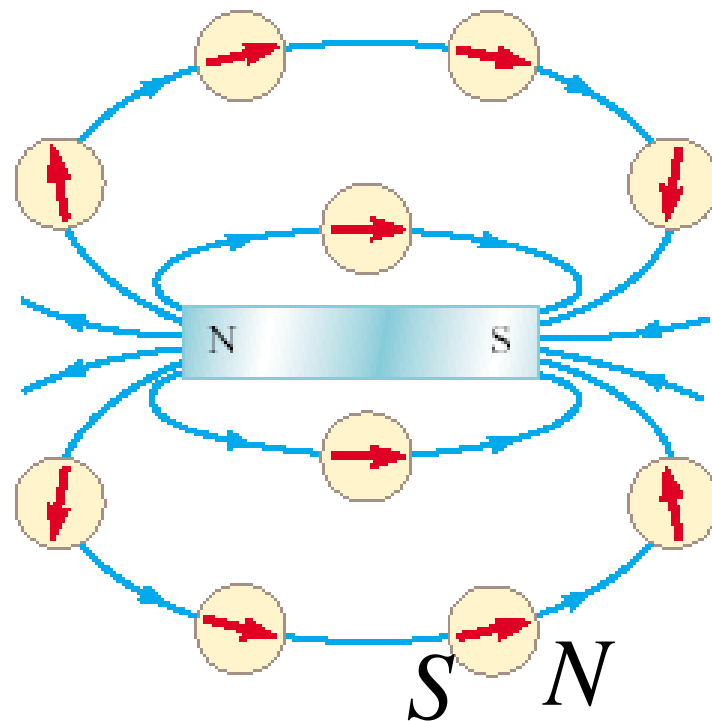


Магнитно поле

- Магнитно поле. Магнитна индукция.
- Магнитни сили действащи на движещи се заредени частици
 - Селектор на скорости
 - Масспектрометър
 - Ефект на Хол
- Магнитни сили действащи на проводник по който тече ток. *Закон на Ампер за магнитната сила.*

Магнитна индукция и нейната посока

- Всеки магнит има два полюса – северен (N) и южен (S)
 - магнитите си взаимодействат със сили
 - едноименните полюси се отблъскват, а разноименните се привличат
- *Магнитно поле* обгражда
 - всеки постоянен магнит
 - всяка движеща се заредена частица
- *Магнитното поле* се характеризира с вектор на *магнитната индукция B*
 - посоката на *магнитната индукция B* в дадена точка съвпада с посоката на северния полюс на магнитната стрелка поставена в тази точка
 - посоката на *магнитната индукция B* може да бъде представена чрез *индукционните си линии*



Северния полюс на магнитната стрелка показва посоката на магнитната индукция

Магнитна индукция

- *Магнитната индукция B в дадена точка на пространството може да бъде дефинирана чрез магнитната сила, която действа върху заредена частица движеща се със скорост v*
- *Свойства на магнитната сила*
 - *Магнитната сила действа само на движещи се заредени частици*
 - *Максималната магнитна сила е правопрпорционална на големините на заряда и на скоростта му*
 - *Магнитната сила зависи от посоката на движение на заредената частица*
- *Единицата за магнитна индукция се нарича тесла (T)*

$$B = \frac{F_{B,MAX}}{qv} \left[1T = 1 \frac{N}{C \cdot m/s} = 1 \frac{N}{A \cdot m} \right]$$
$$T = \frac{N}{A \cdot m} = \frac{N \cdot m}{A \cdot m^2} = \frac{J}{A \cdot m^2} = \frac{A \cdot V \cdot s}{A \cdot m^2} = \frac{V \cdot s}{m^2}$$

Векторно произведение на два вектора

- Векторното произведение на двата вектора \vec{a} и \vec{b} е вектора \vec{c} :

$$\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} =$$
$$= (a_y b_z - a_z b_y) \vec{i} + (a_z b_x - a_x b_z) \vec{j} + (a_x b_y - a_y b_x) \vec{k}$$

