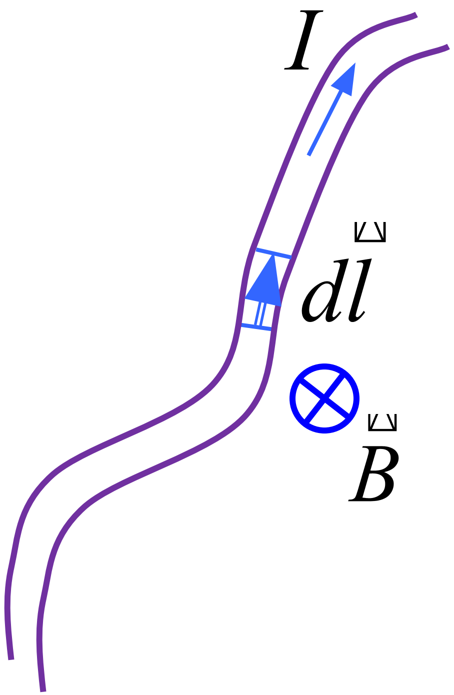
7. Действие магнитного поля. Сила Ампера.

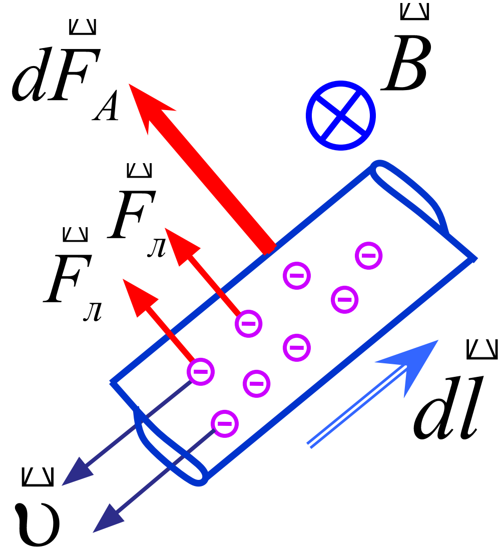


Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле

$$d\vec{F}_A - \ldots$$

$$Id\vec{l} - \ldots$$

$$\vec{B} - \ldots$$



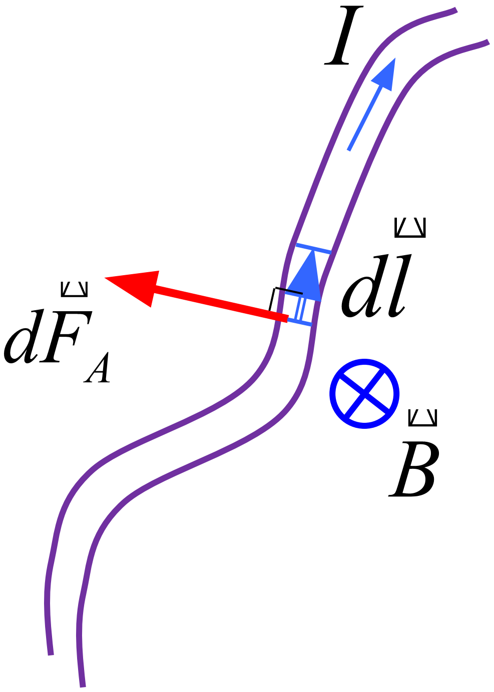
$$dF_A = NF_л = ndlS|q|\upsilon B\sin\alpha = IBdl\sin\alpha$$

