

Методика решения задач раздела электромагнетизм

Грачев А.В.

Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова,
кафедра общей физики

grachev_av61@list.ru

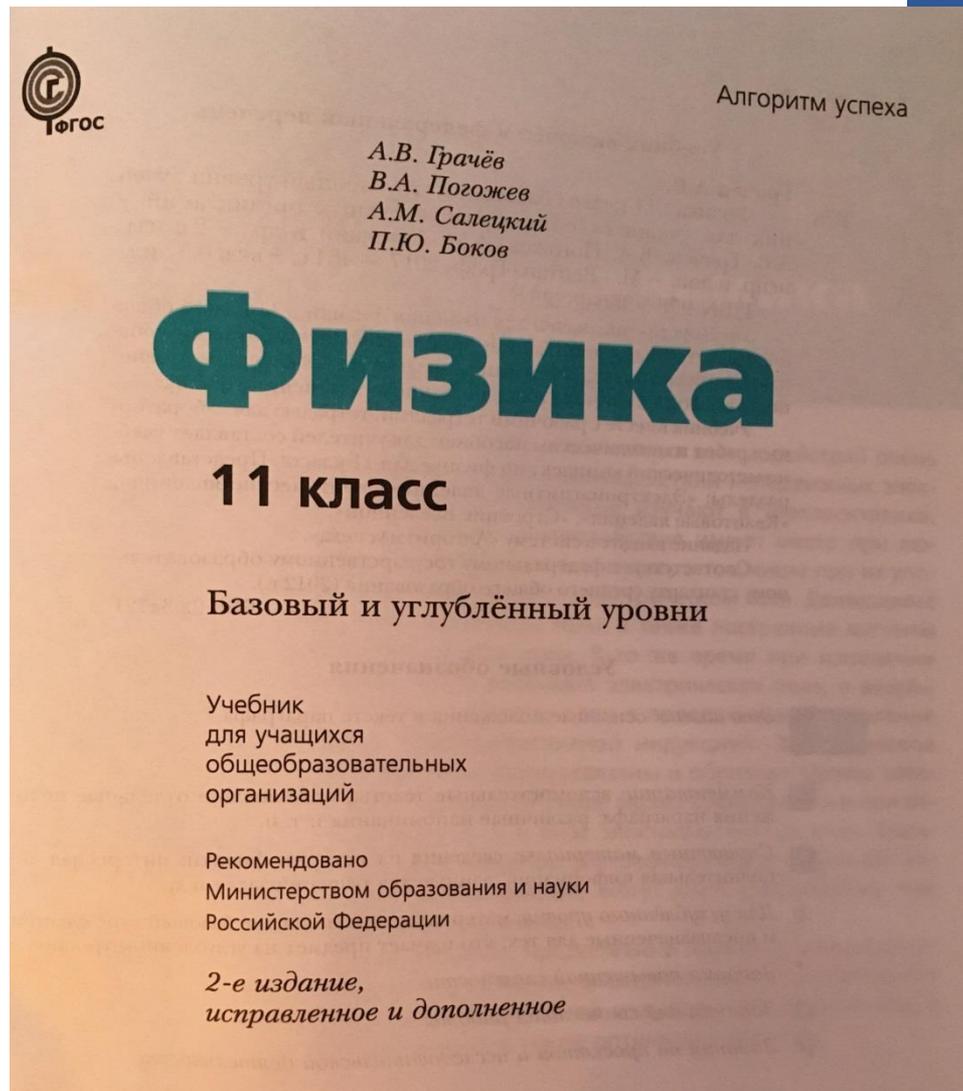
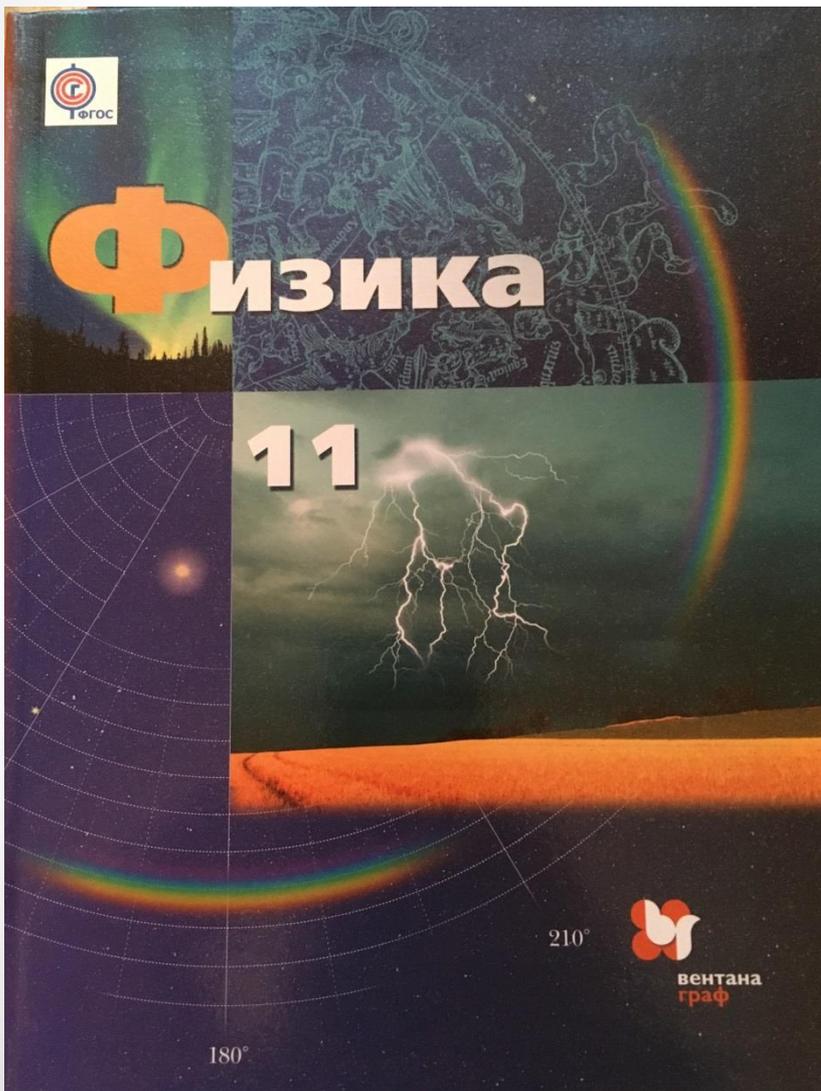
Как достичь успеха в изучении физики?

Либо учить

Либо понимать

Выбор за Вами

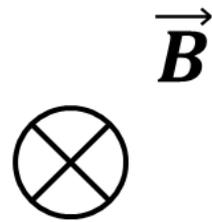
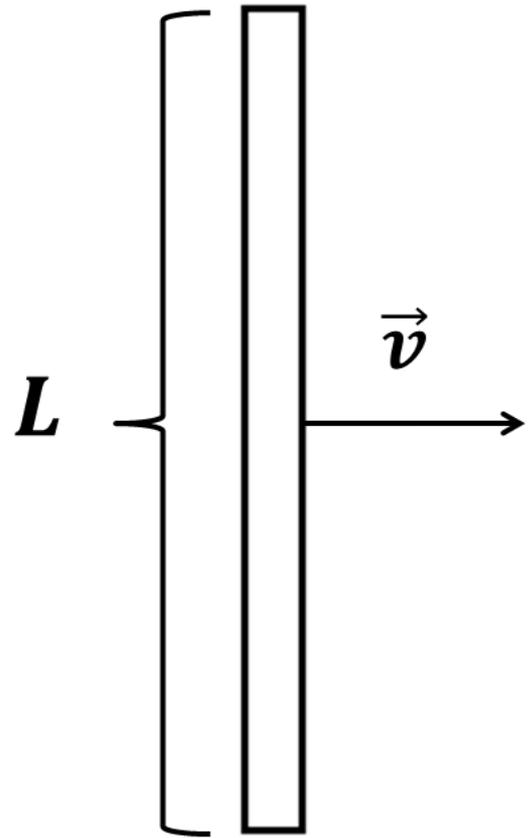
Есть УМК по физике, который поможет
Вашим ученикам ее понимать.