- големина на вектора \vec{c} $c = |\vec{c}| = a b \sin(\theta)$
- посока на вектора \vec{c}
 - перпендикулярна на равнината образувана от изходните вектори
 - подчинява на *правилото на дясната ръка*

Магнитна индукция и магнитната сила

- *Магнитната сила F действаща на движеща частица със заряд q и скорост v в магнитно поле с магнитна индукция B е :*

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} \Rightarrow F_B = q v B \sin(\theta)$$

- действа само на движеща се заредена частица
 - зависи от посоката на движение на заредена частица
- *Максималната магнитна сила е:*

$$\theta = \pi / 2 \Rightarrow F_{B, MAX} = q v B$$

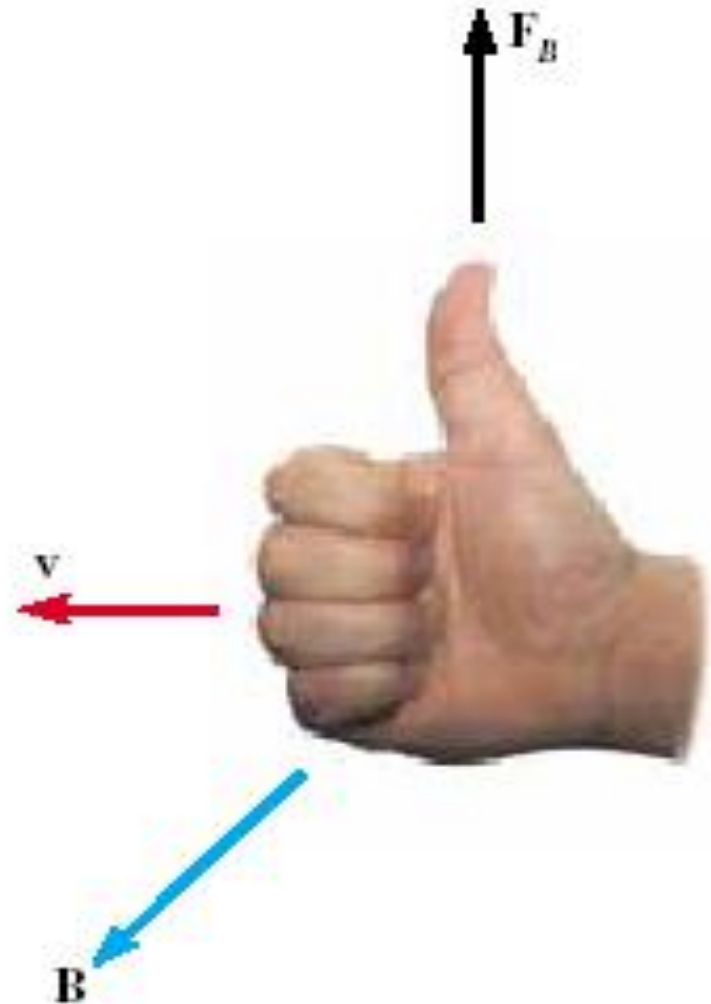
- правопрпорционална на големините на заряда и на скоростта, както и на големината на магнитната индукция

