

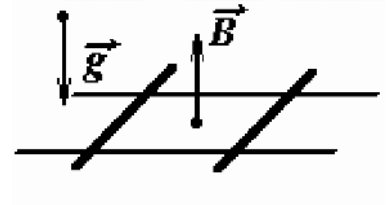
Условие

11-4. На двух горизонтальных параллельных проводящих рельсах свободно лежат две одинаковых проводящих перемычки параллельно друг другу и перпендикулярно рельсам. В некоторый момент времени достаточно быстро “включили” однородное вертикальное магнитное поле. Считая, что сопротивление рельсов значительно меньше сопротивления перемычек и пренебрегая трением, найдите, во сколько раз изменилось расстояние между перемычками.

Решение

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 приобретут 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.