$$N = ndlS$$

$$F_л = |q|\upsilon B\sin\alpha$$

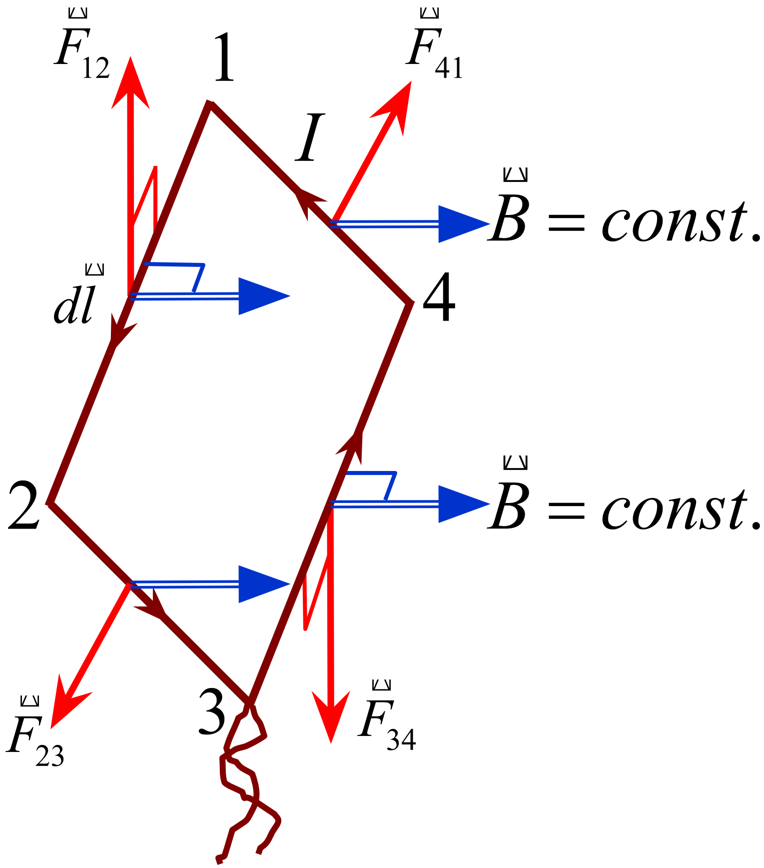
$$|q|n\upsilon S = I$$

$$d\vec{F}_A = I\left[d\vec{l} \times \vec{B}\right]$$



$$d\vec{F}_A = I\left[d\vec{l} \times \vec{B}\right]$$

8. Прямоугольный контур с током в однородном магнитном поле



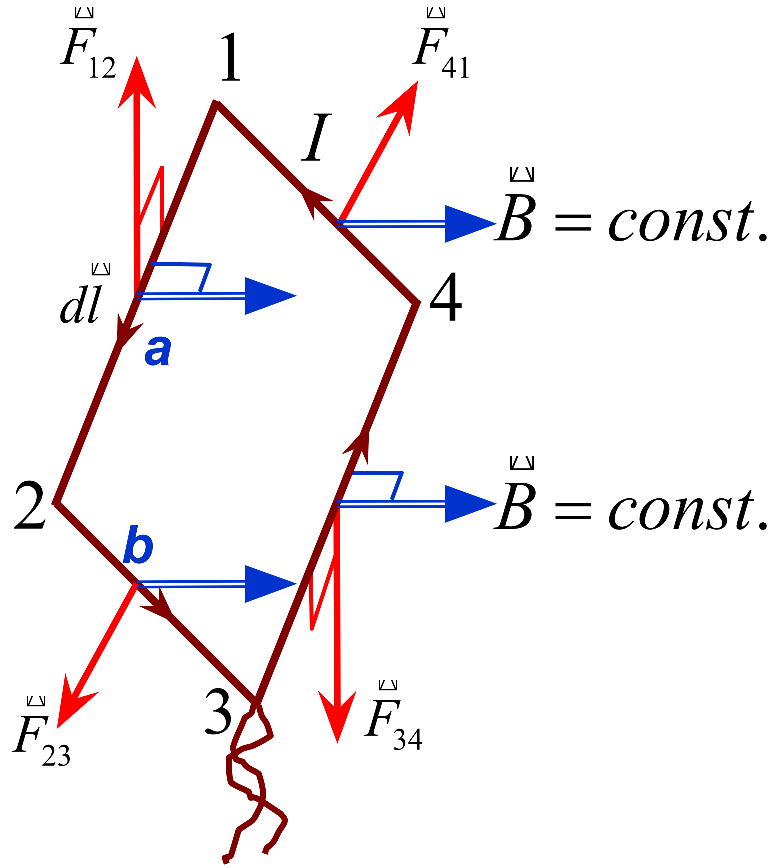
Пусть: $\vec{B} = const.$

$\vec{B} \perp 1-2$

$\vec{B} \perp 3-4$

$$d\vec{F}_A = I\left[d\vec{l} \times \vec{B}\right] \Rightarrow \vec{F}_{23} = -\vec{F}_{41}$$

