

Магнитное поле

Закон Ампера. Взаимодействие параллельных проводников с током. Рамка с током в однородном и неоднородном магнитном поле. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Эффект Холла.

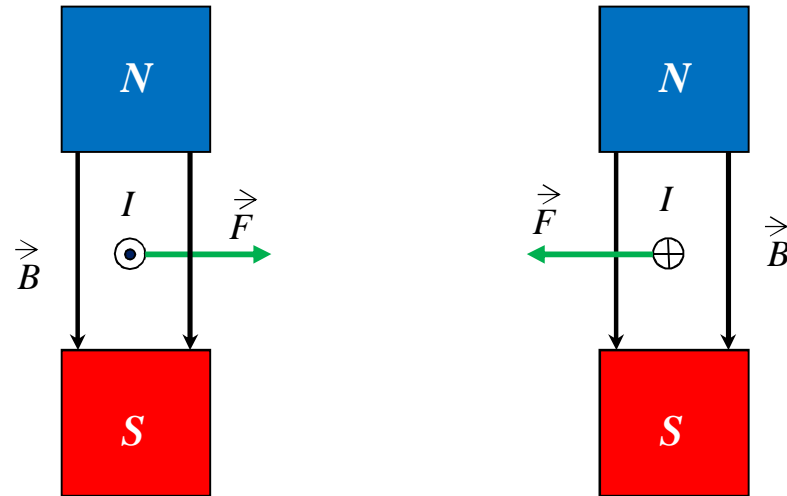
Закон Ампера

На бесконечно малый проводник с током в магнитном поле действует сила

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

Направление силы Ампера определяется правилом левой руки.

Если расположить ладонь так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, а четыре вытянутых пальца располагались по направлению тока, то отставленный большой палец показывает направление силы Ампера.



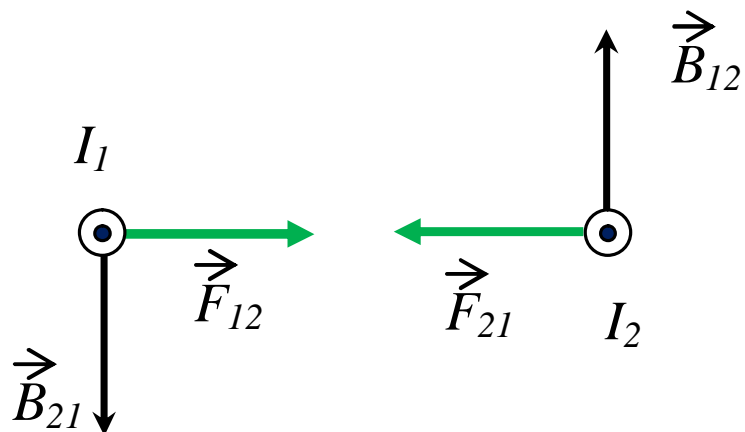
$$B \perp dl$$

$$B = \frac{1}{I} \frac{dF}{dl}$$

$$[\text{Тл}] = [\text{Н}] / ([\text{А}][\text{м}])$$

Тесла – магнитная индукция такого однородного магнитного поля, которое действует с силой 1 Н на каждый метр длины прямолинейного проводника, расположенного перпендикулярно направлению поля, если по проводнику протекает ток 1 А.

