

Bemerkungen zur Lorentzkraft

Die Lorentzkraft $\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}$ wirkt nur, wenn sich ein geladenes Teilchen bewegt. Ein ruhendes oder neutrales Teilchen wird nicht beschleunigt. Die elektrische Kraft $\vec{F}_{el} = q \cdot \vec{E}$ kann ein geladenes Teilchen auch aus dem Stillstand beschleunigen.

Die Lorentzkraft wirkt senkrecht zur momentanen Bewegungsrichtung \vec{v} . Sie verrichtet deshalb keine Arbeit. In einem Magnetfeld ändert das freie Teilchen seine Flugrichtung, aber seine kinetische Energie bleibt konstant. Die elektrische Kraft kann sowohl die Richtung als auch die Schnelligkeit ändern. Da nur das elektrische Feld Energie überträgt, ist die biologische Wirkung magnetostatischer Felder relativ schwach.

Ist $\vec{v} \parallel \vec{B}$, so wird $F_L = 0$. Teilchen bewegen sich mit konstanter Geschwindigkeit entlang gerader magnetischer Feldlinien.

Experiment: Fadenstrahlrohr

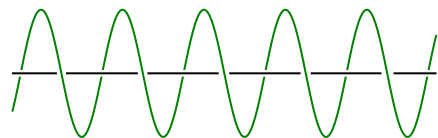
Eine Glaskugel enthält eine Elektronenkanone in einem stark verdünnten Gas. Der Elektronenstrahl regt das Gas zum Leuchten an und wird dadurch sichtbar. Die Glaskugel wird in ein Helmholtz-Spulenpaar, das ein fast homogenes Magnetfeld erzeugt, gestellt. Falls die Elektronen senkrecht zu den Feldlinien abgeschossen werden, krümmt sich der Strahl zu einem Kreis. Andernfalls bewegen sich die Elektronen auf einer Schraubenbahn (oder einer Geraden).

Ist $\vec{v} \perp \vec{B}$ in einem homogenen Magnetfeld, so bewegen sich die Teilchen auf Kreisbahnen. Der Bahnradius heisst Zyklotronradius, nach dem gleichnamigen Teilchenbeschleuniger.

$$F_{\text{res}} = ma_z \quad \rightarrow \quad qv_{\perp}B = m \frac{v_{\perp}^2}{r} \quad \Rightarrow \quad r = \frac{mv_{\perp}}{qB}$$

Im allgemeinen Fall gilt $\vec{v} = \vec{v}_{\parallel} + \vec{v}_{\perp}$. Die Kombination einer Translations- und einer dazu senkrechten Kreisbewegung ergibt eine Schraubenbewegung, siehe Abbildung 304.

Abbildung 304: Ein geladenes Teilchen, das schräg zu den Feldlinien in ein homogenes Magnetfeld geschossen wird, bewegt sich auf einer Schraubenbahn um eine zufällige Feldlinie herum. Schraubenlinie = Wendel = Helix \neq Spirale (\rightarrow Spiralgalaxie)



Polarlichter entstehen, weil Teilchen des Sonnenwindes (Elektronen und Protonen) durch die Lorentzkraft auf schraubenartigen Bahnen entlang der Feldlinien zu den irdischen Magnetpolen geführt werden und dort die oberen Schichten der Atmosphäre zum Leuchten anregen.

Da der Zyklotronradius proportional zur Teilchenmasse ist, kann aus dem Radius der Bahn die Masse der Teilchen bestimmt werden. Dies wird im Massenspektrometer – eine Art Waage für Ionen – ausgenutzt. Massenspektrometrie ist eine hochempfindliche physikalisch-chemische Analysemethode.

Die Lorentzkraft kann ein geladenes Teilchen auf einer Kreisbahn immer wieder am gleichen Ort vorbei führen, wo es dann wiederholt beschleunigt werden kann. Dieses Prinzip wird im Zyklotron, einem Teilchenbeschleuniger, ausgenutzt.