Опыты Фарадея =>

Электромагнитная индукция

В чём физика?



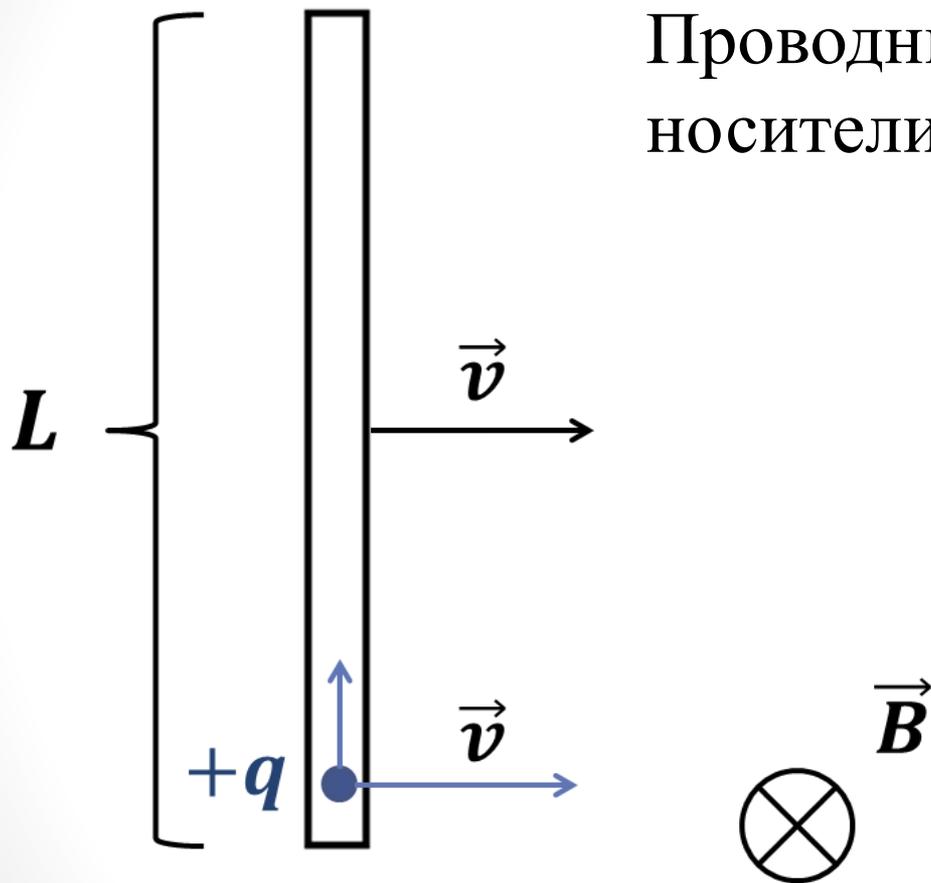
Первый подход

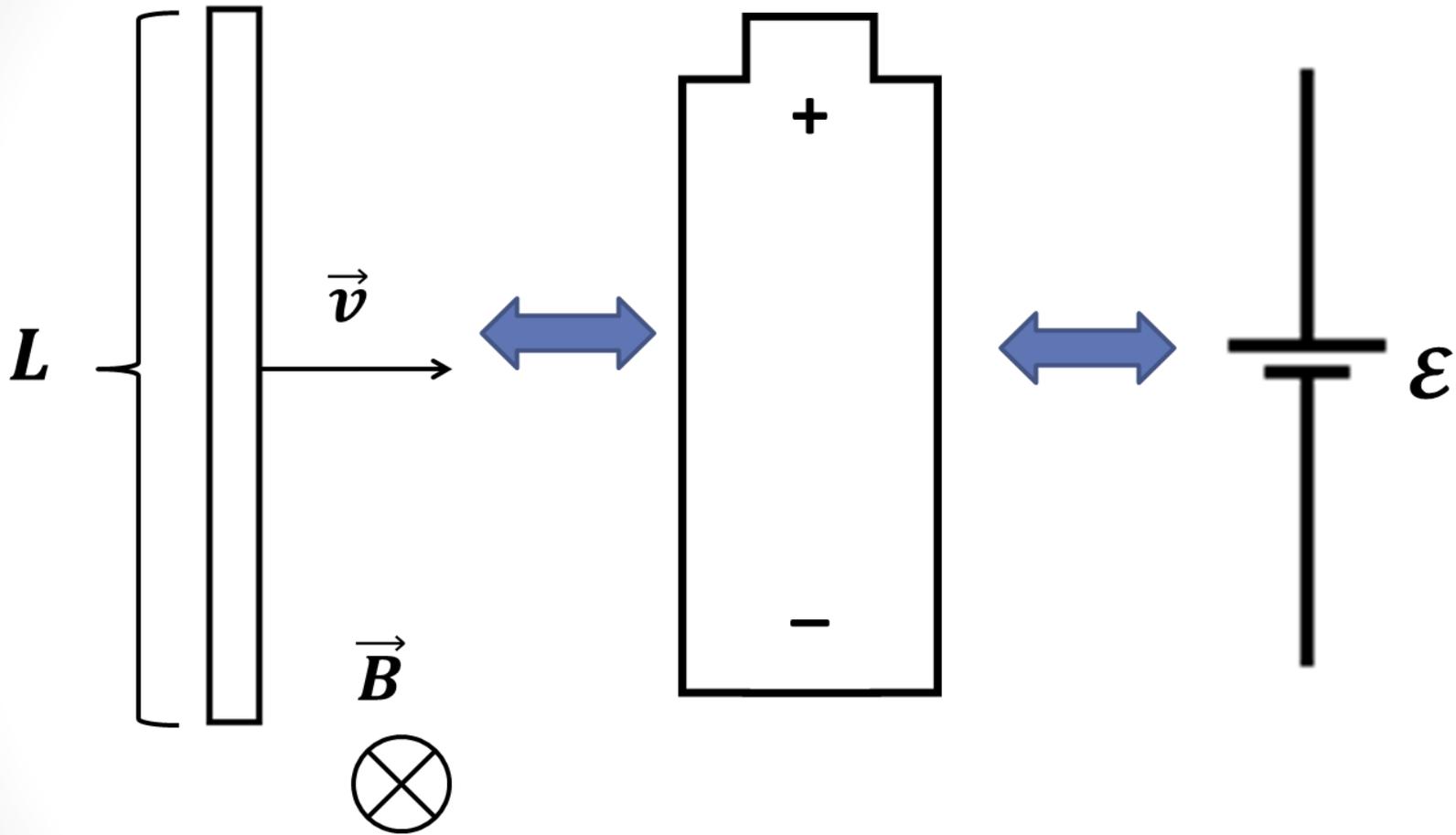
Проводник => Есть свободные носители заряда