Сжатие / растяжение рамки

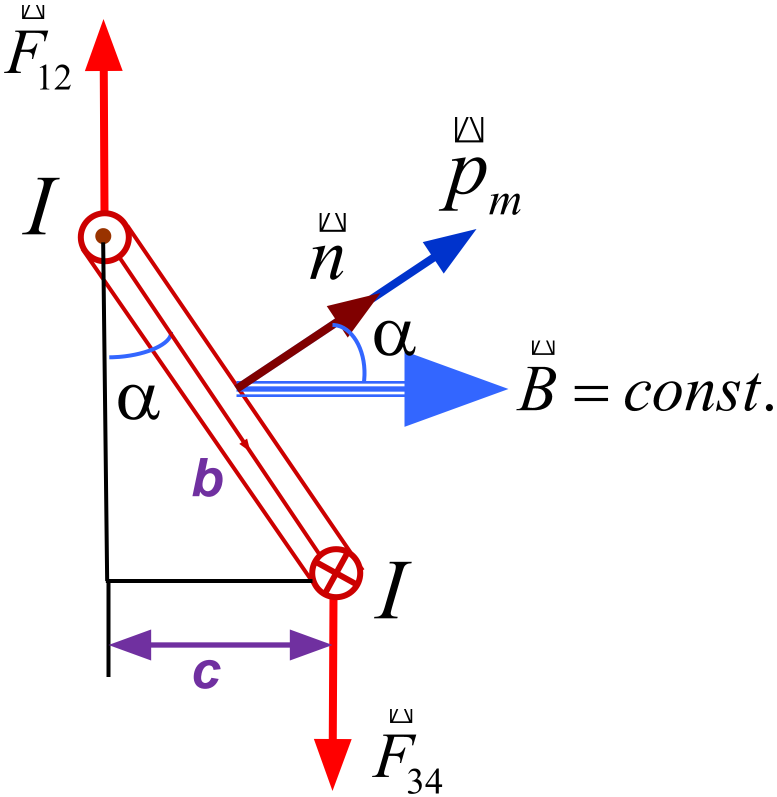


$$F_{12} = \int_1^2 dF_A = \int_1^2 IdlB\sin\frac{\pi}{2} = IB\int_1^2 dl = IBa$$

$$F_{34} = \int_3^4 dF_A = \int_3^4 IdlB\sin\frac{\pi}{2} = IB\int_3^4 dl = IBa$$

$$\Rightarrow \left|\vec{F}_{12}\right| = \left|\vec{F}_{34}\right| \Rightarrow \vec{F}_{12}, \vec{F}_{34} \text{ — пара сил}$$

