

ÜS 2 - Elektromagnetische Felder

In der Physik können wir Probleme mit zwei Ansätzen lösen, dem energetischen Ansatz und dem Bewegungsgleichungsansatz. Letzterer haben wir uns letzte Woche angeschaut und ersterer ist einfacher und wird immer dann verwendet, wenn man nur an Anfangs- und Endinformationen interessiert ist.

Energieerhaltung

Die mechanische Energie E_{mech} bleibt erhalten. Das heißt, dass der Betrag von E_{mech} am Anfang und am Ende gleich bleiben muss.

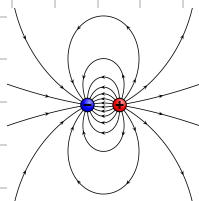
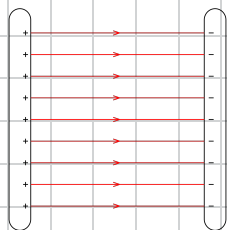
$$E_{\text{mech}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

Bsp: Wie schnell ist ein Ball, der 2m tief fällt?

$$E_{\text{mech},1} = E_{\text{mech},2} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 \Rightarrow v_2 = \sqrt{\frac{2mgh}{m}} = \sqrt{2 \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 2\text{m}} = 6.26 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

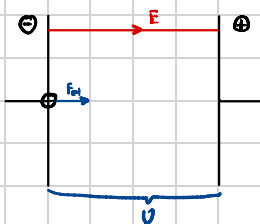
Elektrische und Magnetfelder

Ein elektrisches Feld $\vec{E}$ wird durch Ladungen gebildet, bspw. durch zwei geladene Platten (Plattenkondensator). Wird eine Ladung in dieses Feld gelegt, wirkt eine Kraft $\vec{F}_{\text{el}}$ auf die Ladung, die die Ladung an den gegensätzlichen Pol beschleunigt.



- $\vec{F}_{\text{el}}$ wirkt tangential zu den Feldlinien
- Feldlinien gehen von $\oplus$ nach $\ominus$
- Wenn $\vec{E}$ überall gleich ist, ist das Feld homogen
- Plattenkondensator: $E = \frac{U}{d} \Rightarrow U = U_{\text{pot.}} - U_{\text{an}}$

Wenn wir die Beschleunigung eines Elektrons im Plattenkondensator berechnen wollen, eignet sich der energetische Ansatz.

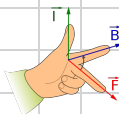
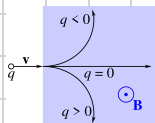


- Anfangs befindet sich ein e^- in der $\ominus$ -Platte $\Rightarrow$ wird zu $\oplus$ beschl.
- ↳ $E_{\text{kin},1} = 0$, da das e^- anfangs in Ruhe ist
- ↳ $E_{\text{pot},2} = 0$, da mit dem Auftreffen des e^- auf $\oplus$ -Platte wurde das gesamte el. Potenzial durchlaufen.

$$E_{\text{mech},1} = E_{\text{mech},2} \Leftrightarrow E_{\text{kin},1} + E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2} + E_{\text{pot},2} \Leftrightarrow qU = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$$

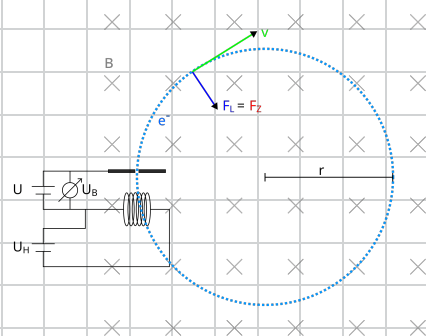
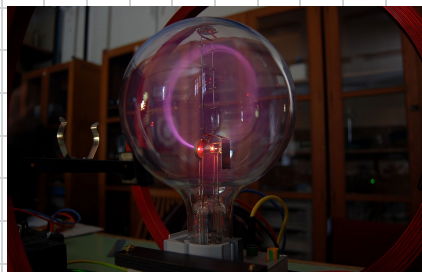
Ein Magnetfeld $\vec{B}$ wird durch Ströme induziert (bspw. Spulen). Bewegt sich eine Ladung im Magnetfeld, wirkt die Lorentzkraft $\vec{F}_L$ auf die Ladung senkrecht zur Bewegungsrichtung.

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



Bsp.: Fadenstrahlrohr

Beim Fadenstrahlrohr werden Elektronen zuerst in einem elektrischen Feld beschleunigt und dann in ein Magnetfeld geleitet. Das Magnetfeld wird als homogen betrachtet und die Magnetfeldlinien stehen senkrecht zur Geschwindigkeit. Somit wirkt immer senkrecht zur Bewegungsrichtung die Lorentzkraft, gemäss der Rechten-Hand-Regel (links für $\ominus$).



$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}, \quad \vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow F_L = qvB$$

Kraft wirkt senkrecht zur Bewegungsrichtung ergibt eine Kreisbewegung.

$$F_{zp} = \frac{mv^2}{r} \quad F_{zp} \stackrel{!}{=} F_L \Leftrightarrow \frac{mv^2}{r} = qvB \Leftrightarrow \frac{q}{m} = \frac{v}{B \cdot r}$$

Die Geschwindigkeit lässt sich über Energieerhaltung berechnen, da die e^- in einem E-Feld beschleunigt werden.

$$E_{\text{mech},1} = E_{\text{mech},2} \Rightarrow E_{\text{kin},1} + E_{\text{pot},1} = E_{\text{kin},2} + E_{\text{pot},2} \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = -qU \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2mU}{e}}$$

Wir setzen v in den vorherigen Ausdruck ein.

$$\frac{e}{m} = \frac{1}{B \cdot r} \cdot v = \frac{1}{B \cdot r} \sqrt{\frac{2mU}{e}} \Rightarrow \frac{e^2}{m^2} = \frac{1}{B^2 r^2} \frac{2mU}{e} \Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 r^2}$$

Historisch konnte man mit dem Fadenstrahlrohr das Verhältnis $\frac{e}{m}$ für Elektronen berechnen. Zusammen mit dem Milikan-Versuch, der die Elementarladung ermittelt, liess sich die Elektronenmasse ermitteln.

Berechnung MS

Millicans Öl-Tröpfchenversuch

Energie aus Physik I/A

E/B-Felder Lorentzkraft

Bsp. Fadenstrahlrohr