Посока на магнитната сила

- Магнитна сила

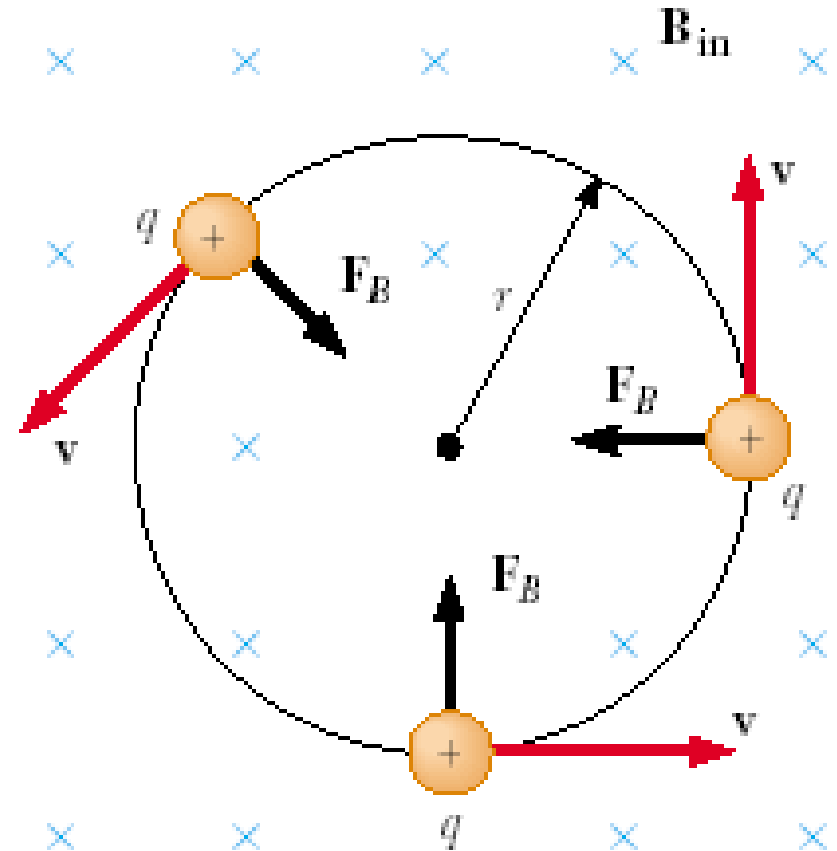
$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$

- Правило на дясната ръка:**
ако поставим дясната си ръка така, че свитите пръсти да сочат от вектора \vec{v} , към вектора \vec{B} в посока на по-малкия ъгъл между тях, тогава опънатия палец сочи посоката на векторното им произведение – а именно посоката на *магнитната сила*.



Движение на заредени частици в еднородно магнитно поле - 1

- *Магнитната сила* е винаги насочена перпендикулярно на скоростта на заредената частица
 - НЕ се променя големината на скоростта!
 - НЕ извършва работа!
 - НЕ се променя кинетичната енергия!
 - НЕ се изменя и големината на магнитната сила!
- Действието на *магнитната сила* води до промяна на посоката на скоростта:
 - създава постоянно по големина *нормално (центростремително) ускорение* и частицата се движи равномерно по окръжност!



Частица с маса m и електричен заряд q се движи перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле

Движение на заредени частици в еднородно магнитно поле - 2

- Големината на *магнитната сила* е:

