

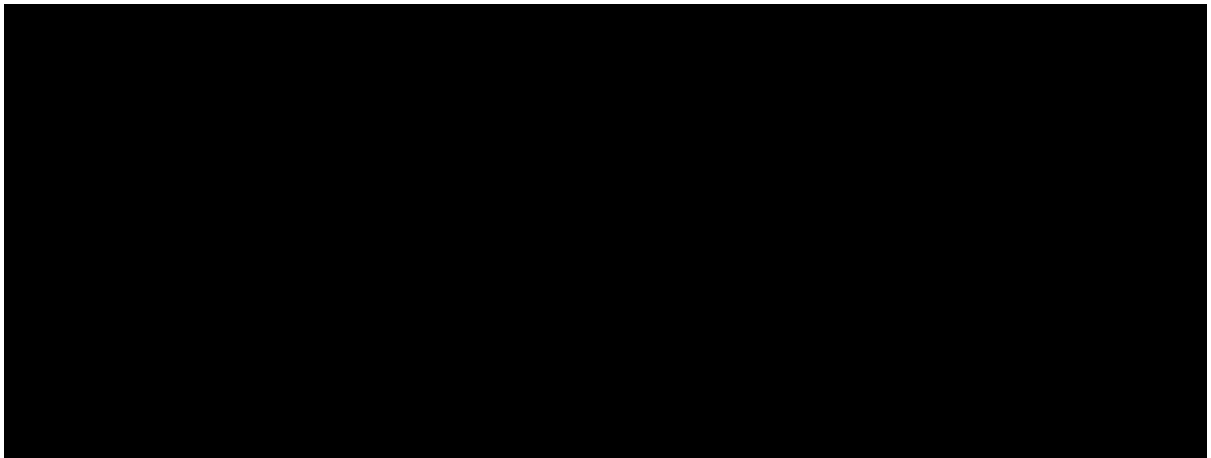
Ruch ładunków w polu magnetycznym

W polu magnetycznym i elektrycznym na poruszające się ładunki działa siła Lorentza:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

Wykorzystuje się to w wielu urządzeniach, takich jak telewizor, mikroskop elektronowy, spektrometry masowe czy akceleratory cząstek.

Spektrometr masowy



Istnieje wiele różnych typów spektrometrów masowych, ale idea pochodzi od metody parabol opracowanej przez J.J. Thomsona, przedstawionej powyżej.

Przepuścimy przez obszar jednorodnych pól magnetycznego i elektrycznego wiązkę zjonizowanych atomów jakiejś substancji. W obszarze pól działają na jony siły odchylające, które nadają im prędkości

$$v_z = \frac{q v B b}{m v}; v_y = \frac{q E b}{m v}$$

gdzie v jest prędkością w kierunku osi x , dużą w porównaniu z v_z i v_y . Odchylone jony biegną dalej w kierunku ekrany odległego o L ($L \gg b$). Odchylenie jonów od środka ekranu wyrazi się przez

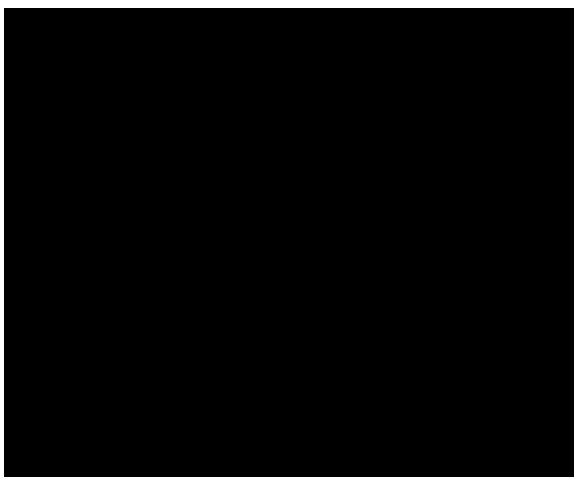
$$z = v_z t = \frac{q b L B}{m v}; y = v_y t = \frac{q b L E}{m v^2}$$

Jeżeli z pierwszego równania wyłączymy prędkość i podstawimy do drugiego, to otrzymamy równanie paraboli, której parametrem jest stosunek e/m jonu:

$$y = \frac{E}{B^2} \frac{z^2}{\frac{q}{m} LB}$$

Umożliwia to identyfikację jonów. Thomson wykazał w ten sposób istnienie izotopów. Podobnej metody używa się również do separacji izotopów w technice jądrowej.

