиной $L = 36$ см. Сосуд разделен на две равные части неподвижной перегородкой, в которой имеется полупроницаемая мембрана; пропускающая молекулы водорода и не пропускающая молекулы азота (см. рисунок). Вначале мембрана закрыта, а сосуд заполнен в левой части водородом, а в правой — азотом. После открытия мембраны и установления теплового равновесия, давление в правой части сосуда оказалось в $n = 1,5$ раза больше, чем в левой. В какую сторону и на какое расстояние сдвинется при этом сосуд? Массой сосуда и перегородки пренебречь. Температуру газов за все время наблюдения считать одинаковой и неизменной. Молярные массы водорода и азота равны соответственно $\mu_B = 2$ г/моль, $\mu_A = 28$ г/моль.



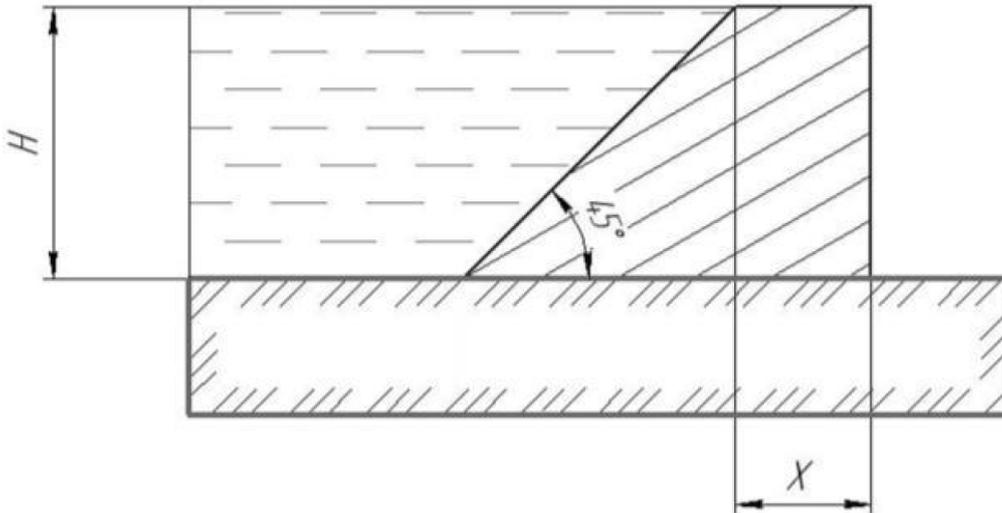
$$\text{Сосуд сместится влево на } s = \frac{L}{n} \left(\frac{\mu_B}{\mu_A} + 1 \right) = 2 \text{ см}$$

6. На горизонтальной поверхности льда находится ледяная горка высотой $h = 0,6$ м, которая может скользить по поверхности льда (см. рисунок). На вершине горки покоится маленькая шайба. Масса горки в $k = 3$ раза больше массы шайбы. Вначале горка и шайба неподвижны. Трение пренебрежимо мало. Какую минимальную горизонтально направленную скорость необходимо сообщить шайбе, чтобы она после того, как соскользнет с горки и ударится упруго о вертикальный бортик, смогла бы подняться на вершину горки при обратном движении? Считать, что при движении по горке шайба не отрывается от неё, все движения шайбы и горки по горизонтальной поверхности происходят вдоль одной прямой. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



$$v = \sqrt{\frac{2gh}{k}} = 0,4 \text{ м/с}$$

7. Ситуационная задача. Гравитационная плотина — это сооружение, преграждающее путь воде, удерживаемое на месте только силой трения между основанием конструкции и опорной поверхностью. Рассматриваемая плотина, горизонтальной протяженностью $a = 1$ м, выполнена из бетона, имеет поперечное сечение в форме трапеции, «мокрая» стенка которой наклонена под углом 45° к горизонту, а «сухая» стенка вертикальная. Коэффициент трения между конструкцией и опорной поверхностью $\mu = 0,25$, высота столба жидкости, равная высоте плотины, $H = 50$ м, плотность бетона $\rho_b = 2200$ кг/м³, плотность воды $\rho_v = 1000$ кг/м³. Найдите минимальную длину малого основания плотины X , обеспечивающую её неподвижность.



Минимальная длина малого основания плотины $X = 9,1$ м