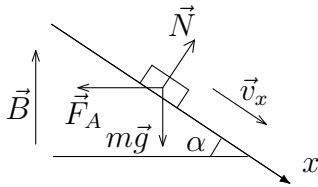


Решение задачи 6 (III уровень)

При решении задачи будем считать лабораторную систему отсчета, относительно которой рельсы и источник магнитного поля остаются неподвижными, инерциальной. Пусть ось x этой системы отсчета направлена так, как показано на рисунке. Поскольку при движении перемычки в контуре, образованном рельсами, перемычкой и замыкающим рельсы конденсатором, изменяется поток магнитного поля, сцепленный с этим контуром, то согласно правилу потока Фарадея-Максвелла в нем возникает ЭДС индукции. Следовательно, в этом контуре должен возникнуть индукционный ток, который будет заряжать конденсатор, протекая по перемычке. Поэтому на перемычку наряду с силами тяжести $m\vec{g}$, где \vec{g} – ускорение свободного падения, и реакции \vec{N} со стороны рельс будет действовать сила Ампера \vec{F}_A .



По условию задачи силами трения при движении перемычки следует пренебречь. Поэтому проекция на ось ox силы реакции рельс на перемычку следует считать равной нулю. По условию задачи вся система находится в сильном магнитном поле. Следовательно, можно пренебречь магнитным полем, порождаемым

токами индукции и считать, что модуль ЭДС, действующей в контуре при движении перемычки со скоростью v_x , равен $\varepsilon = |\dot{\Phi}| = Bbv_x \cos \alpha$. Под действием этой ЭДС по перемычке будет протекать ток J , изменяющей заряд q конденсатора.

Поскольку иное в условии задачи не оговорено, будем считать, что конденсатор был первоначально не заряжен. В соответствии с условием задачи будем пренебрегать индуктивностью и сопротивлением цепи заряда этого конденсатора. Тогда, согласно определению емкости конденсатора, нужно считать, что в тот момент, когда в указанном выше контуре действует ЭДС ε , т.е. скорость перемычки равна v_x , заряд конденсатора равен $q = C\varepsilon$. Следовательно, в этот момент в контуре течет ток $J = \dot{q}$.

Как известно, сила Ампера направлена перпендикулярно плоскости, в которой располагаются вектор индукции магнитного поля и ось проводника, вдоль которой по проводнику течет ток. Согласно правилу Ленца направление индукционного тока таково, что порождаемое им магнитное поле стремится скомпенсировать действие причины, приведшей к возникновению этого тока. Следовательно, сила Ампера, действующая на перемычку, направлена горизонтально и прижимает перемычку к рельсам, стремясь затормозить ее движение, т.е. направлена так, как показано на рисунке. Модуль силы Ампера равен $F_A = JBb$, т.к. все участки перемычки, по которым течет ток, находятся, согласно сделанному выше предположению, в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией \vec{B} .

Таким образом, перемычка вдоль оси x движется под действием составляющих силы тяжести $mg \sin \alpha$ и силы Ампера $F_{Ax} = -CB^2b^2\dot{v}_x \cos^2 \alpha$. Поэтому уравнение движения перемычки имеет вид:

$$m\dot{v}_x = mg \sin \alpha - CB^2b^2\dot{v}_x \cos^2 \alpha,$$

т.е. перемычка при выполнении сделанных предположений движется с постоянным ускорением вдоль оси x

$$\dot{v}_x = \frac{mg \sin \alpha}{m + CB^2b^2 \cos^2 \alpha}.$$

Отсюда, учитывая, что начальная скорость перемычки $v_x(0) = 0$, получаем, что заданное расстояние L перемычка пройдет за такое время τ , что $L = 0,5\dot{v}_x\tau^2$. Следовательно,

искмое время движения перемычки при выполнении сделанных предположений равно:

$$\tau = \sqrt{\frac{2L}{mg \sin \alpha} (m + CB^2 b^2 \cos^2 \alpha)}.$$

Примечание.

* – здесь, как это принято в физике, производные функций по времени обозначены с помощью надлежащего числа точек, поставленных над символом этой функции.