Взаимодействие прямолинейных проводников с током

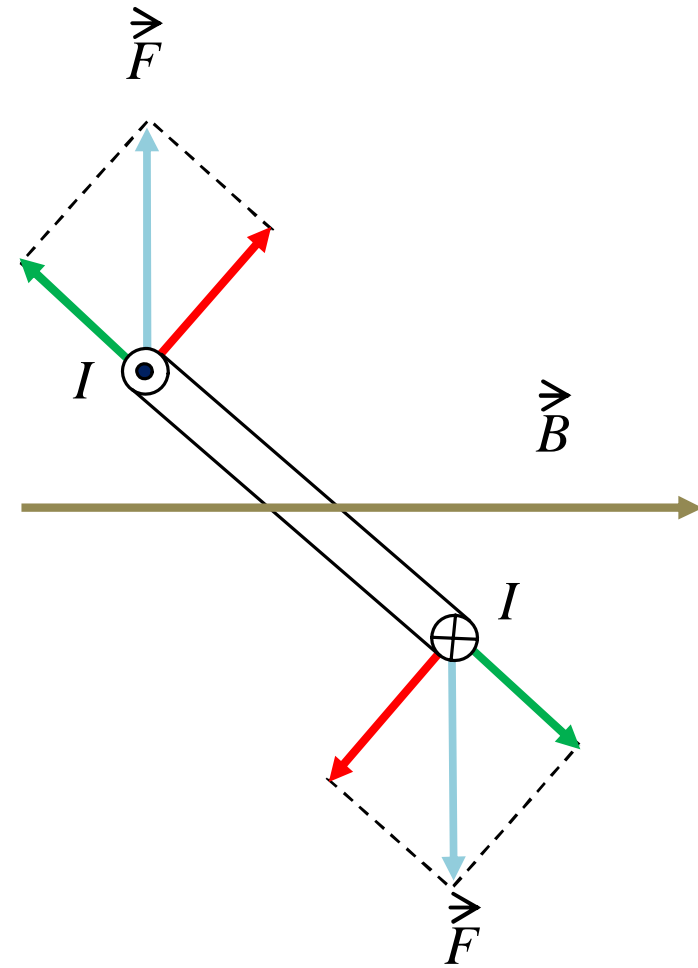
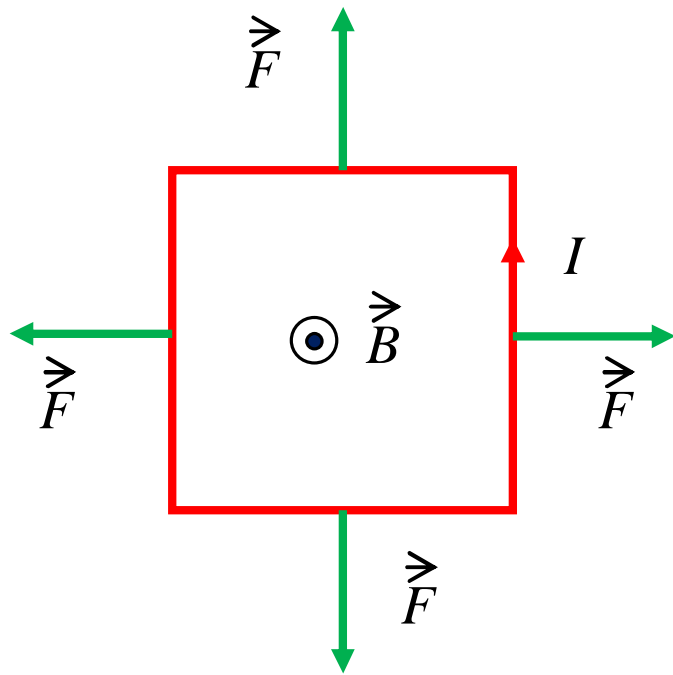


$$F_{12} = I_1 B_{21} L \quad B_{21} = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_2}{R} \quad F_{12} = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{R} L$$