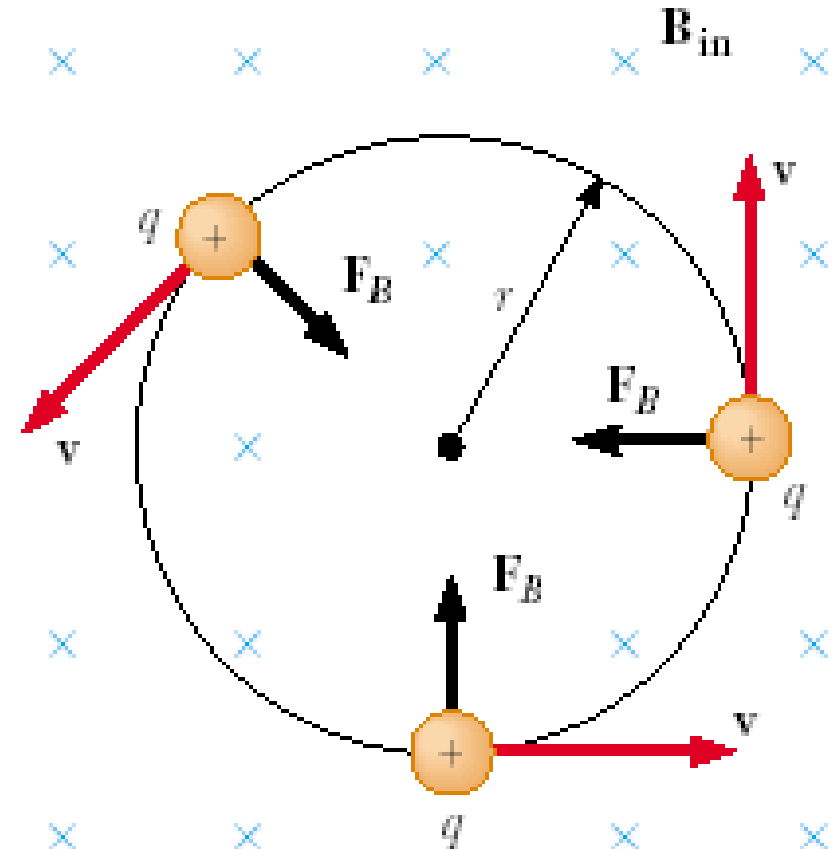
$$F_B = q v B \sin \theta = q v B$$

- Магнитната сила създава постоянно нормално ускорение и частицата се движи равномерно по окръжност с радиус r :*

$$m \frac{v^2}{r} = q v B \Rightarrow r = \frac{m v}{q B}$$

- Ъглова скорост = циклотронна честота*

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{q B}{m}$$



Частица с маса m и електричен заряд q се движи перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле

Лоренцова сила

- На заредена частица със заряд q движеща се със скорост v в пространство, в което едновременно присъстват *електрично поле с интензитет E* и *магнитно поле с магнитна индукция B* , действат както *електрична*, така и *магнитна* сили!
- Резултантната сила, действаща на частицата се нарича *лоренцова сила*:

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_B = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$$

