

Видно, что это ускорение меньше найденных выше величин, силы трения не выходят за максимальные значения – движение и в самом деле происходит без проскальзывания, а ускорения тел равны найденной величине. А вот если бы взять силу побольше, скажем 12 Н, то более тяжелый нижний куб начал бы отставать, его ускорение стало бы равным  $a_2 = 3,5 \text{ м/с}^2$ , сила трения снизу составила бы 7 Н, и верхний куб двигался бы с ускорением  $a_4 = \frac{(12-7) \text{ Н}}{1 \text{ кг}} = 5 \text{ м/с}^2$ .

*Р.Александров*

**Ф1826.** На гладкой горизонтальной плоскости находится клин массой  $M$  с углом  $\alpha$  при основании. На клине удерживают неподвижно тонкий обруч массой  $m$ . Трение между обручем и поверхностью клина велико. Обруч отпускают, и он начинает двигаться по клину без проскальзывания. Найдите скорость клина в тот момент, когда центр обруча опустится на  $h$ .

Обозначим скорость клина  $v$ , скорость центра обруча относительно клина  $u$  (см. рисунок). Движение обруча происходит без проскальзывания (трение по условию велико), угловая скорость вращения обруча определяется относительным движением, поэтому «добавка» к кинетической энергии за счет вращения составит  $0,5mu^2$ . Для решения воспользуемся законом сохранения импульса (по горизонтали):

$$m(u \cos \alpha - v) = Mv,$$

откуда

$$u = \frac{v(n+1)}{\cos \alpha}, \text{ где } n = \frac{M}{m},$$

и законом сохранения механической энергии (проскальзывания нет – нет и выделения тепла):

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}m((u \cos \alpha - v)^2 + (u \sin \alpha)^2) + \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}Mv^2 = \\ = \frac{1}{2}m(u^2 - 2uv \cos \alpha + v^2) + \frac{1}{2}mu^2 + \frac{1}{2}Mv^2 = \\ = \frac{1}{2}mv^2(1+n)\left(\frac{2(1+n)}{\cos^2 \alpha} - 1\right) = mgh. \end{aligned}$$

Отсюда получаем

$$v = \sqrt{\frac{2gh}{\left(1 + \frac{M}{m}\right)\left(\frac{2(1 + M/m)}{\cos^2 \alpha} - 1\right)}}.$$

*Р.Обручев*

**Ф1827.** Молекула водяного пара при попадании в воду может отразиться, а может и «прилипнуть» – стать молекулой жидкости. Оцените вероятность «прилипания», если известно, что при  $+20^\circ \text{C}$  в условиях низкой влажности уровень воды в блюдце понижается за минуту примерно на 1,5 мм. Давление насыщенных паров при этой температуре составляет около 2 кПа.

При насыщении испарение и конденсация компенсируют друг друга. Испарение легко оценить по приведенным в условии данным. С единицы площади за минуту испаряется масса воды

$$m = 1 \cdot 0,0015 \cdot 1000 \text{ кг/мин} = 1,5 \text{ кг/мин}.$$

Это дает число молекул

$$\begin{aligned} N_{\text{исп}} = N_A \frac{m}{M} = 6 \cdot 10^{23} \text{ 1/моль} \cdot \frac{1,5 \text{ кг/мин}}{0,018 \text{ кг/моль}} = \\ = 5 \cdot 10^{25} \text{ 1/мин}. \end{aligned}$$

Посчитаем теперь число ударов молекул насыщенного пара о единицу площади поверхности воды за минуту:

$$N = \frac{1}{2}nvt = \frac{1}{2} \frac{p}{kT} \sqrt{\frac{RT}{M}} \cdot 1 \cdot 60 \approx 5 \cdot 10^{27} \text{ 1/мин}.$$

Видно, что для динамического равновесия нужно, чтобы «прилипла» в среднем одна из ста ударяющихся молекул. Таким образом, вероятность «прилипания» получается порядка 0,01.

*А.Паров*

**Ф1828.** Моль гелия расширяется при неизменной температуре  $T_0 = 300 \text{ К}$  в заданных пределах, получая при этом от внешних тел количество теплоты  $Q = 20 \text{ кДж}$ . Оцените работу газа при расширении в тех же пределах, но без подвода тепла извне.

Внутренняя энергия моля гелия при данной температуре составляет  $U = 1,5RT \approx 3,7 \text{ кДж}$ , что намного меньше количества теплоты, подведенного в процессе расширения. Это означает, что объем газа при расширении увеличился во много раз (оценку сделать легко, если знать формулу для расчета работы в изотермическом процессе – ведь при таком процессе все подведенное тепло идет на работу по расширению газа). Тогда легко сообразить, что без подвода тепла газ сможет совершить работу, практически равную «запасу» энергии:  $A = U_{\text{нач}} - U_{\text{кон}} \approx U_{\text{нач}} = U \approx 3,7 \text{ кДж}$ .

*А.Диабатов*

**Ф1829.** Простейший прибор для измерения сопротивления (омметр) состоит из последовательно соединенных батарейки, миллиамперметра и реостата (его часто называют переменным резистором или потенциометром). Измеряемый резистор подключают к выводам этой цепи. Перед началом измерений прибор настраивают – замыкают накоротко выводы цепи (это соответствует нулевому сопротивлению измеряемого резистора) и реостатом устанавливают стрелку миллиамперметра на конец шкалы. В нашем случае настроенный прибор при сопротивлении резистора  $R_1 = 500 \text{ Ом}$  отклоняется на  $3/4$  шкалы, а при сопротивлении  $R_2 = 1500 \text{ Ом}$  – на  $1/2$  шкалы. В каком месте шкалы у нашего омметра должна стоять отметка 1 кОм? А 300 Ом? Какое сопротивление еще можно измерить нашим прибором со сколь-нибудь разумной точностью, если суммарная погрешность измерений тока лежит в пределах  $\pm 2$  деления шкалы (всего на шкале миллиамперметра 100 одинаковых делений)?

Обозначим напряжение батарейки  $U$ , ток полного отклонения прибора  $I$ , сопротивление реостата  $r$ . Тогда