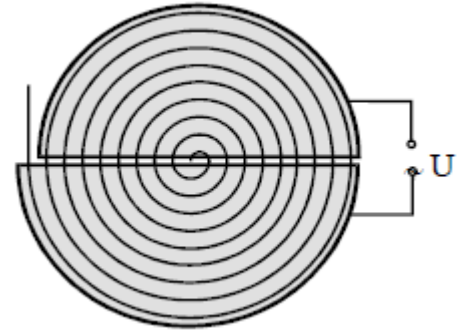


## Aus GK-Abitur 2003 GPh1

### 2. Zyklotron

Ein Zyklotron (siehe Skizze) dient zur Beschleunigung geladener Teilchen auf nichtrelativistische Geschwindigkeiten. Es wird mit einem homogenen Magnetfeld  $B$  und einer Wechselspannung konstanter Frequenz  $f$  betrieben.



- a) Leiten Sie an Hand einer geeigneten Kräftebetrachtung den Zusammenhang zwischen dem Bahnradius und der Geschwindigkeit der Teilchen (Ladung  $q$ ; Masse  $m$ ) her

und zeigen Sie, dass für die Frequenz gilt: 
$$f = \frac{q \cdot B}{2 \cdot \pi \cdot m}$$

Erläutern Sie damit, dass mit diesem Zyklotron Teilchen nicht auf relativistische Geschwindigkeiten beschleunigt werden können.

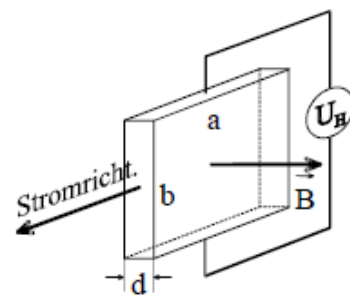
Im Folgenden soll ein „low-cost-Zyklotron“ für Protonen betrachtet werden, das mit der Haushaltswechselspannung (Frequenz: 50,0 Hz) betrieben wird. Die Energiezufuhr findet dabei für ein Proton immer dann statt, wenn die Spannung ihren Scheitelwert 325 V annimmt.

- b) Welchen Zuwachs an kinetischer Energie erhalten die Protonen bei einem Umlauf?
- c) Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B$ , mit der dieses Zyklotron betrieben werden muss. [zur Kontrolle:  $B = 3,28 \mu\text{T}$ ]
- d) Wie lange dauert es, bis dieses Zyklotron ein anfangs ruhendes Proton auf 1,0 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt hat? Berechnen Sie den Radius  $r$  der Kreisbahn, die auf 1,0 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigte Protonen durchlaufen.
- e) Halten Sie ein solches „low-cost-Zyklotron“ für realisierbar? Begründen Sie Ihre Antwort.

### 3. Halleffekt

Aus einem Goldstreifen mit der Länge  $a = 8,0 \text{ mm}$ , der Breite  $b = 2,0 \text{ mm}$  und der Dicke  $d = 0,10 \text{ mm}$  soll eine Hallsonde gefertigt werden (siehe Skizze).

In ihr befinden sich  $N = 9,5 \cdot 10^{19}$  frei bewegliche Elektronen. Die Hallsonde wird bei einer konstanten Stromstärke von  $I = 100 \text{ mA}$  betrieben; die magnetische Flussdichte ist  $B = 1,0 \text{ T}$ .



- a) Leiten Sie aus einem geeigneten Kraftansatz die folgende Beziehung für die Hallspannung  $U_H$  her:  $U_H = v \cdot b \cdot B$   
Hierbei ist  $v$  die Driftgeschwindigkeit der Elektronen.
- b) Die Driftgeschwindigkeit ist nicht direkt messbar, sie lässt sich jedoch indirekt ermitteln. Berechnen Sie dazu zunächst die Hallspannung mit Hilfe einer weiteren Gesetzmäßigkeit, die Sie z. B. der Formelsammlung entnehmen können. [zur Kontrolle:  $U_H = 0,11 \mu\text{V}$ ]
- c) Bestimmen Sie nun die Driftgeschwindigkeit der Elektronen.

2a)	8	$F_L = F_Z$ $q \cdot v \cdot B = m \frac{v^2}{r} \quad \rightarrow \quad f = \frac{1}{T} = \frac{q \cdot B}{2\pi \cdot m}$ <p>Das Zyklotron wird mit einer konstanten Frequenz betrieben. Da <math>q</math> und <math>B</math> konstant sind, funktioniert das wiederholte Beschleunigen nur, solange auch die Masse als konstant betrachtet werden kann. Dies gilt nur im nichtrelativistischen Fall.</p>
b)	3	$\Delta E = 2 \cdot U \cdot e = 1,04 \cdot 10^{-16} \text{ J} = 650 \text{ eV}$
c)	3	$B = \frac{2\pi \cdot f \cdot m_p}{e} = 3,28 \mu\text{T}$
d)	9	<p>Anzahl der Umläufe: <math>N = \frac{E_{\text{kin}}}{\Delta E}</math></p> <p>benötigte Zeit: <math>t = \frac{N}{f} = 1,4 \text{ s}</math></p> $r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} = 9,5 \text{ km}$
e)	3	Das „low-cost-Zyklotron“ ist wegen des sehr großen Radius nicht realisierbar.
3a)	5	$F_E = F_L \quad \rightarrow \quad e \cdot \frac{U_H}{b} = e \cdot v \cdot B \quad \rightarrow \quad U_H = v \cdot b \cdot B$
b)	6	$U_H = \frac{1}{n \cdot e} \cdot \frac{I \cdot B}{d} = \frac{V}{N \cdot e} \cdot \frac{I \cdot B}{d} = 1,1 \cdot 10^{-7} \text{ V}$
c)	5	$v = \frac{U_H}{b \cdot B} = 5,3 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$