Поворот рамки



$$|\vec M| = M = F_{12}c = F_{12}b\sin\alpha$$

$$F_{12} = IBa$$

$$a \cdot b = S$$

$$\vec p_m = IS\vec n$$

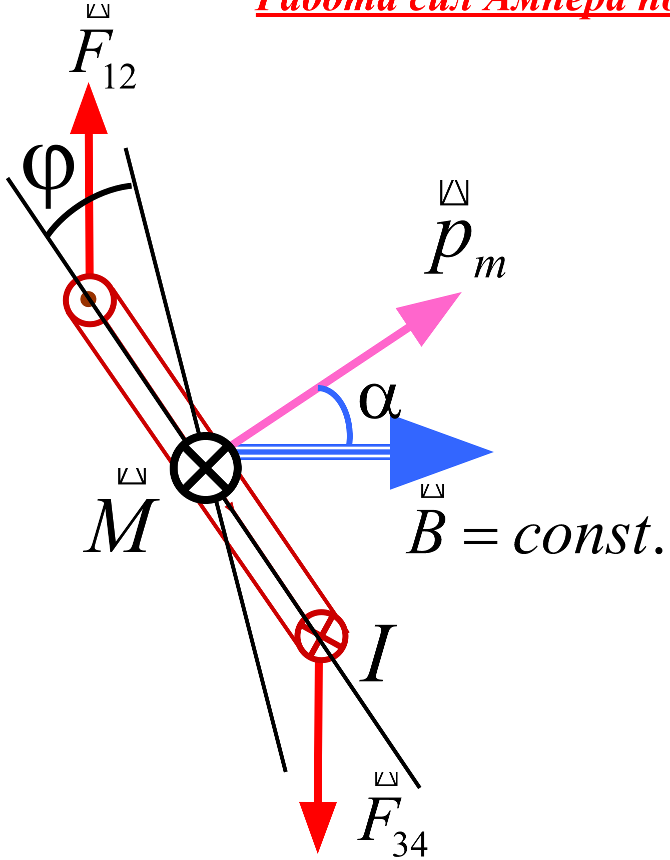
$$M = p_m B\sin\alpha$$

$$\vec M = \left[\vec p_m \times \vec B\right]$$

$\alpha = 0 \Rightarrow$ уст.р-ие

$\alpha = \pi/2 \Rightarrow \max M$

Работа сил Ампера по повороту контура с током



$$\delta A = \vec{M} d\vec{\varphi} \qquad d\varphi = -d\alpha$$

$$\Downarrow$$

$$\delta A = -M d\alpha = -p_m B \sin\alpha \, d\alpha$$

$$\Downarrow$$

$$A = -\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} p_m B \sin\alpha \, d\alpha$$

$$\Downarrow$$

$$A = (-p_m B \cos\alpha_1) - (-p_m B \cos\alpha_2)$$

$$\Downarrow$$

Энергия контура с током в однородном магнитном поле

$$W_m = -p_m B \cos\alpha$$

$$A = W_{m1} - W_{m2} = -\Delta W_m \quad \Rightarrow \quad \delta A = -dW_m$$

9 Контур с током в неоднородном магнитном поле $\vec{B}(x, y, z)$

$$\vec{F} = -\left(\frac{\partial W_m}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial W_m}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial W_m}{\partial z}\vec{k}\right) = -grad W_m$$

