

Schraubenbahn im Fadenstrahlrohr

Quelle: Physik 12/13, Schroedel, 1999 - gekürzt



In  Bild 2 werden Elektronen schräg in ein B -Feld geschossen. Wir beobachten eine Schraubenbahn. Um dies zu verstehen, zerlegen wir den Vektor $\vec{v}$ der Einschussgeschwindigkeit der Elektronen in zwei Komponenten: $\vec{v}_s$ senkrecht und $\vec{v}_p$ parallel zum B -Feld.

Die Elektronen erfahren somit die Lorentzkraft mit dem Betrag $F_L = e v_s B$. $\vec{v}_s$ für sich allein würde eine Kreisbahn hervorrufen. $\vec{v}_p$ zieht den Kreis zu einer Schraubenbahn auseinander; der Kreismittelpunkt läuft sozusagen mit $\vec{v}_p$ nach rechts. Wer sich mit $\vec{v}_p$ bewegt, sieht eine Kreisbahn der Elektronen; wir sehen eine Schraubenbahn.

Beispiel

Eine Elektronenkanone wird mit einer Spannung von $U = 640 \text{ V}$ betrieben. Der Elektronenstrahl tritt unter dem Winkel $\varphi = 5^\circ$ in ein Magnetfeld mit $B = 6 \text{ mT}$. Gesucht sind der Radius r und die Ganghöhe h der Schraubenbahn sowie die Umlaufzeit T .

Lösung: Die Geschwindigkeit der Elektronen hat den Betrag $v = \sqrt{2 U (e/m)} = 15 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

Für den Radius der Schraubenbahn ist v_s maßgeblich:

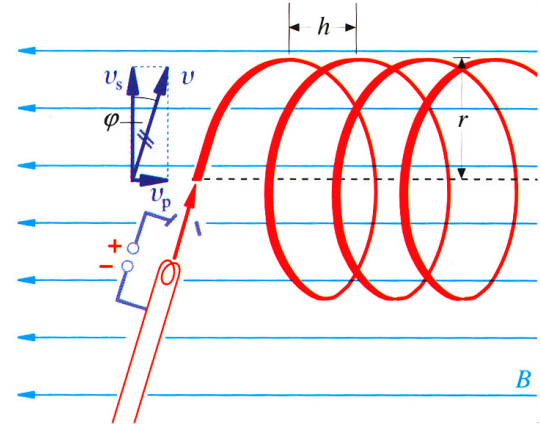
$$v_s = v \cos \varphi = 14,95 \cdot 10^6 \text{ m/s}.$$

Nach Gl. (1) gilt: $r = m v_s / (e B) = 1,4 \text{ cm}$.

Damit wird auch die Umlaufzeit T berechenbar:

$T = 2 \pi r / v_s = 6,0 \text{ ns}$. In dieser Zeit haben sich die Elektronen mit v_p entlang den Magnetfeldlinien bewegt. Es gilt:

$v_p = v \sin \varphi = 1,31 \cdot 10^6 \text{ m/s}$. Dies führt zur Ganghöhe der Schraubenbahn von $h = v_p T = 0,78 \text{ cm}$.



B 2: Elektronen auf einer Schraubenbahn

Aufgabe

A 1: Ein Proton ($m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$) beschreibt in einem homogenen Magnetfeld mit $B = 0,035 \text{ T}$ eine Schraubenbahn mit $r = 6,8 \text{ m}$. Die Richtungen der Geschwindigkeit und der Magnetfeldlinien schließen den Winkel 67° ein. **a)** Welche Geschwindigkeit hat das Proton? **b)** Welche Zeit benötigt das Proton für einen Umlauf? **c)** Wie groß sind die Beträge v_s und v_p der Komponenten senkrecht bzw. parallel zu den Feldlinien? **d)** Wie groß ist die Ganghöhe der Schraubenbahn?