

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 α 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 ± 2 деления шкалы (всего на шкале миллиамперметра 100 одинаковых делений)?

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