Для малого по размерам контура с током ⇨ $W_m = -p_m B\cos\alpha$

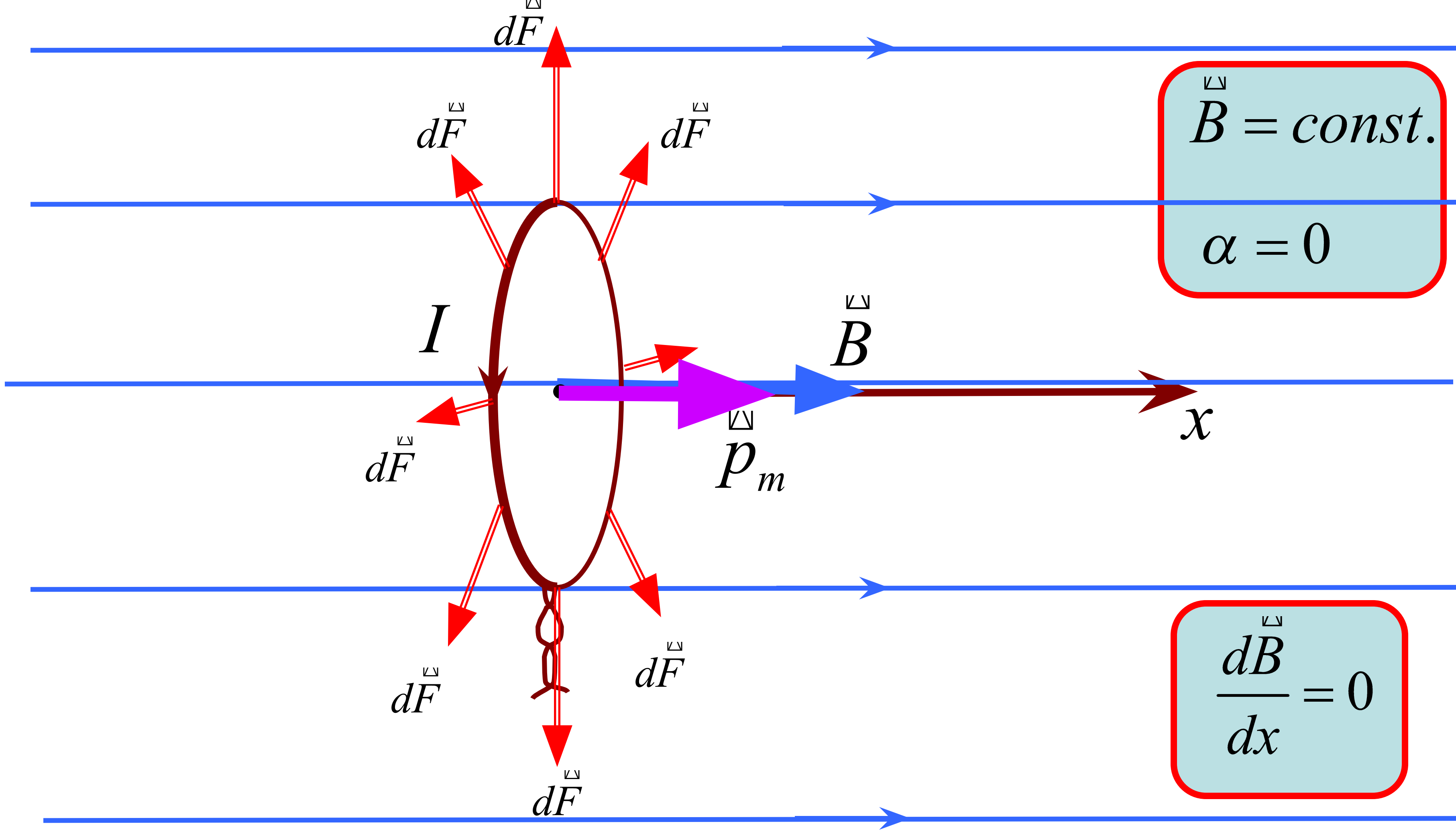
$$\vec{F} = -grad(-p_m B\cos\alpha) = grad(\vec{p}_m \vec{B})$$

$$\vec{F} \Rightarrow f(\vec{B}, p_m, \alpha)$$

<u>В случае неоднородного магнитного поля, когда</u>

$$B(x)$$

$$F_x = p_m \frac{dB}{dx} \cos\alpha$$



Уст.р-ие рамки в однор.м.поле

$$\min W_m = -p_m B$$

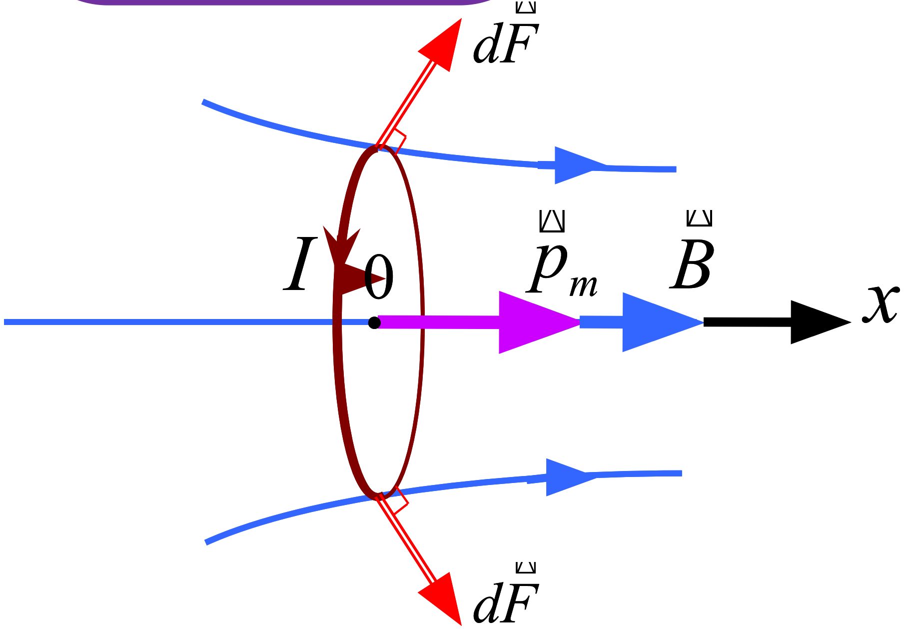
Контур с током в неоднородном магнитном поле