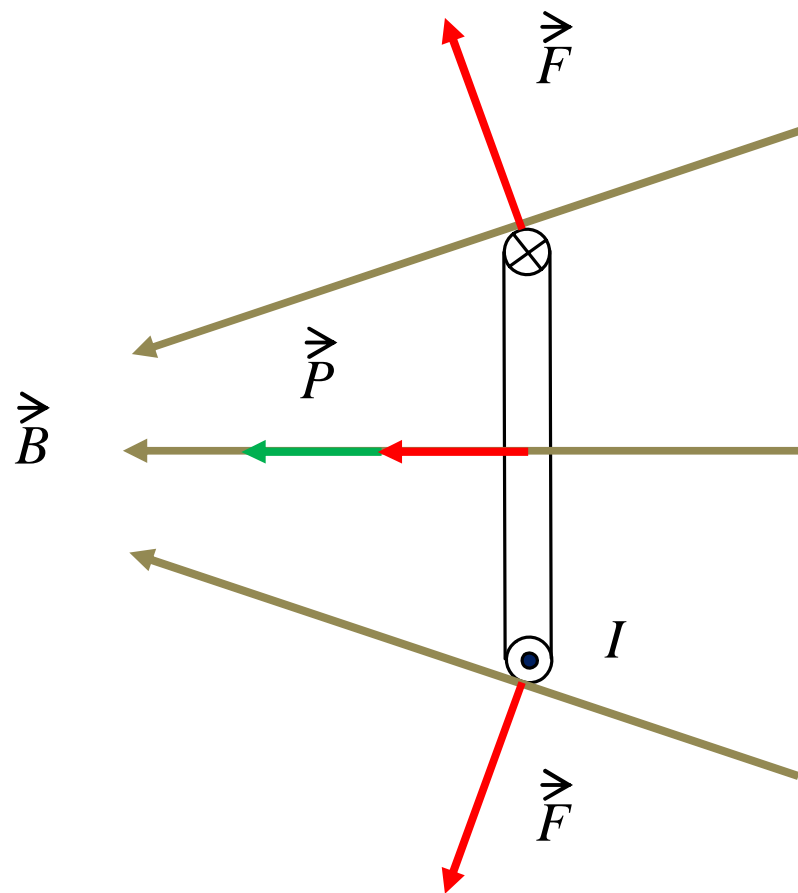
$$F_{21} = I_2 B_{12} L \quad B_{12} = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1}{R} \quad F_{21} = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{R} L$$



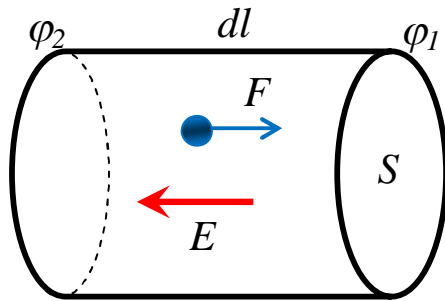
Рамка с током в однородном магнитном поле



Рамка с током в неоднородном магнитном поле



Сила Лоренца

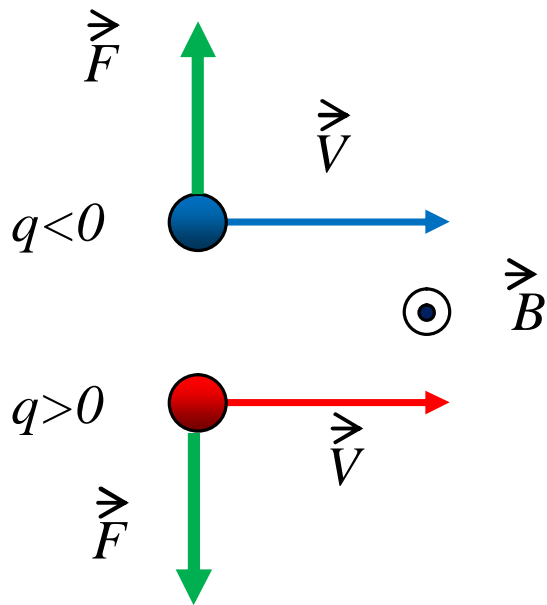


$$Idl = qVdN$$

$$d\vec{F} = I [d\vec{l} \times \vec{B}] = q [\vec{V} \times \vec{B}] dN$$

$$\vec{F}_q = \frac{d\vec{F}}{dN}$$

$$\vec{F}_q = q [\vec{V} \times \vec{B}]$$



Для положительных зарядов действует правило левой руки.

Сила Лоренца

$$\vec{F}_q \perp \vec{V} \quad \longrightarrow \quad T = \frac{mV^2}{2} = \text{const}$$

Сила Лоренца и скорость ортогональны, поэтому работа силы равна нулю, а, следовательно, кинетическая энергия заряда остается постоянной. Сила Лоренца изменяет направление скорости.

$$\vec{F}_q = q\vec{E} + q[\vec{V} \times \vec{B}]$$

Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле

Пусть $\vec{B} \parallel \vec{V}$. Тогда $\vec{F}_q = 0$.