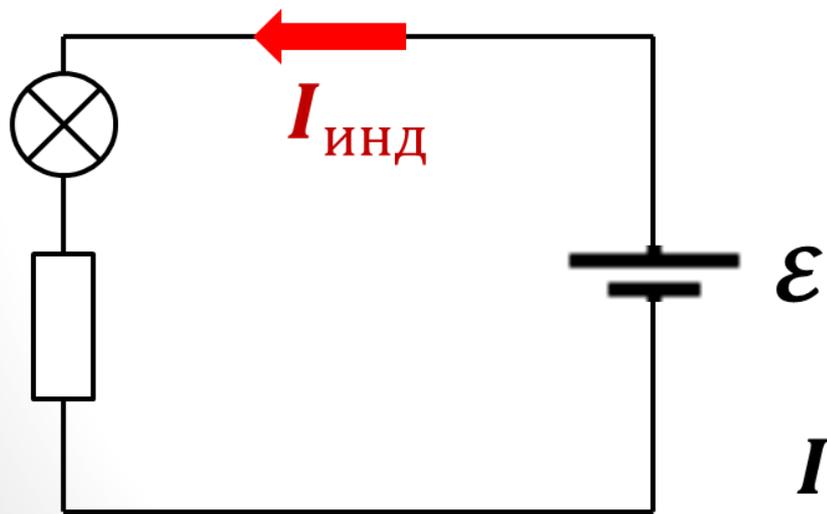
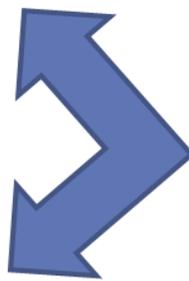
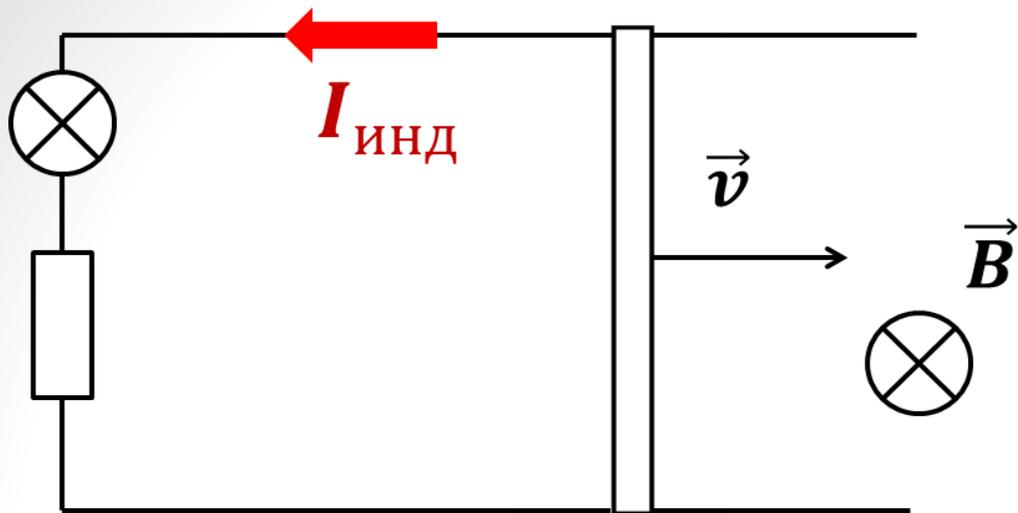
$$F_M = qvB$$

$$A_{CT} = F_M L$$

$$\mathcal{E} = \frac{A_{CT}}{q} = vBL$$

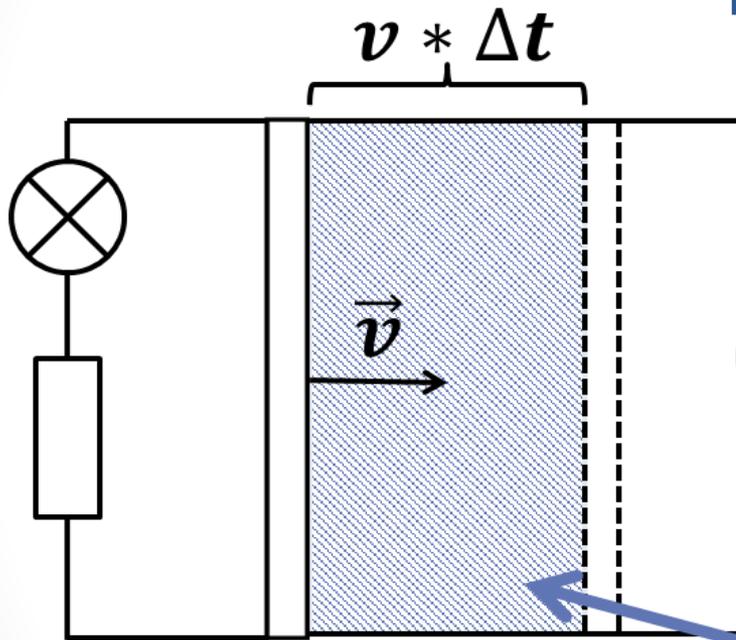






$$I_{\text{инд}} = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{общ}}} = \frac{vBL}{R_{\text{общ}}}$$