Пусть….

$$\vec{B}(x) \qquad \frac{dB}{dx} > 0$$

$$grad\ B = \frac{dB}{dx}\vec{i}$$

$$\alpha = 0$$



$$\delta A = F dx = -dW_m$$

$$W_m = -p_m B$$

$$F = F_x = -\frac{dW_m}{dx} = p_m \frac{dB}{dx}$$

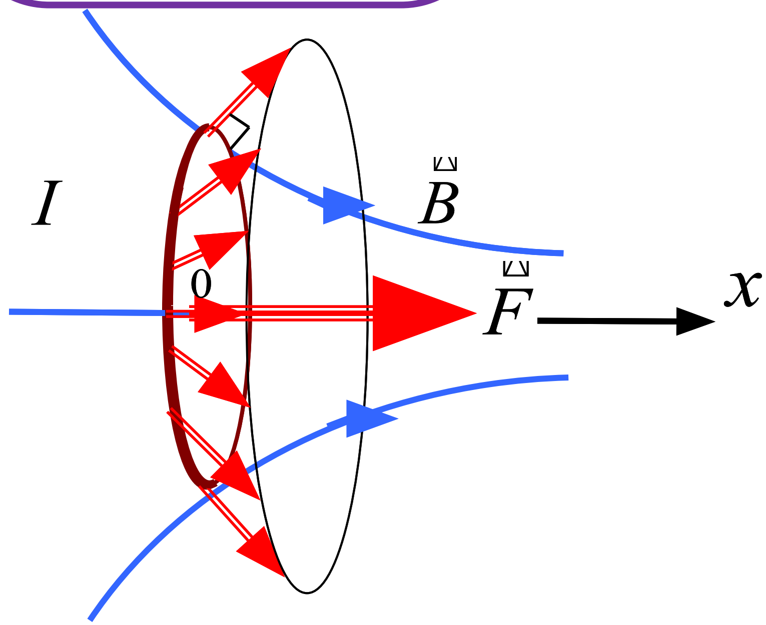
Пусть….