Cyklotron



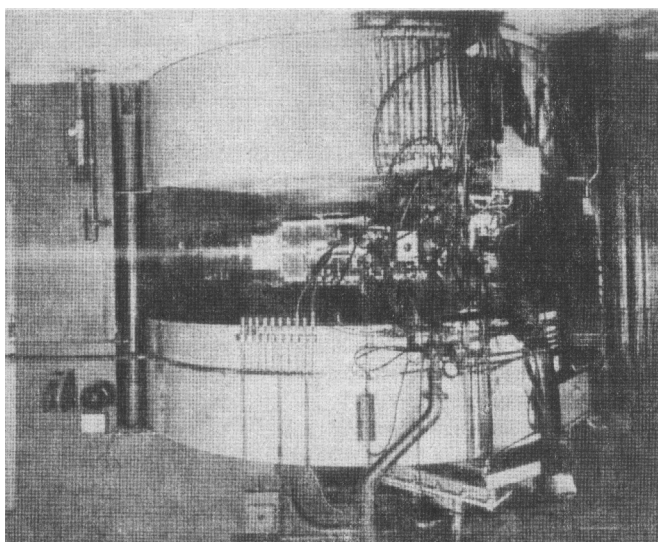
Cząstka wpadająca w pole magnetyczne prostopadle do linii wektora indukcji magnetycznej doznaje zakrzywienia toru.

Przyrównujemy wyrażenia na siły Lorentza i dośrodkową

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

skąd otrzymujemy

$$R = \frac{m v}{q B}; \omega = \frac{v}{R} = \frac{q B}{m}$$



Widać, że czas obiegu cząstki po okręgu nie zależy od prędkości, a jedynie od rodzaju cząstki.

Cyklotron służy do przyspieszania cząstek elementarnych i składa się z pary metalowych wnek umieszczonych w

prostopadłym polu magnetycznym. W środku znajduje się źródło naładowanych cząstek, a pomiędzy wneki przykłada się źródło napięcia zmiennego przyspieszającego cząstki przy każdym przejściu pomiędzy wnekami.

Efekt Halla



Oddziaływanie pola magnetycznego na nośniki ładunków poruszające się w przewodnikach i przewodnikach powoduje wystąpienie w nich *efektu Halla*.

Rozważmy proces działania pola magnetycznego na nośniki prądu w prostopadłościanie o bokach a, b i d pokazanym na rysunku. Przy założonych kierunkach prądu i i pola magnetycznego na dodatnie nośniki prądu działa siła Lorentza skierowana ku górze. Górna powierzchnia ładuje się dodatnio tak długo, aż pole siła elektrostatyczna zrównoważy siłę Lorentza

$$q E_h = q \frac{U_h}{a} = q v B$$

Iloczyn qv możemy policzyć z gęstości prądu w próbce

$$j = \frac{I}{a d} = n q v$$

skąd otrzymujemy

$$q \frac{U_h}{a} = B \frac{I}{n a d}$$

zatem poprzeczne napięcie pojawiające się na próbce wyniesie

$$U_h = \frac{1}{n q} \frac{B I}{d}$$

Zjawiska Halla wykorzystuje się do pomiaru koncentracji nośników (znając przewodnictwo możemy znaleźć również ruchliwość), a także do pomiaru indukcji pola magnetycznego. Znak napięcia Halla zależy od znaku nośników ładunku.

Do przemyślenia w długie wilgotne wieczory:

-- W pewnej przestrzeni naładowana cząstka porusza się prostoliniowo. Czy w tej przestrzeni może istnieć pole magnetyczne? Czy mogą istnieć jednocześnie pola elektryczne i magnetyczne?

-- Aby uniknąć iskrzenia wyłączników wysokonapięciowych, rozłączanie styków przeprowadza się w obecności silnego pola magnetycznego. Jak powinno być skierowane to pole?

-- Drut metalowy przewija się z jednej szpuli na drugą. Jednocześnie przez drut płynie prąd. Zwroty prędkości drutu i elektronów są przeciwne, a wartość taka sama. Czy zewnętrzny spoczywający obserwator zaobserwuje pole magnetyczne?