Второй подход Закон электромагнитной ИНДУКЦИИ

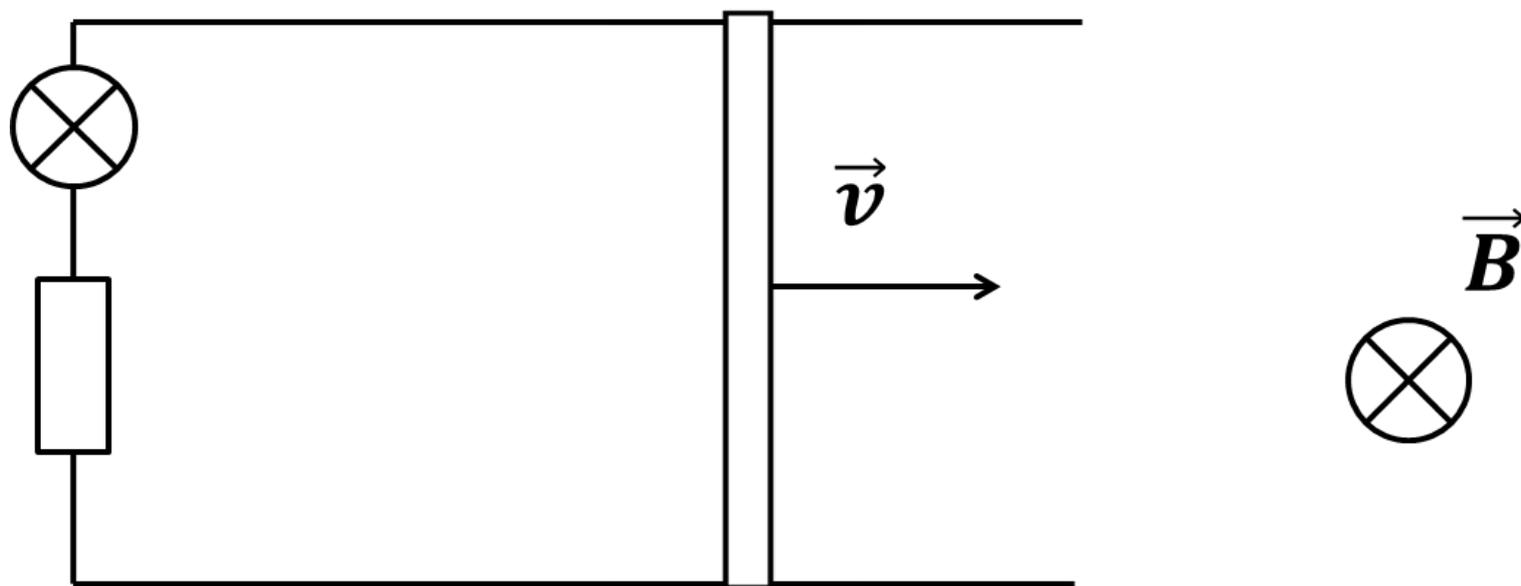


$$\Delta S = v * \Delta t * L$$

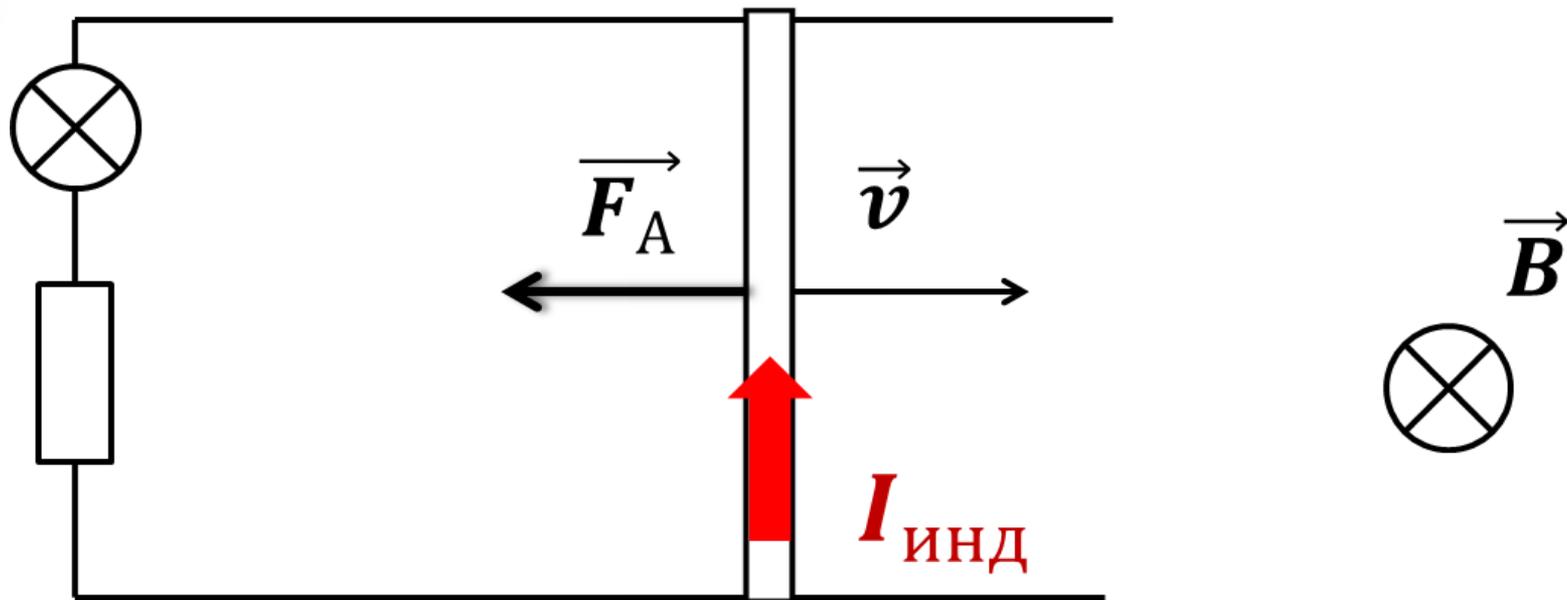
$$\Delta \Phi = B * \Delta S$$

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -v * B * L$$

Что с энергией?



$$\frac{mv^2}{2} = Q_{\text{Дж}}$$



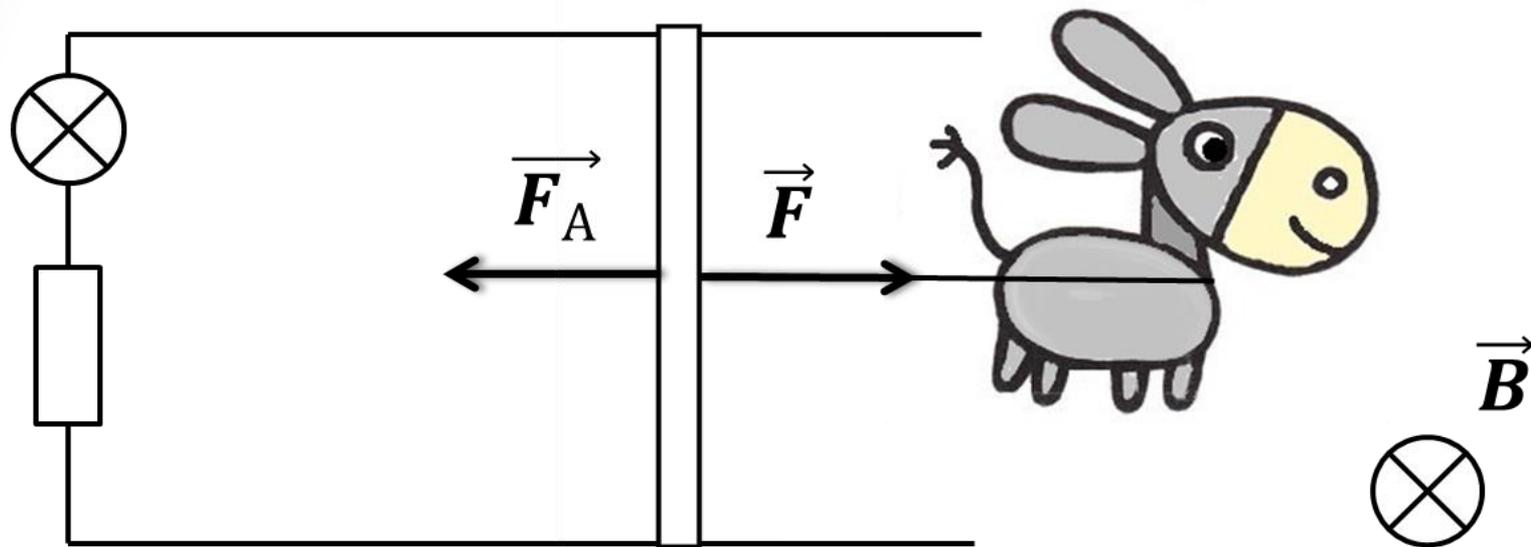
$A_{\text{ст}} + A_A = 0$ (работа сил Лоренца)

(>0) (<0)