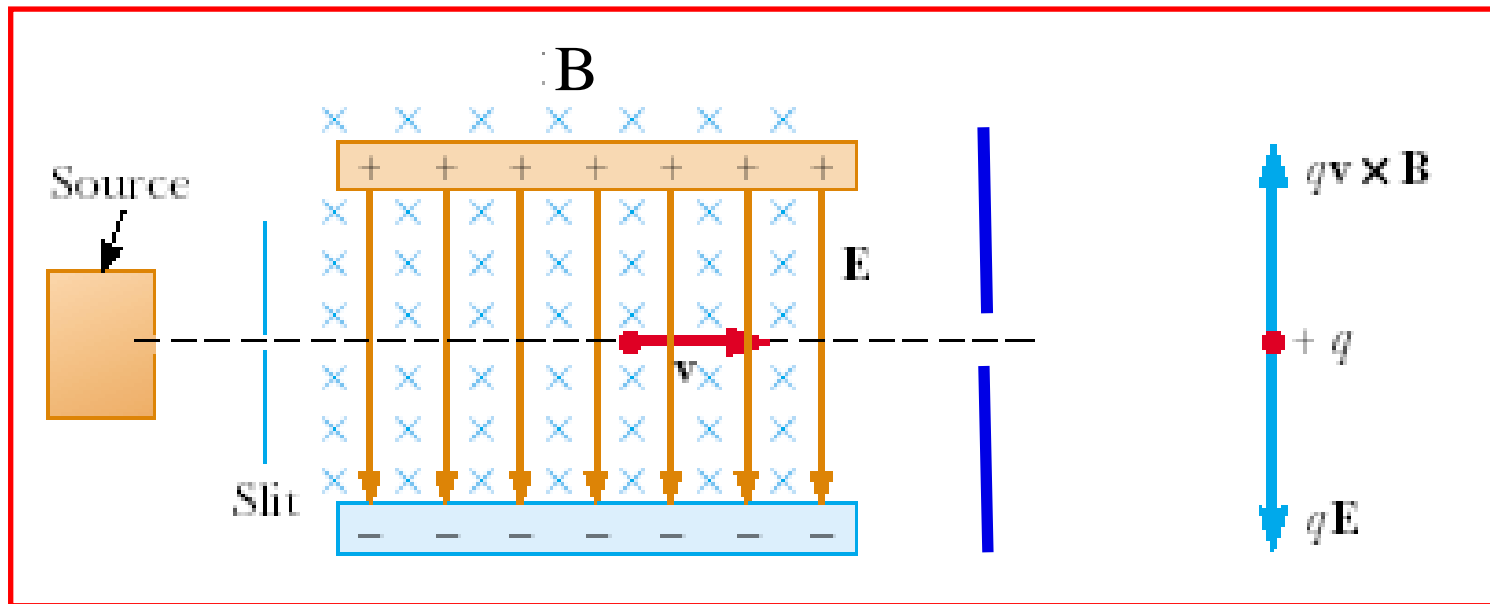
*Лоренцова
сила*

*електрична
сила*

*магнитна
сила*

Селектор на скорости -1

- Селектиране на частици движещи се с еднакви скорости
- Селекторът на скорости включва:
 - две успоредни пластини (зареден плосък кондензатор) създаващи *еднородно електрично поле с интензитет E*
 - *еднородно магнитно поле с индукция B приложено перпендикулярно на E и v*
- Сноп от частици с маси m , заряд q , и различни скорости v е насочен в пространството между двете пластини



Селектор на скорости -2

- *Магнитната сила* е насочена нагоре, *електричната сила* надолу
- През втория процеп ще минат само тези частици, които се движат праволинейно и равномерно по указаната с пунктир ос със *скорост*, чиято големина се определя от равенството на електричната и магнитната сили.

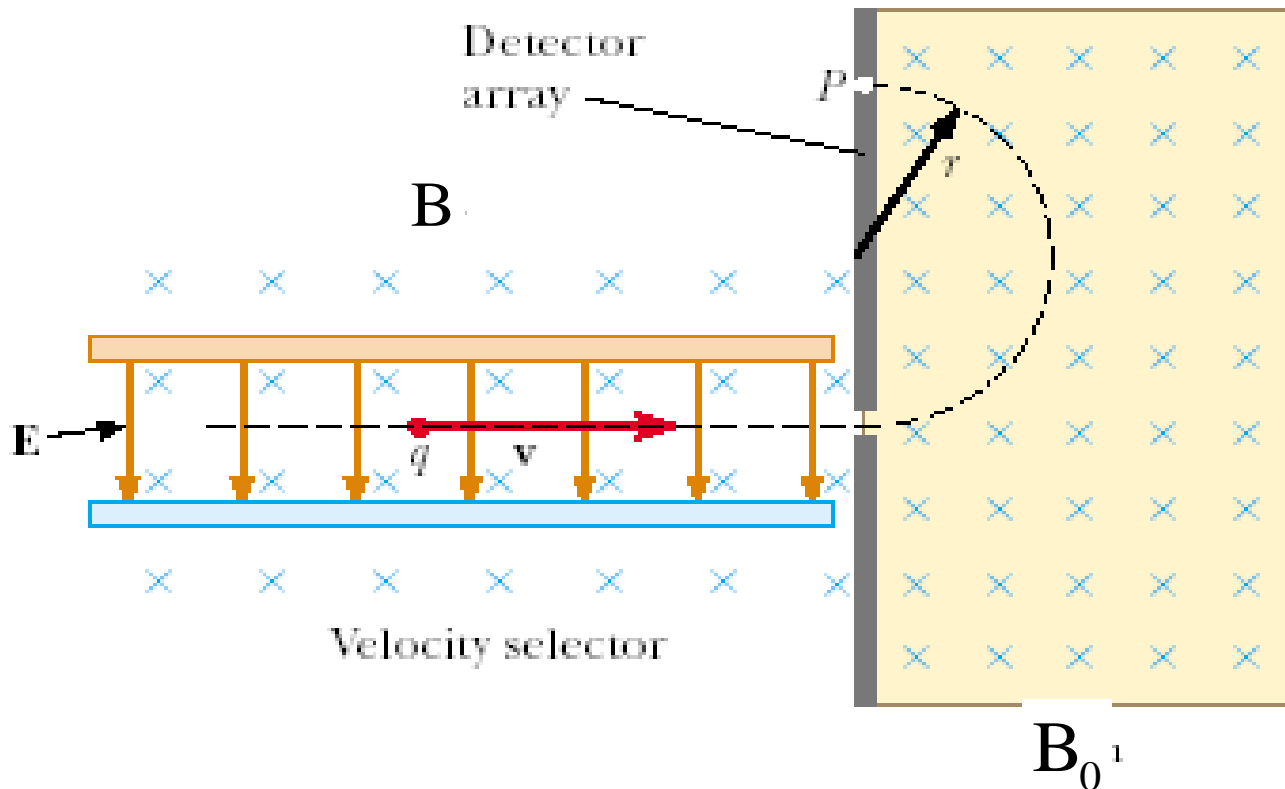
$$F_E = F_B \Rightarrow q E = q v B \Rightarrow v = E / B$$