Пусть $\vec{B} \perp \vec{V}$ Тогда $F_q = qVB$

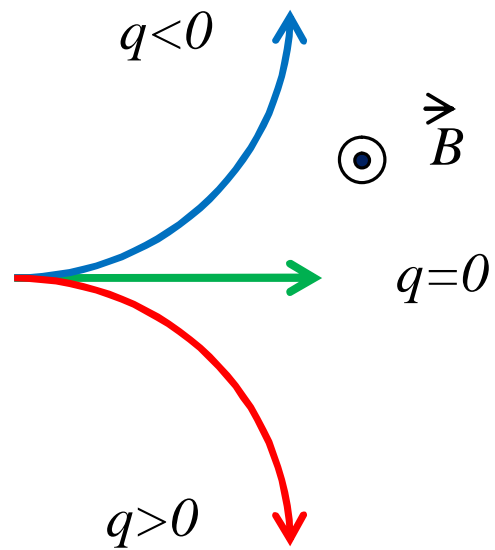
Сила Лоренца центростремительная. $\vec{F}_q \perp \vec{V}$ $qVB = \frac{mV^2}{R}$

$B = const$ $V = const$  $R = const$ $R = \frac{mV}{qB}$

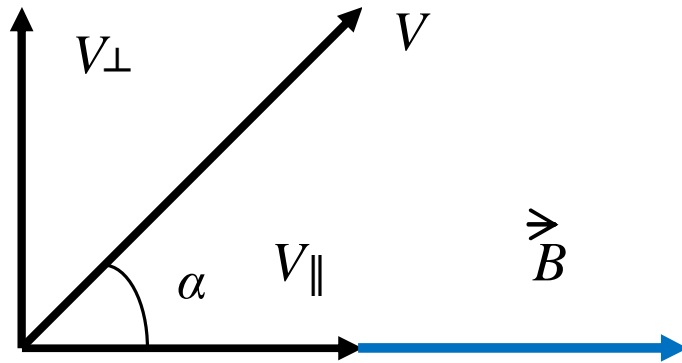
$$T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2\pi m}{B q}$$

Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле

Селекция заряженных частиц магнитным полем



Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле



$$V_{\perp} = V \sin \alpha$$

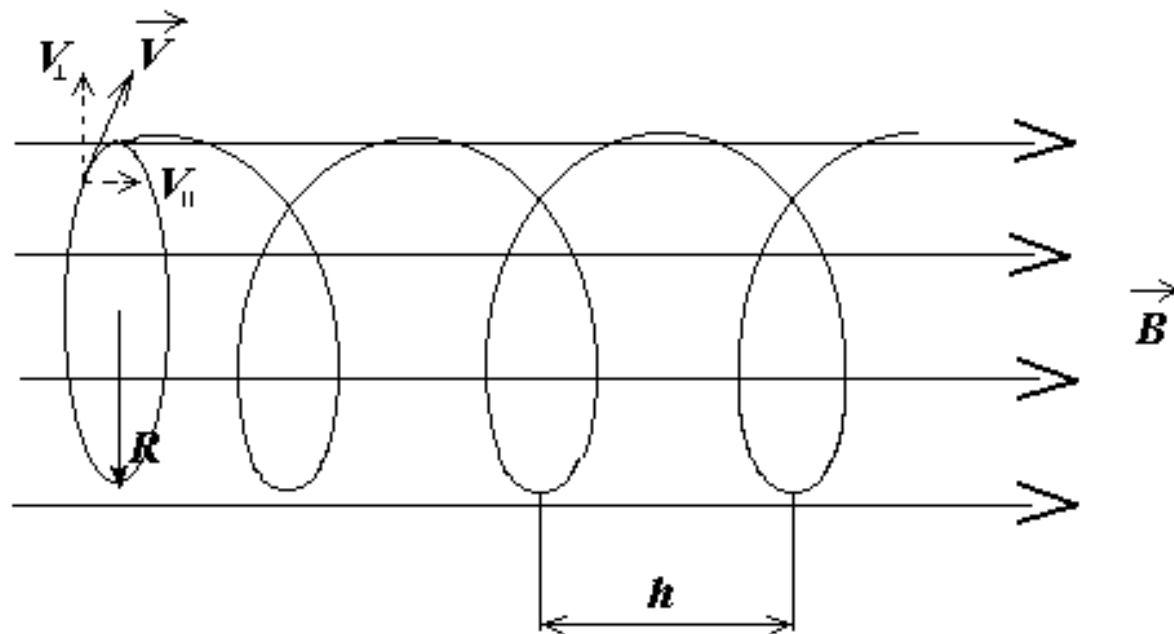
$$V_{\parallel} = V \cos \alpha$$

$$R = \frac{mV_{\perp}}{qB} = \frac{mV}{qB} \sin \alpha$$

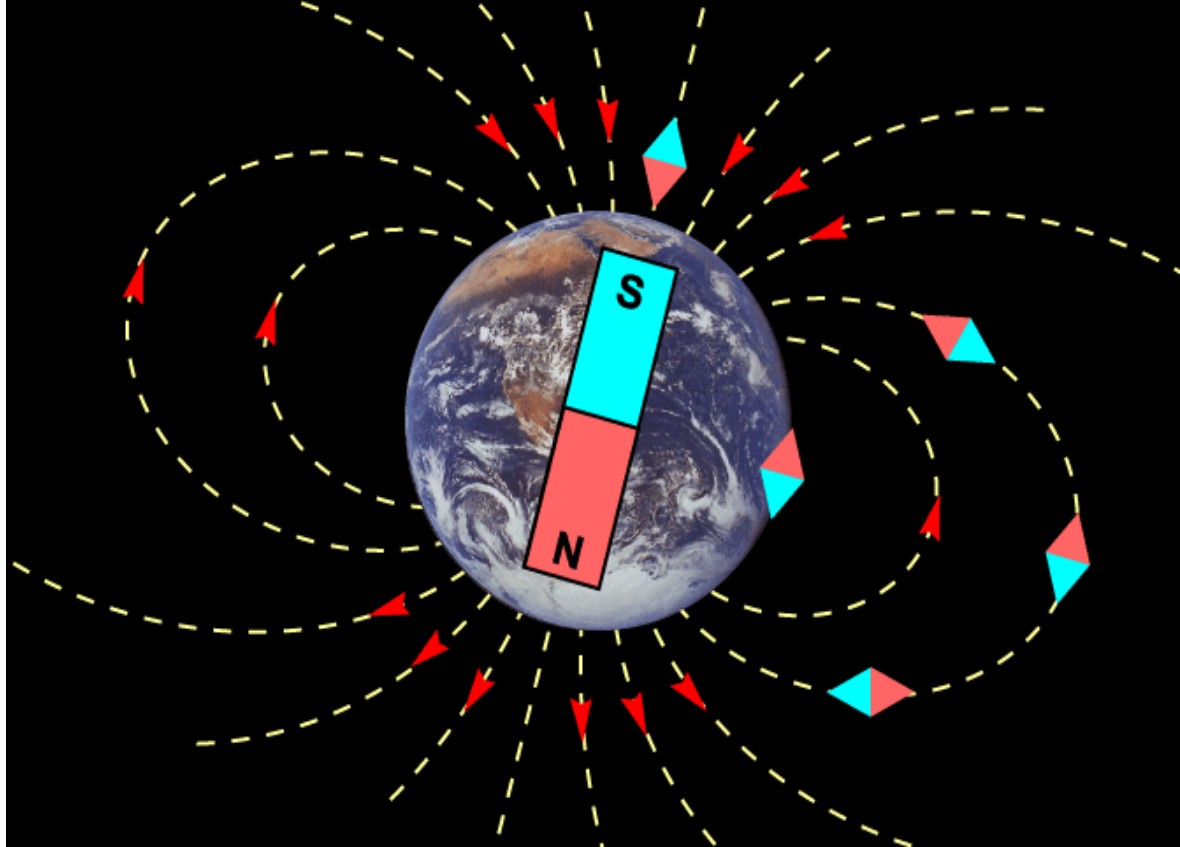
$$T = \frac{2\pi R}{V_{\perp}} = \frac{2\pi m}{B q}$$