ЭДС Тормоз

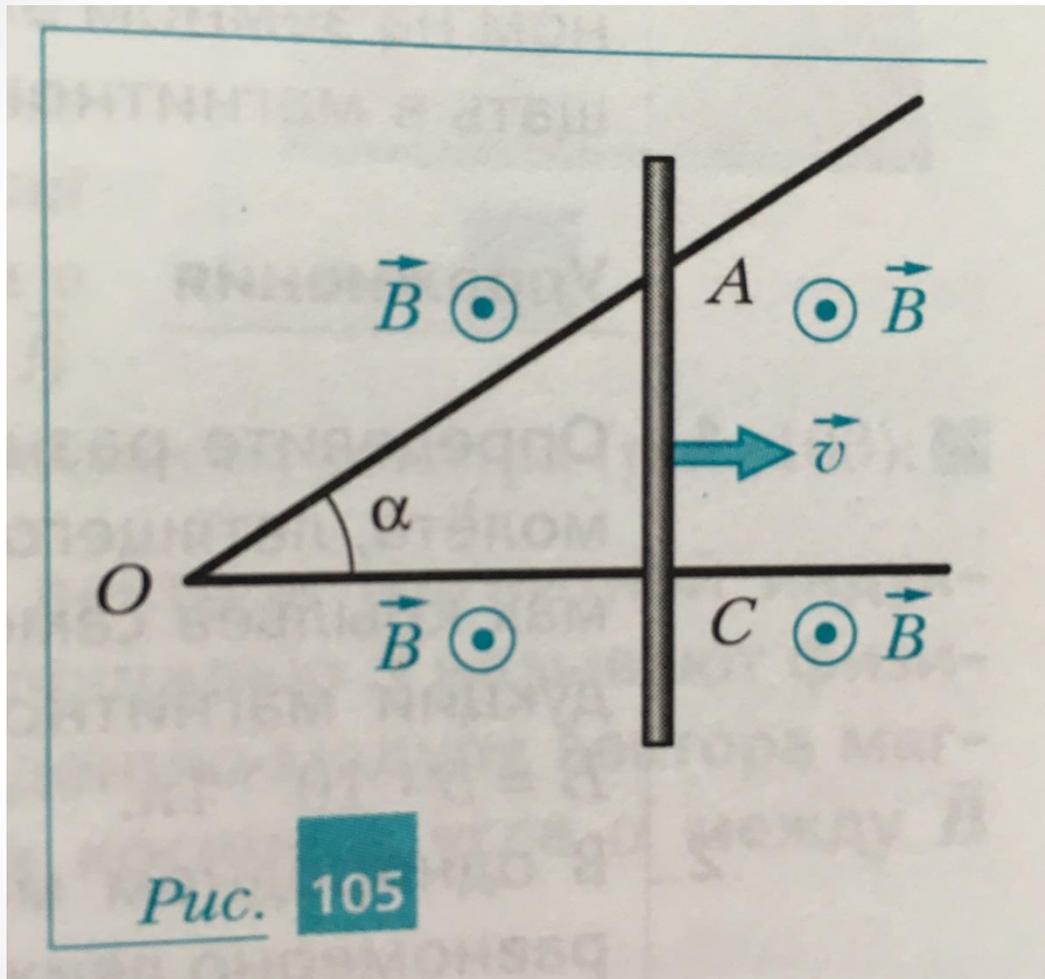
$$A_A + A_F = 0$$

$$\Rightarrow A_F = -A_A = A_{\text{ст}} = Q_{\text{Дж}}$$



Электростанция

Физика 11, стр. 133



$$\mathcal{E}(t) = ?$$

$$I(t) = ?$$

Возможно применение обоих методов!

А есть ли отличия? Когда какой?

Чтобы ответить, необходимо
понимать:

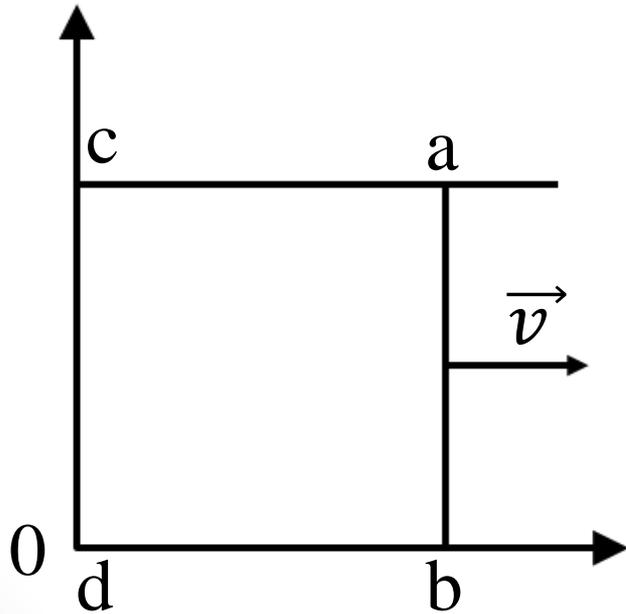
В чем природа ЭДС индукции?

Где локализована ЭДС
индукции?

ЭДС индукции возникает при
относительном движении
проводника относительно
магнитного поля (или поля
относительно проводника)

=> Выбор метода (первый или
второй) зависит от нашего
знания этого относительного
движения.

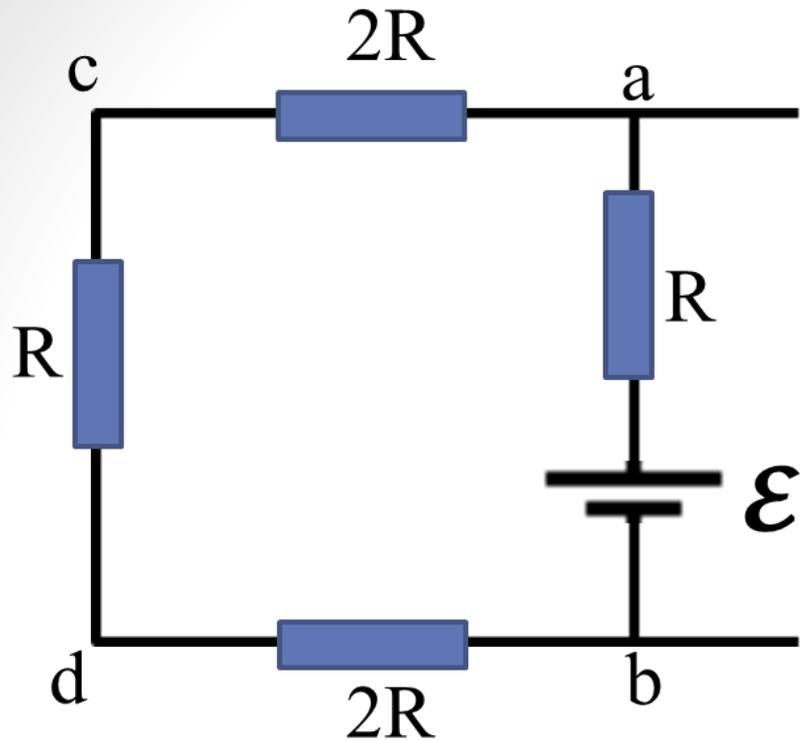
По П-образному проводнику $acdb$ постоянного сечения скользит со скоростью \vec{v} медная перемычка ab длиной l из того же материала и такого же сечения (см. рис.). Проводники, образующие контур, помещены в постоянное однородное магнитное поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно плоскости проводников и равен по модулю B . Определить разность потенциалов U между точками a и b в тот момент, когда $ac = 2ab$.



Где \mathcal{E} ?