- Мерни единици

$$\left. \begin{array}{l} E [V / m] \\ B \left[T = \frac{V \cdot s}{m^2} \right] \end{array} \right\} \Rightarrow v = \frac{E}{B} \left[\frac{V}{m} \frac{m^2}{V \cdot s} = \frac{m}{s} \right]$$

Масспектрометър -1

- Разделя йоните според *специфичния им заряд* q/m



- Положително заредени йони преминават първо през селектор на скоростите. След това влизат в област на еднородно магнитно поле. *Магнитната сила* ги завърта по окръжност. Регистрират се в т. Р

Масспектрометър -2

- Специфичния заряд на йоните може да бъде определен чрез измерване на *радиуса на окръжността* и знаейки големините на магнитните и електричното полета

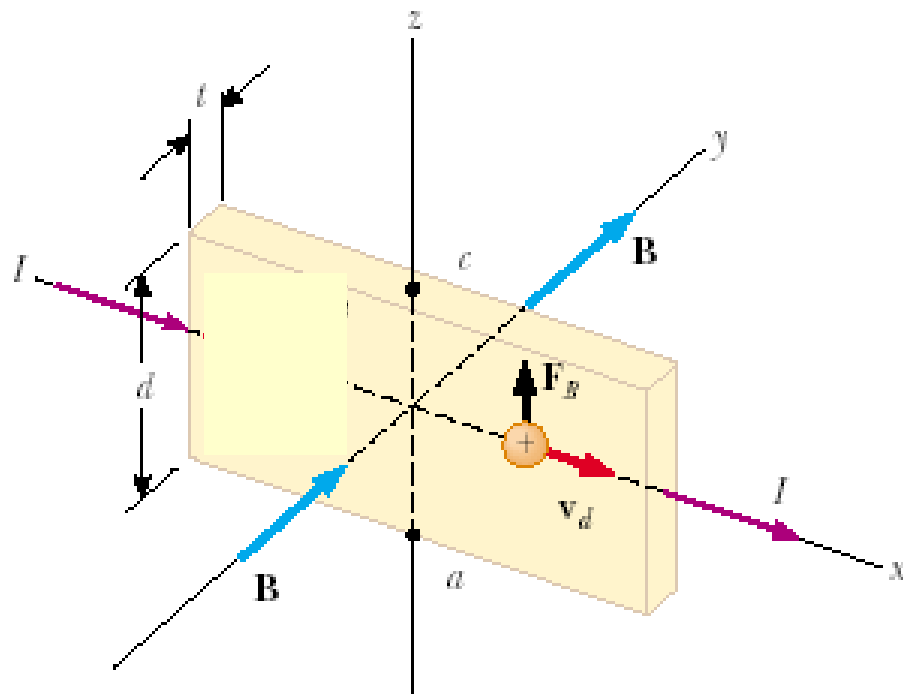
$$m \frac{v^2}{r} = qvB_0$$
$$\Rightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{rB_0} = \frac{E}{rB_0 B}$$