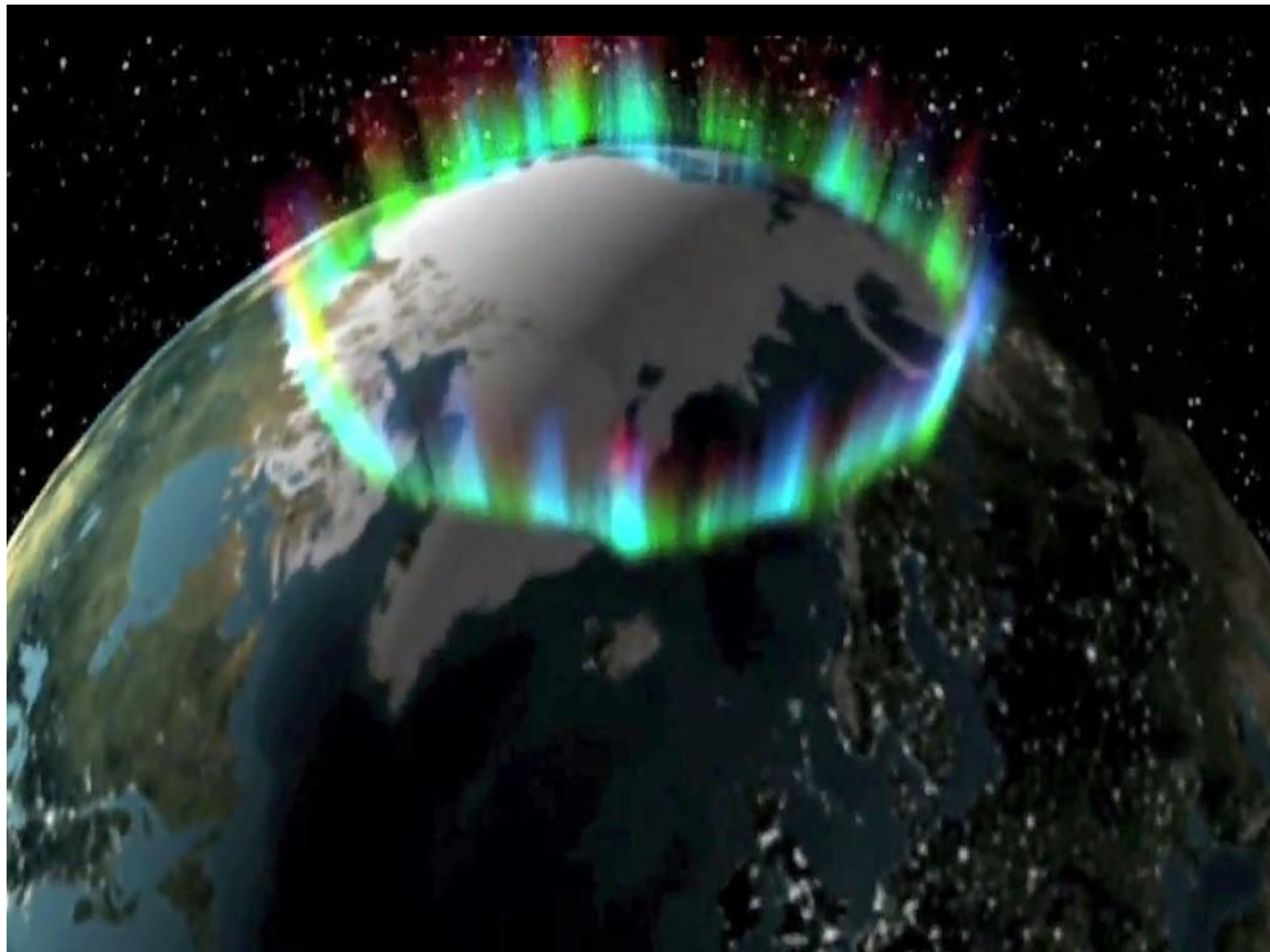
$$h = TV_{\parallel} = \frac{2\pi m}{B q} V \cos \alpha$$

Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле



Заряженная частица накручивается на линию магнитной индукции.