\mathcal{E} – на $[ba]$

– есть внутреннее сопротивление

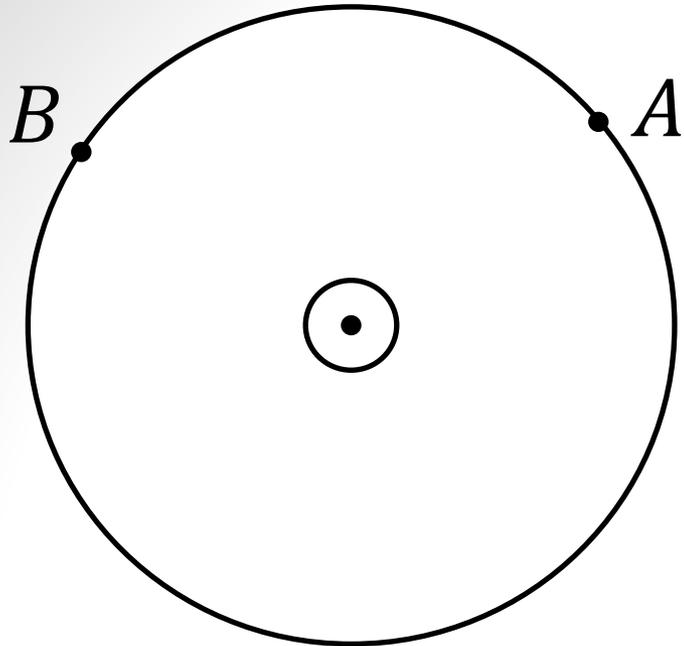


$$(1) \quad \mathcal{E} = vBl$$

$$(2) \quad \mathcal{E} = I(R + 2R + 2R + R) = I * 6R$$

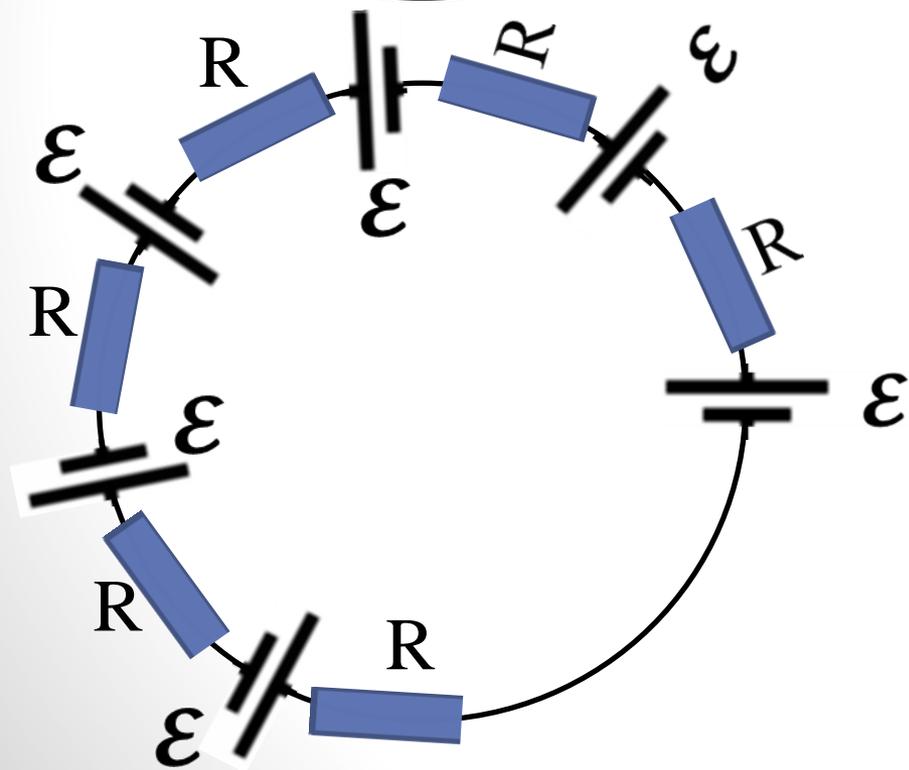
$$(3) \quad \varphi_a - \varphi_b = I(R + 2R + 2R) = \mathcal{E} - IR$$

$$\Rightarrow \varphi_a - \varphi_b = I * 5R = \frac{\mathcal{E}}{6R} * 5R = \frac{5}{6} vBl$$