Ефект на Хол - 1

- При поставяне на проводник или полупроводник в който тече постоянен ток в магнитно поле, между противоположните му стени възниква *електрично напрежение*!
 - *Електричното напрежение* възниква в резултат на отклонението на токовите носители под въздействието на *магнитната сила*!
 - *Ефектът на Хол* дава информация за
 - концентрацията на токовите носители
 - големината на магнитната индукция

Ефект на Хол - 2

- Индукционните линии на *еднородното магнитно поле B* са насочени по направление на положителната посока на оста y
- Токовете носители с положителен заряд се движат по направление на положителната посока на оста x
- *Магнитната сила*, която им действа е насочена по направление на положителната посока на оста z !



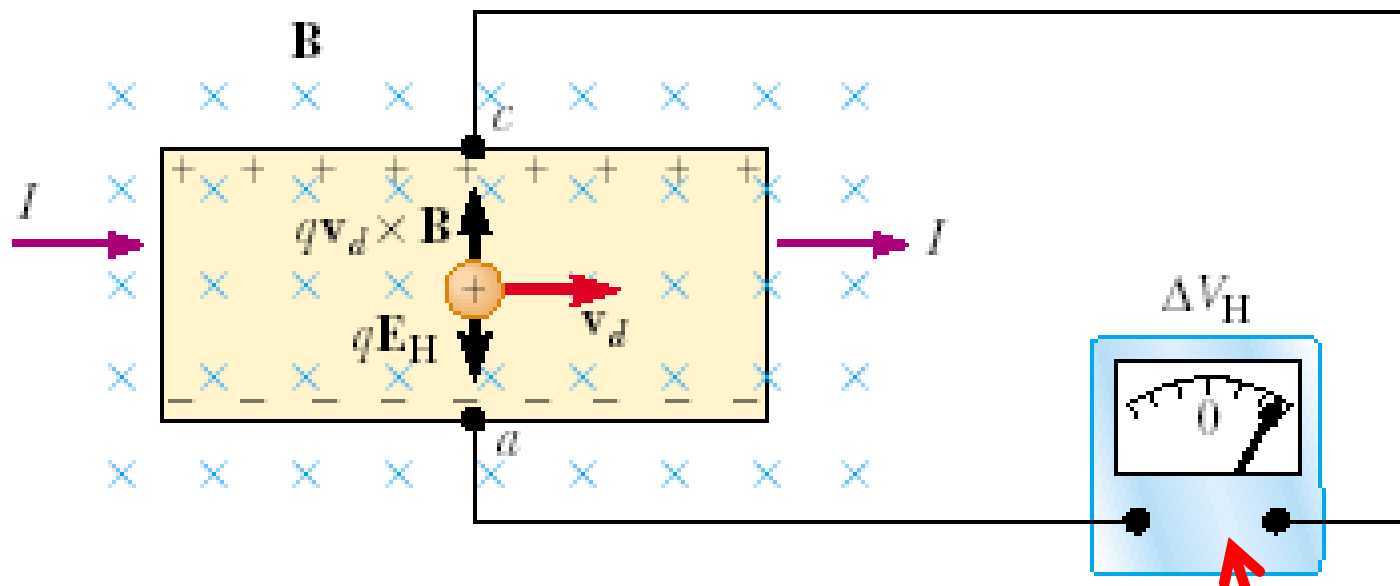
Дължини на ръбовете на образаца:

