

ментов относительно точки  $O_1$ :

$$N_2 l - \frac{mgl}{2} + \mu N_2 h = 0,$$

откуда

$$N_2 = \frac{mg}{2(1 + \mu h/l)}.$$

Работа силы трения при этом равна

$$A_1 = \mu N_2 L_1 = \frac{\mu mg L_1}{2(1 + \mu h/l)}.$$

Аналогично, при торможении передними колесами запишем уравнение моментов относительно точки  $O_2$ :

$$\frac{mgl}{2} - N_1 l + \mu N_1 h = 0,$$

или

$$N_1 = \frac{mg}{2(1 - \mu h/l)}.$$

Работа сил трения в этом случае равна

$$A_2 = \mu N_1 L_2 = \frac{\mu mg L_2}{2(1 - \mu h/l)}.$$

При торможении всеми четырьмя колесами

$$mg = N_1 + N_2 \text{ и } A_3 = \mu(N_1 + N_2)L_3 = \mu mg L_3.$$

Поскольку

$$\frac{mv_0^2}{2} = A_1 = A_2 = A_3,$$

окончательно получаем

$$L_3 = \frac{L_1 + L_2}{4}.$$

В.Слободянин

**Ф1796.** На гладком горизонтальном столе находится куб из пенопласта массой  $M = 40$  г. В него попадает ледяная пуля массой  $m = 10$  г, летящая перед ударом горизонтально со скоростью  $v = 100$  м/с. Должно быть, у пули центр тяжести был смещенным – она вылетела через верхнюю грань куба, причем канал на выходе при осмотре оказался перпендикулярным верхней плоскости куба. Пуля после вылета не долетела до потолка. Считая начальные температуры пули и куба равными  $0^\circ\text{C}$ , оцените массу растаявшего льда.

Из условия про недолет до потолка следует, что скорость пули на выходе никак не более нескольких метров в секунду (исходя из оценки высоты потолка относительно верхней плоскости стола), поэтому энергетической долей вертикального движения пули явно можно пренебречь (наши оценки довольно грубые). Из закона сохранения горизонтальной составляющей импульса найдем скорость движения куба  $u$  (а пуля движется по горизонтали с такой же скоростью):

$$u = \frac{mv}{m + M} = 20 \text{ м/с}.$$

Начальная кинетическая энергия системы составляет

$$\frac{mv^2}{2} = 50 \text{ Дж},$$

а после вылета пули –

$$\frac{(m + M)u^2}{2} = 10 \text{ Дж}.$$

В тепло переходит разница – примерно 40 Дж. Трудно сказать, как распределится это тепло между пенопластовым кубом и ледяной пулей. Учитывая малую теплопроводность и низкую плотность пенопласта, разумно предположить, что «львиная» доля выделившегося тепла пойдет на плавление пули, в этом случае масса растаявшего льда составит

$$\frac{40 \text{ Дж}}{330 \text{ Дж/г}} \approx 0,1 \text{ г}.$$

Более точный расчет просто не имеет смысла.

А.Простов

**Ф1797.** В сосуд, заполненный воздухом под давлением  $p_0 = 1$  атм при температуре  $t_0 = -23^\circ\text{C}$ , поместили маленькую льдинку, после чего герметично его закрыли. Затем сосуд нагрели до температуры  $t_1 = 227^\circ\text{C}$ , и оказалось, что давление в нем повысилось до  $p_1 = 3$  атм. Какова будет относительная влажность воздуха в сосуде после его охлаждения до температуры  $t_2 = 100^\circ\text{C}$ ?

Процессы нагревания и охлаждения сосуда происходят при постоянном объеме. Поэтому давление в сосуде при температуре  $T_1$  может быть найдено по формуле

$$p_1 = p_0 \frac{T_1}{T_0} + p_{1\text{воды}},$$

где  $p_{1\text{воды}}$  – давление паров воды при температуре  $T_1$ . При записи этого соотношения мы воспользовались законом идеальных газов (для воздуха), а также учли, что давление паров воды при температуре  $T_0$  пренебрежимо мало по сравнению с давлением  $p_0$  и что давление смеси газов равно сумме их парциальных давлений. Отсюда находим

$$p_{1\text{воды}} = p_1 - p_0 \frac{T_1}{T_0} = 1 \text{ атм},$$

что явно ниже давления насыщенных паров воды при температуре  $t_1 = 227^\circ\text{C}$ . Следовательно, при охлаждении от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  давление паров воды также останется меньше давления насыщенных паров воды при температуре  $t_2$ , равного  $p_{н2} = 1$  атм. Для нахождения давления паров воды при этой температуре применим закон идеальных газов:

$$p_{2\text{воды}} = p_{1\text{воды}} \frac{T_2}{T_1} = \left( p_1 - p_0 \frac{T_1}{T_0} \right) \frac{T_2}{T_1} = 0,746 \text{ атм}.$$

Тогда относительная влажность воздуха в сосуде будет равна

$$\varphi = \frac{p_{2\text{воды}}}{p_{н2}} = \frac{(p_1 T_0 - p_0 T_1) T_2}{T_0 T_1 p_{н2}} = \frac{0,746 \text{ атм}}{1 \text{ атм}} = 74,6\%.$$

М.Семенов

**Ф1798.** Говорят, что в архиве лорда Кельвина нашли обрывок рукописи, на котором был изображен замкнутый цикл для  $\nu = 1$  моль гелия в координатах  $p, V$  (см. рисунок). Цикл состоял из изотермы 1–2, изохоры 2–3 и адиабаты 3–1. КПД данного цикла  $\eta =$