$$\varphi_a - \varphi_b = ?$$

$$B(t) = B_0 - kt$$

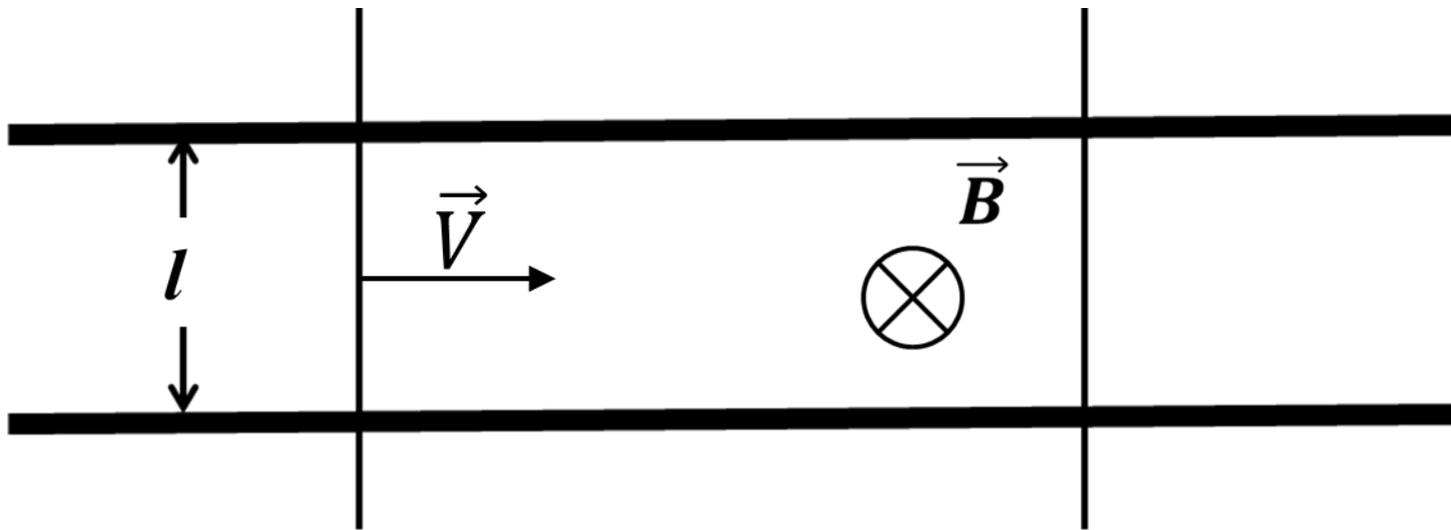


$$I = \frac{N\mathcal{E}}{NR}$$

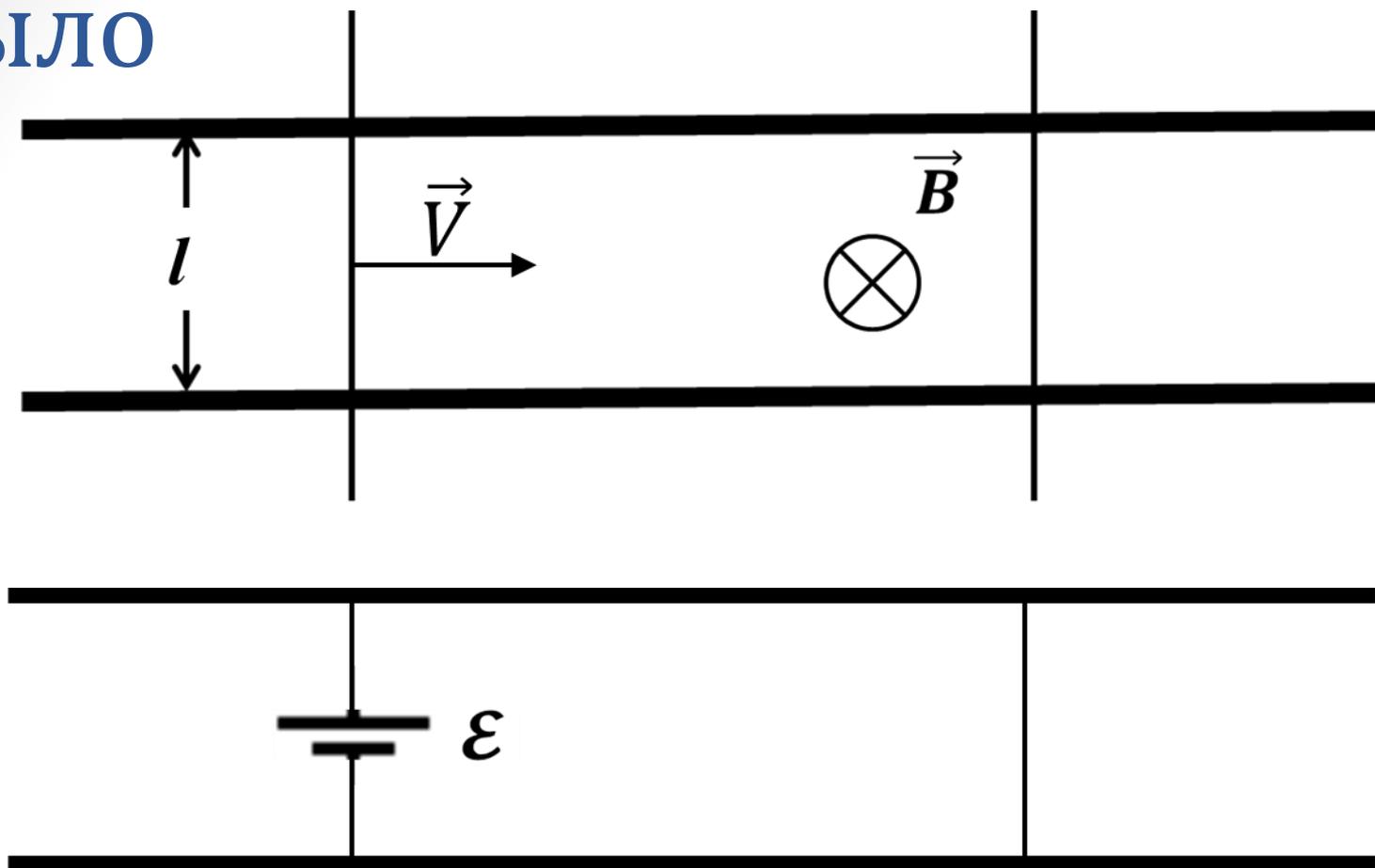
$$\varphi_a - \varphi_b = 0$$

$$\varphi_a - \varphi_b = \mathcal{E} - IR$$

Два параллельных друг другу рельса, лежащих в горизонтальной плоскости, находятся в однородном магнитном поле, индукция \vec{B} которого направлена вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). На рельсах находятся два одинаковых проводника. Левый проводник движется вправо со скоростью \vec{V} , а правый — покоится. С какой скоростью \vec{u} надо перемещать правый проводник направо, чтобы в два раза увеличить силу Ампера, действующую на левый проводник? (Сопротивлением рельсов пренебречь.)



Было

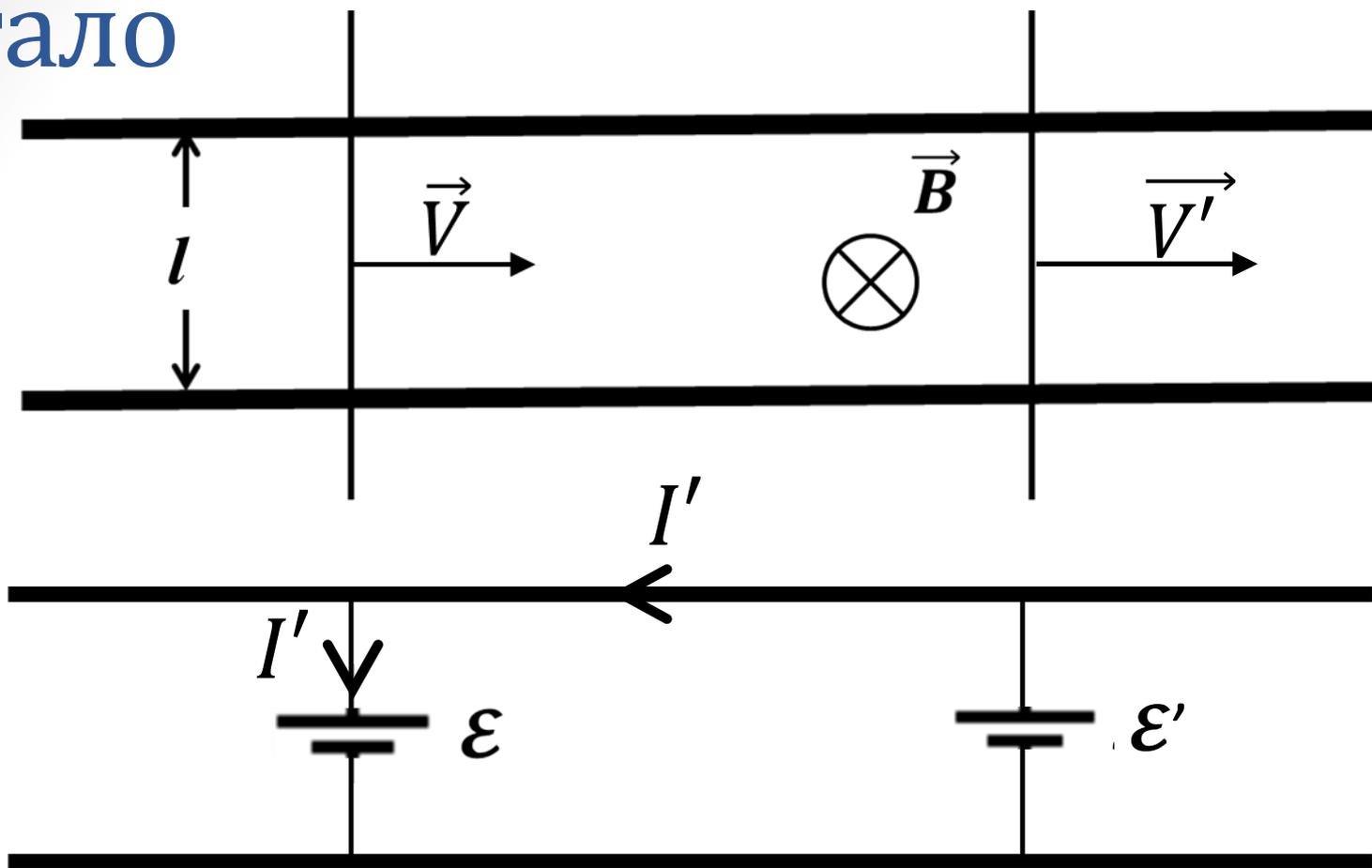


$$\mathcal{E} = vBl$$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R}$$

$$F_A = IBl$$

Стало



$$I' = \frac{\mathcal{E}' - \mathcal{E}}{R} \quad \mathcal{E}' = V' Bl \quad F'_A = I' Bl$$

$$\frac{F'_A}{F_A} = \frac{I'}{I} = \frac{\mathcal{E}' - \mathcal{E}}{\mathcal{E}} = \frac{V' - V}{V} = 2 \Rightarrow V' = 3V$$

Примеры

Физика 11, стр. 142



Рассмотрим пример такого действия.