По оста x : a – дължина на образаца

По оста y : t – дебелина на образаца

По оста z : d – височина на образаца

Ефект на Хол - 3



- Натрупването на заряди се прекратява, когато **магнитната сила** е равна по големина и обратна по посока на **електричната сила**

$$q v_d B = q E_H \Rightarrow v_d B = E_H$$

- Холовото напрежение е**

$$\Delta V_H = E_H d = v_d B d$$

Ефект на Хол - 4

- Дрейфовата скорост е : $v_d = I / (n_v q t d)$

където d е височината, t е дебелината на образца

- Холовото напрежение е

$$\Delta V_H = \frac{I}{n_v q t d} B d = R_H \frac{IB}{t}$$

$$R_H = \frac{1}{n_v q} [m^3 / C]$$

където R е коефициентът на Хол

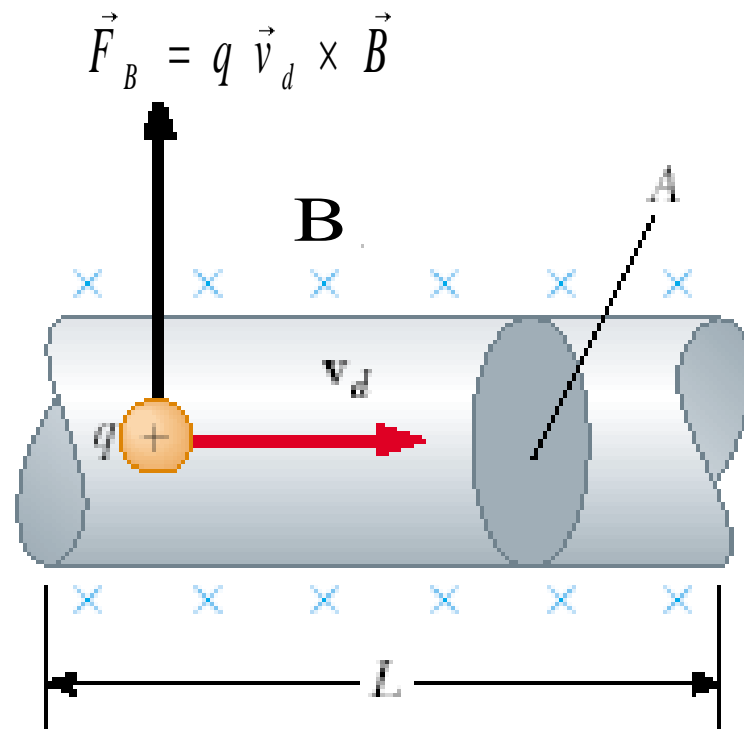
Магнитна сила действаща на проводник по който тече ток

- Обемът на проводника е AL
- Броят на токовите носители в единица обем е n_V
- Броят на токовите носители в обема AL е $n_V AL$
- Токът в проводника е

$$I = n_V q v_d A$$

- Пълната магнитна сила действаща върху проводника е

$$\vec{F} = (n_V A L) \vec{F}_B = (n_V A L) q \vec{v}_d \times \vec{B}$$



Праволинеен проводник с дължина L , площ на напречното сечение A , по който тече ток I , е поставен в еднородно магнитно поле с магнитна индукция B

Закон на Ампер за магнитната сила

- Пълната магнитна сила действаща върху праволинеен проводник с дължина L по който тече посотян ток I е:

$$\vec{F} = (n_v A L) q \vec{v}_d \times \vec{B} = (n_v q v_d A) \vec{L} \times \vec{B} = I \vec{L} \times \vec{B}$$



$$L \vec{v}_d = \vec{L} v_d$$

- L е вектор,
 - с модул, равен на дължината на проводника L
 - и с посока съвпадаща с посоката на дрейфовата скорост на положително заредените токоносители, т.е. посоката на тока

Закон на Ампер за магнитната сила

- *Закона на Ампер за магнитната сила* действаща на праволинеен проводник, по който тече ток

$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$$

- *Магнитната сила*, която действа на праволинеен проводник с ток, поставен перпендикулярно на индукционните линии на еднородно магнитно поле, е равна на произведението от магнитната индукция B , тока I и дължината L на проводника.

$$\theta = \pi/2; \vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B}$$

$$\Rightarrow F = ILB \sin(\theta) = ILB$$