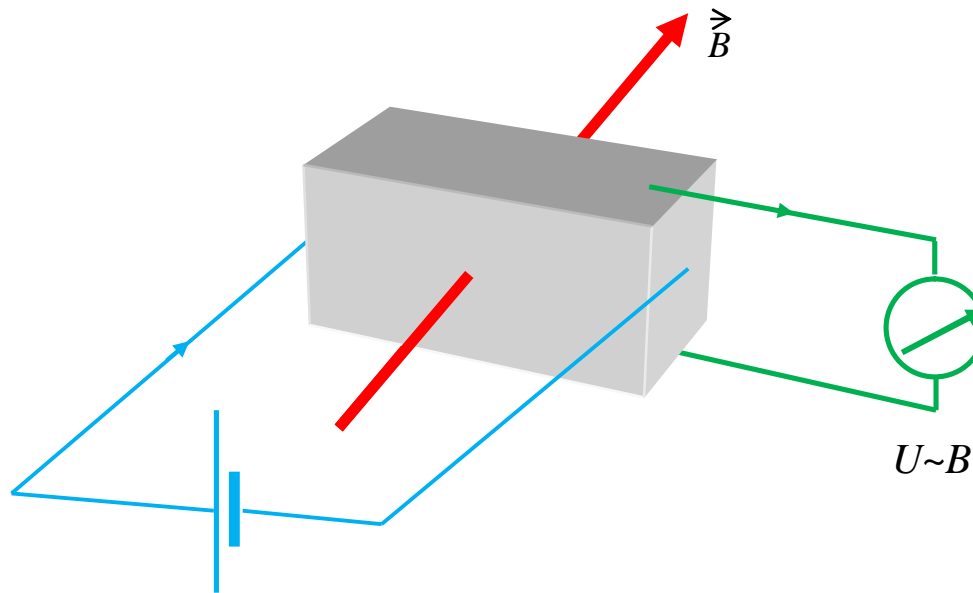


Полярное сияние - свечение верхних разреженных слоев атмосферы, вызванное взаимодействием атомов и молекул на высотах 90-1000 км с заряженными частицами больших энергий (электронами и протонами), вторгающимися в земную атмосферу из космоса (солнечный ветер).



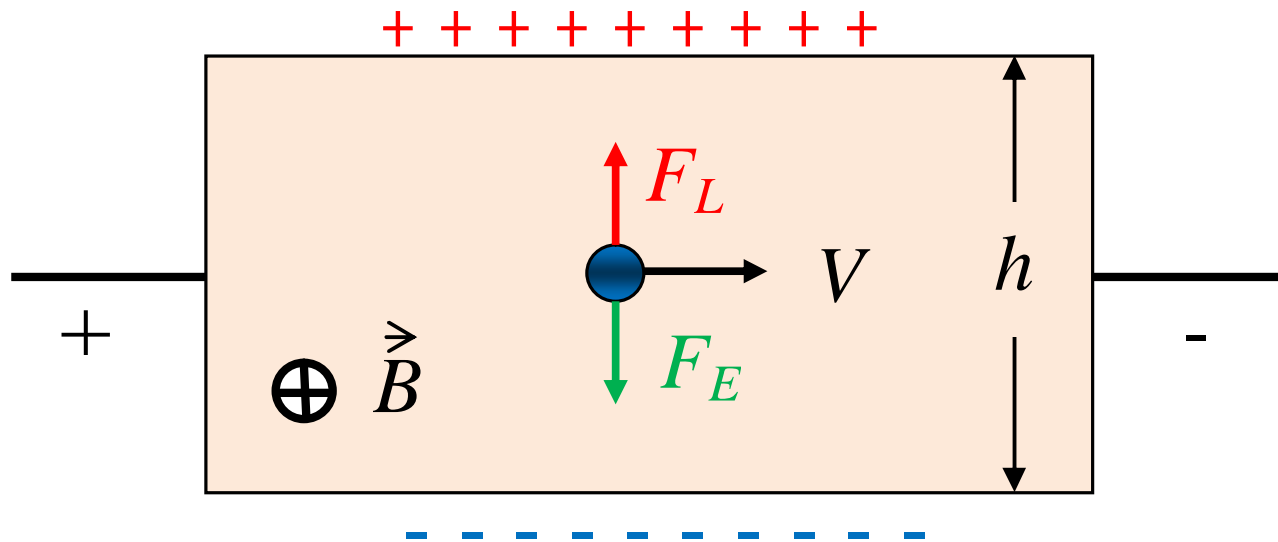


Эффект Холла



Эффект Холла — возникновение поперечной разности потенциалов в проводнике с постоянным электрическим током в магнитное поле.

Эффект Холла



$$F_L = qVB$$

$$F_E = qE = q \frac{\Delta\varphi}{h}$$

$$F_E = F_L$$

$$\Delta\varphi = VBh$$

$$j = qnV$$

$$\Delta\varphi = \frac{1}{qn} hBj$$