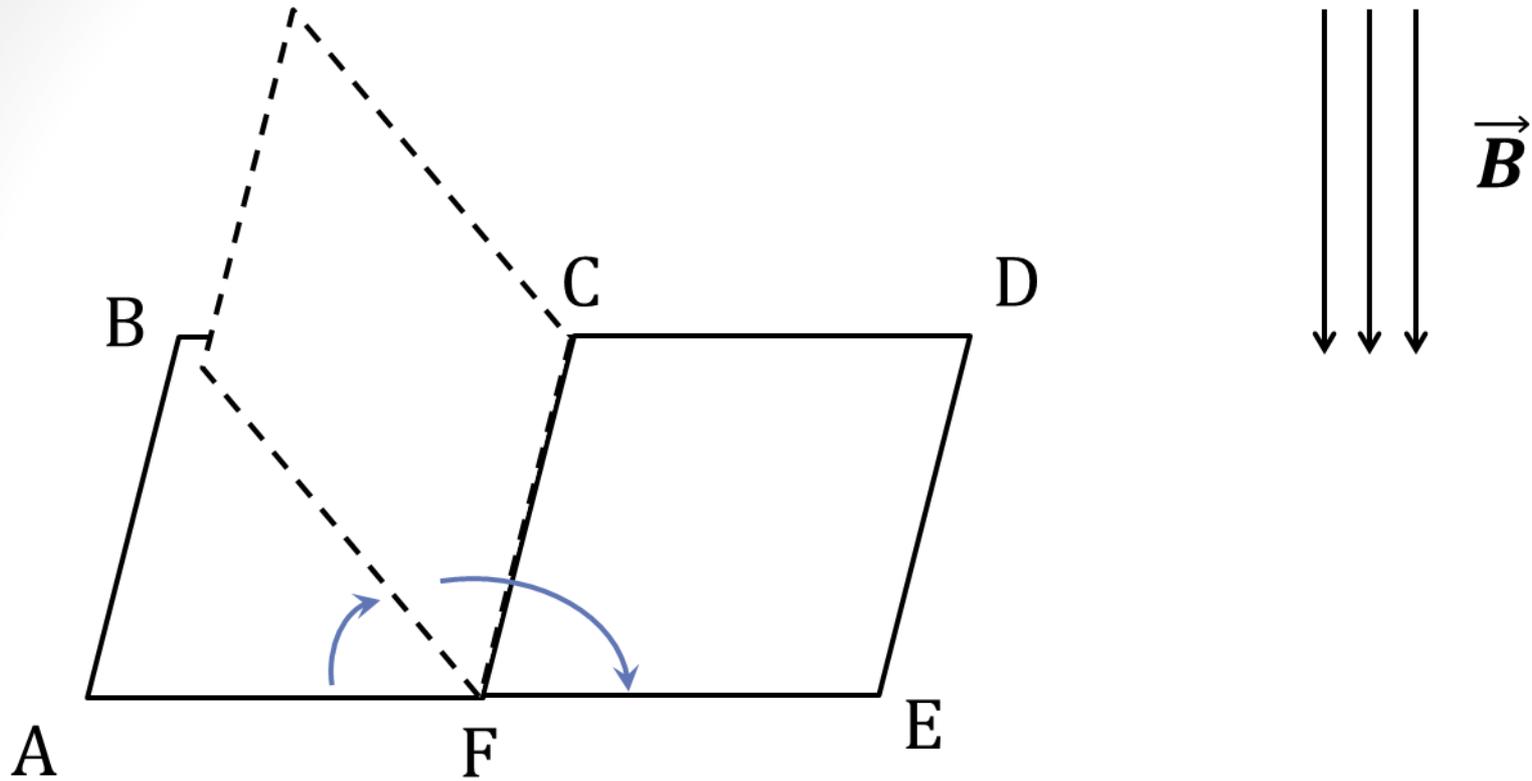
Задача

Заряд Q равномерно распределён по тонкому диэлектрическому кольцу массой M , лежащему на гладкой горизонтальной плоскости. Кольцо находится в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} , магнитные линии направлены вертикально. Определите угловую скорость, которую приобретёт кольцо после выключения магнитного поля.

Физика 11, стр. 138

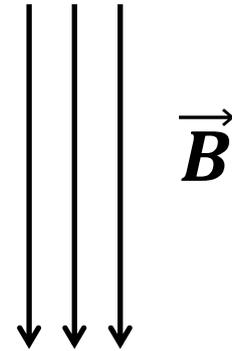
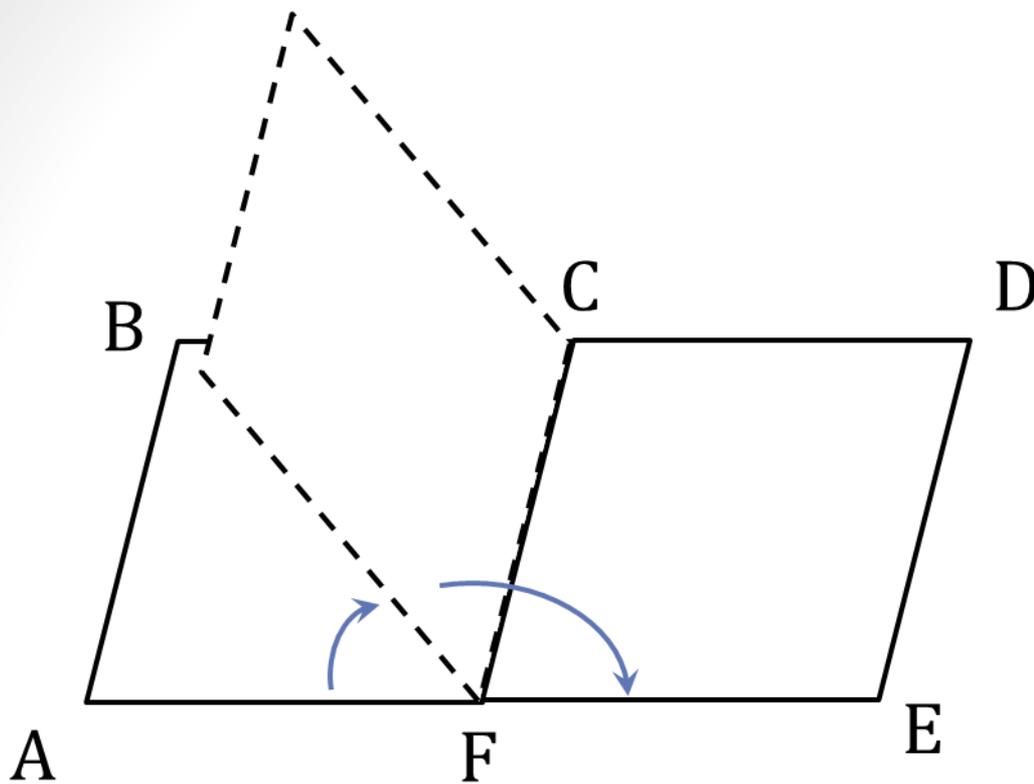
Задача

Плоская прямоугольная рамка из тонкого провода расположена в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . В начальный момент времени плоскость рамки перпендикулярна магнитным линиям. Площадь поверхности, ограниченной рамкой, равна S . Общее сопротивление провода рамки равно R . Рамку медленно поворачивают вокруг одной из её сторон на 180° . Определите заряд q , который протечёт через поперечное сечение провода рамки в результате её поворота.



$$R_{AB} = R_{BC} = R_{CD} = R_{DE} = R_{EF} = R_{FA} = R_{CF} = R$$

$$q_{CF} = ?$$



$$\Phi_{\text{H}} = B * S$$

$$\Phi_{\text{K}} = -B * S$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}}}$$

$$\Delta q = I * \Delta t = \frac{\varepsilon}{R_{\text{общ}}} * \Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{R_{\text{общ}}}$$

$$q = -\frac{\Phi_{\text{K}} - \Phi_{\text{H}}}{R_{\text{общ}}} = \frac{2BS}{R_{\text{общ}}}$$

$$q_{CF} = \frac{3}{4}q = \frac{3BS}{2R_{\text{общ}}}$$