

Таким образом, ответ задачи: поршни «схлопнутся», т.е. $d=0$! Более подробное доказательство неустойчивости положения равновесия приведено в журнале «Фокус» №3 за 1995 год.

11-4. Найдем скорость, которую приобретет каждая перемычка в ходе быстрого включения поля.

При изменении магнитного поля возникает эдс индукции

$$E_{\text{инд}} = al_0 \frac{\Delta B}{\Delta t},$$

где a – расстояние между рельсами, l_0 – начальное расстояние между перемычками. (Так как поле изменяется быстро, что смещением перемычек за время «включения» пренебрегаем.)

В контуре возникнет электрический ток силой

$$I = \frac{E_{\text{инд}}}{R} = \frac{al_0}{R} \frac{\Delta B}{\Delta t},$$

(R – общее сопротивление перемычек).

Сила, действующая на перемычку (внутрь)

$$F = IBa = \frac{a^2 l_0}{R} B \frac{\Delta B}{\Delta t}.$$

Импульс, приобретенный перемычкой

$$mv = \sum F \Delta t = \frac{a^2 l_0}{R} \sum B \Delta B = \frac{a^2 l_0}{R} \frac{B_0^2}{2},$$

где B_0 – индукция включенного поля.

Отсюда скорость, которую преобретут перемычки равна $v_0 = \frac{a^2 l_0}{2Rm} B_0^2$.

Дальше перемычки движутся в постоянном поле B_0 . При этом в контуре также возникает эдс индукции

$$E_{\text{инд}} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = B_0 a \frac{\Delta l}{\Delta t} = 2B_0 a v,$$

v – текущее значение скорости. (коэффициент 2 появился из-за того, что движутся две перемычки.)

Тормозящая сила, действующая на одну из перемычек равна

$$F = IBa = \frac{E_{\text{инд}}}{R} B_0 a = 2 \frac{B_0^2 a^2}{R} v.$$

Запишем уравнение второго закона Ньютона:

$$m \frac{\Delta v}{\Delta t} = -2 \frac{B_0^2 a^2}{R} v,$$

учитывая, что $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$, получим

$$m \frac{\Delta v}{\Delta x} = -2 \frac{B_0^2 a^2}{R},$$

т.е. до остановки каждая перемычка пройдет расстояние

$$x_1 = \frac{mv_0 R}{2B_0^2 a^2} = \frac{mR}{2B_0^2 a^2} \frac{B_0^2 a^2 l_0}{2Rm} = \frac{l_0}{4}.$$

Окончательно, расстояние между перемычками уменьшится на $2x_1 = \frac{l_0}{2}$,

т.е. уменьшится в два раза. Интересно отметить, что результат не зависит от параметров задачи.

11-5. Давление газа найдем с помощью уравнения состояния

$$P_0 = nkT = \frac{N}{\pi r^2 l} kT,$$

где N – число молекул, l – длина трубки.

Давление света может быть оценено, как суммарный импульс фотонов, попадающих на единичную площадку стенки трубки в единицу времени

$$P_c = \frac{1}{2} P_0 \nu,$$

где $P_0 = \frac{h}{\lambda}$ – импульс фотона; ν – число фотонов, падающих на единицу площади внутренней поверхности в единицу времени

$$\nu = \frac{N}{\tau} \frac{1}{2\pi r l},$$

$\frac{N}{\tau}$ – число фотонов, испущенных газом в единицу времени. Множитель $1/2$ учитывает тот факт, что фотоны падают под произвольными углами.

Итого отношение давлений

$$\eta = \frac{P_c}{P_0} = \frac{1}{2} \frac{h}{\lambda} \frac{N}{\tau} \frac{1}{2\pi r l} \frac{\pi r^2 l}{NkT} = \frac{hr}{4\lambda \tau kT} \approx 5 \cdot 10^{-7}.$$