переходящий же на следующую дорожку не отнимает импульс у дорожки (он «уходит» перпендикулярно), поэтому искомую силу можно выразить через приращение импульса системы за одну секунду:

$$F_1 = NMv_1 = 1600\ \text{Н}.$$

Аналогично, для второй дорожки важно приращение скорости человека, приходящего с первой дорожки, – эта величина в два раза меньше предыдущей (от 2 до 3 м/с), тогда

$$F_2 = NM(v_2 - v_1) = 800\ \text{Н}.$$

Р.Простов

Ф1655. *Моль гелия в процессе расширения получает тепло, его теплоемкость при этом составляет $C = 15$ Дж/(моль·К). Найдите изменение температуры газа в этом процессе при совершении им работы $A = 20$ Дж.*

Запишем уравнение первого начала термодинамики для данного процесса:

$$Q = A + \Delta U,\ \text{или}\ C\Delta T = A + C_V\Delta T.$$

Отсюда находим

$$\Delta T = \frac{A}{C - C_V} = \frac{A}{C - 1{,}5R} \approx 8\ \text{К}.$$

Итак, температура моля гелия в процессе расширения возрастает на 8 К.

М.Учителев

Ф1656. *В вершинах правильного треугольника со стороной d находятся три маленьких заряженных тела. Одно из них закреплено, два других – масса каждого из них M, заряд Q – свободны. Какой заряд нужно поместить на закрепленное тело, чтобы при отпускании двух других их ускорения оказались минимальными? Чему будет равна величина этого ускорения?*

Между подвижными зарядами действует кулоновская сила отталкивания, равная $F = kQ^2/d^2$. Ясно, что третий заряд следует выбрать противоположного знака, тогда на каждый из подвижных зарядов будет действовать дополнительная сила притяжения к неподвижному заряду, равная $f = kqQ/d^2$. Для получения минимального ускорения нужна минимальная суммарная сила. Проще всего разложить силу $\vec{F}$ на направление вдоль силы $\vec{f}$ и перпендикулярно этому направлению и записать квадрат модуля полной силы в виде $(f - F\cos 60°)^2 + (F\sin 60°)^2$. Минимальное значение суммарной силы получим, выбирая оптимальное значение силы f, – ясно, что оно должно обратить в ноль первое слагаемое. Итак,

$$f = F\cos 60° = 0{,}5F.$$

Отсюда получаем, что заряд закрепленного тела должен быть вдвое меньше Q по модулю и иметь противоположный знак:

$$q = -Q/2.$$

В этом случае ускорение каждого подвижного тела в первый момент определяется составляющей силы $\vec{F}$ на направление, перпендикулярное силе $\vec{f}$:

$$a = \frac{F\cos 30°}{M} = \frac{kQ^2\sqrt{3}}{2Md^2}.$$

А.Зильберман

Ф1657. *Два одинаковых громкоговорителя подключены параллельно к выходу генератора звуковых колебаний, а очень маленький микрофон расположен в отдалении. При неизменной температуре воздуха $T = 300$ К мы проводим эксперимент – изменяем частоту генератора и наблюдаем за показаниями чувствительного вольтметра, который измеряет выходной сигнал микрофона. При частоте $f_1 = 2400$ Гц получается максимум выходного сигнала микрофона, на частоте $f_2 = 2600$ Гц – минимум, а между этими частотами уровень сигнала от микрофона монотонно убывает. Что будет наблюдаться на частоте $f_3 = 400$ Гц? При какой температуре воздуха получился бы максимум на частоте f_2? Отражения звуковых волн от стен, пола и потолка не происходит.*

Будем считать, что разность расстояний от громкоговорителей до микрофона равна d, а громкоговорители подключены так, что излучают в фазе (при «переподключении» одного из них излучаемые волны были бы противофазны). Запишем условие максимума на частоте f_1:

$$d = n\lambda_1 = \frac{nc}{f_1},$$

где c – скорость звука при температуре 300 К, n – любое целое число. Из условия задачи следует, что на частоте f_2 выполняется соотношение

$$d = (n + 0{,}5)\lambda_2 = (n + 0{,}5)\frac{c}{f_2}.$$

Из записанных уравнений можно определить число n:

$$\frac{n + 0{,}5}{n} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{2600}{2400},\ \text{и}\ n = 6.$$

Итак, разность хода равна длине волны, которая соответствует частоте $f_1/4 = 400$ Гц. Ясно, что на этой частоте получится максимум.

Теперь об опытах при измененной температуре. Скорость звука при изменении температуры газа меняется таким же образом, как и скорости молекул (например – как среднее квадратичное значение скоростей), т.е. пропорционально корню квадратному из температуры. Запишем условие получения максимума на частоте f_2:

$$d = m\lambda = \frac{mc_1}{f_2},$$

или

$$\frac{mc_1}{f_2} = \frac{nc}{f_1}.$$

Ближайшая температура T_1, соответствующая скорости c_1, должна получиться при $m = 6$:

$$\sqrt{\frac{T}{T_1}} = \frac{c}{c_1} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{13}{12},$$

и

$$T_1 = T\left(\frac{f_2}{f_1}\right)^2 = 300\frac{169}{144}\ \text{К} \approx 352\ \text{К}.$$

Подстановка значения $m = 7$ дает температуру $T_2 = 278$ К. Формально можно подставлять и другие целочисленные значения m, но соответствующие им температуры совсем уж не способствуют проведению физических экспериментов.

Р.Александров