$\vec{B}(x)$ $\frac{dB}{dx} > 0$

$grad\ B = \frac{dB}{dx}\vec{i}$

$\Rightarrow$

$\alpha = 0$



$$\delta A = Fdx = -dW_m$$

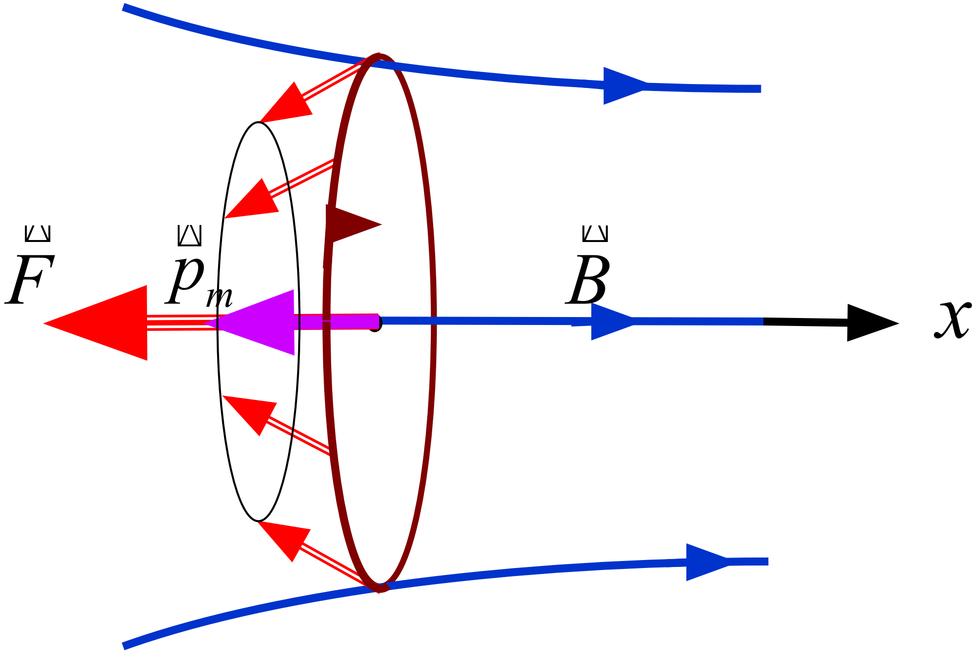
$$W_m = -p_m B$$

$$F = F_x = -\frac{dW_m}{dx} = p_m \frac{dB}{dx}$$

$$F = F_x = p_m \frac{dB}{dx} > 0$$

$\Downarrow$

Втягивание….



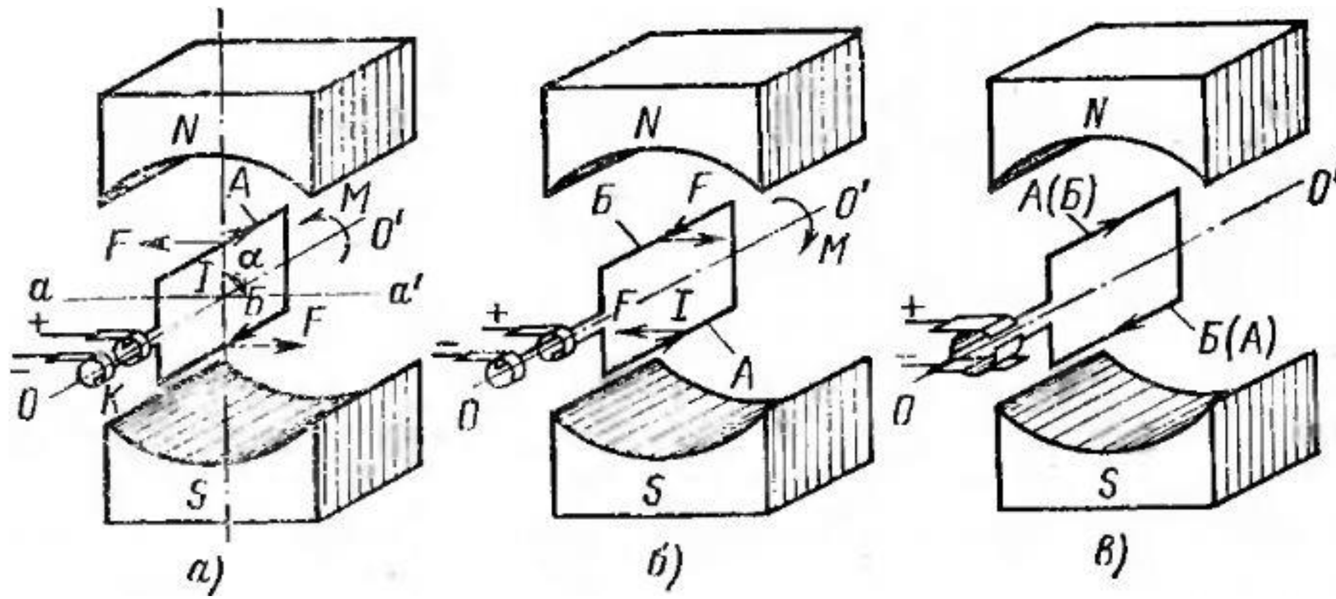
$\alpha = \pi \quad \vec{B}(x)$

$grad\ B = \frac{dB}{dx}\vec{i} \qquad \frac{dB}{dx} > 0$

$$W_m = p_m B$$

$$F = F_x = -\frac{dW_m}{dx} = -p_m \frac{dB}{dx} < 0$$

$F_x < 0$ Выталкивание…..


N
S
A
Б
F
M
O'
O
α
I
a
a'
K
+
−
а)
б)
в)
A(Б)
Б(А)