

0.1 36. Hausaufgabe

0.1.1 Exzerpt von B. S. 234f.: Zyklotron

Ein Zyklotron ist ein Zirkularbeschleuniger, also ein Teilchenbeschleuniger, der geladene Teilchen von einem Mittelpunkt ausgehend kreisförmig (zirkulär) nach außen hin beschleunigt. Besonders interessant dabei ist die benötigte raum-zeitliche Beschaffenheit des elektrischen Felds.

Die \mathcal{E} -Feldrichtung muss dabei bei jeder halben Umdrehung der Teilchen umgekehrt werden, damit die Kreisbewegung erhalten bleibt; dies kennen wir bereits aus der 10. Klasse bei der Behandlung des Themenkomplexes „Generator“. Diese Umkehrung erreichen wir dadurch, indem wir einen Wechselstrom zur Magnetfelderzeugung nutzen. Die Bestimmung der nötigen Wechselstromfrequenz f sei also unser Ziel.

Damit Körper Kreisbahnen halten können, muss eine Zentripetalkraft F_R aufgebracht werden. Diese kann nur von der Lorentzkraft F_L geliefert werden:

$$F_R = F_L; \Rightarrow m \frac{v^2}{r} = BQv;$$

Da wir nun weniger an v , sondern vielmehr an der Kreisfrequenz ω bzw. an der Frequenz $f = \frac{1}{T}$ interessiert sind, setzen wir $v = \omega r$ in die Formel ein (Substitution eines v):

$$m\omega v = BQv;$$

Ersetzen von ω durch $2\pi f$ bringt nun:

$$2\pi m f v = BQv;$$

Diese Gleichungen können wir nach der gesuchten Frequenz auflösen. Angenehmerweise kürzt sich zusätzlich die Geschwindigkeit v :

$$f = \frac{BQ}{2\pi m};$$

Betrachten wir statt allgemeiner Körper der Ladung Q und der Masse m Elektronen – substituieren wir also Q mit e und m mit m_e , so erhalten wir:

$$f_e = \frac{Be}{2\pi m_e};$$

Dies hat interessante Konsequenzen, die mitunter auch der Alltagserfahrung widersprechen kann (wenn man beim Umgang mit Elektronen von „Alltagserfahrung“ sprechen kann): Wirft man Elektronen, oder allgemein geladene Körper senkrecht in ein Magnetfeld (unter Vernachlässigung der Gravitation), so werden die Teilchen einen Halbkreis zurück beschreiben, entfernt vergleichbar mit einem Bumerang.

Die Zeit bis zum Wiederaustritt aus dem Magnetfeld ist dabei unabhängig von der Einwurfgeschwindigkeit! Dies ist aus der Formel für ω auch unmittelbar ersichtlich: ω hängt nur von B , m und Q ab, nicht jedoch von einer Einwurfgeschwindigkeit v .

Es ist zulässig, von dieser Bewegung als einen elastischen Stoß zu sprechen. Dementsprechend findet auch ein Impulsübertrag statt (wobei der Partner des Übertrags z.B. die felderzeugende Spule ist – wie das genau passiert werden wir allerdings erst später erfahren).

(Benötigte Zeit: 63 min)