

Physik - Abitur

- dies einschli. Compton Effekt, Franck-Hertz-Versuch, Streuwirkung, (Energieschemata), Paarbildung, Wilson-Kammer, Bragg-Reflexion, Röntgenspektren, Materiewellen, Elektronenbeugung, Photoemission

Letzte Klausur

d) relativistische Rechnung anschauen!

Relativistische Rechnung

$$e \cdot B \cdot v = \frac{mv^2}{R}$$

$$\Rightarrow e \cdot B = \frac{mv}{R}$$

Relativistische Energie-Impuls-Beziehung:

$$W^2 = (m_0 c^2)^2 + p^2 \cdot c^2$$

$$\Rightarrow p^2 = \frac{W^2 - m_0^2 c^4}{c^2}$$

$p = mv$ anschauen einsetzen:

$$B^2 = \frac{W^2 - m_0^2 c^4}{e^2 \cdot c^2 \cdot R^2}$$

$$W = m_0 c^2 + 300 \text{ keV} \\ \approx 811 \text{ keV}$$

$$\Rightarrow B \approx 9,32 \text{ mT}$$

⚠ Massenzunahme mind. 2

$$W_a = m_v \cdot c^2$$

$$W_a = m_0 c^2 + e \cdot U$$

$$\Rightarrow m_v = m_0 + \frac{e \cdot U}{c^2}$$
$$\approx 1,44 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$

Relativistische Massebeziehung:

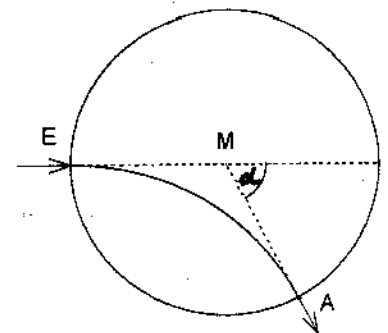
$$m_v = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Rightarrow v \approx 2,3279 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

\Rightarrow Oszilloskop Trigger?

1. Die Grundannahmen des bohrschen Modells liefern für die Energiewerte der Eielektronensysteme gute Näherungen.
6. a) Leiten Sie für solche Systeme mit den Kernladungen $Z \cdot e$ unter Verwendung der bohrschen Postulate ($L = n \cdot \hbar$; $h \cdot f = W_m - W_n$) die Gesamtenergie W_n des auf der n -ten Quantenbahn gebundenen Elektrons her. Die potenzielle Energie im „Unendlichen“ soll dabei null sein.
[Zwischenergebnis unter Verwendung der Rydbergkonstanten $W_n = -Z^2 \frac{R \cdot h \cdot c}{n^2}$]
2. b) Wie groß ist die erforderliche Mindestenergie, um ein He^+ -Ion, das sich im Grundzustand befindet, vollständig zu ionisieren?
3. c) Die Ionisierungsenergie von neutralem Helium ist gegenüber dem in Teilaufgabe b) berechneten Wert wesentlich geringer. Wie lässt sich dies begründen?
Im Spektrum eines Sterns entdeckte der Astronom Pickering eine Spektralserie, von der jede 2. Linie (fast) genau mit je einer Balmerlinie des Wasserstoffs zusammenfällt.
4. d) Zeigen Sie, dass diese Serie angeregten He^+ -Ionen mit dem Grundzustand bei $n=4$ zugeschrieben werden kann. Formen Sie hierzu die allgemeine Serienformel für obige He^+ -Ionen so um, dass ein Vergleich mit der allgemeinen Serienformel für die Balmerlinie möglich ist. Geben Sie dann an, welche Übergänge bei He^+ -Ionen ähnliche Linien wie bei der Balmerlinie liefern.
5. e) Wie lässt sich der geringfügige Unterschied bei der Wellenlängenmessung der sich entsprechenden Linien erklären?

2. An der Stelle E treten Elektronen radial in eine evakuierte kugelförmige Röhre (Radius $r = 13 \text{ cm}$) ein, an der variablen Stelle A treten sie radial aus. Der Ablenkwinkel der Elektronen sei α . Senkrecht zur Zeichenebene wird die Röhre von einem homogenen Magnetfeld der Flussdichte \vec{B} durchsetzt.



- a) Wie muss das Magnetfeld orientiert sein?
- b) Bei E treten Elektronen mit der Energie 1 keV ein und werden um den Winkel $\alpha = 60^\circ$ abgelenkt.
- α) Berechnen Sie die Länge der Elektronenbahn in der Röhre unter Verwendung einer beschrifteten Skizze. (Zwischenergebnis: Bahnradius $R = 22,5 \text{ cm}$)
- β) Wie lange braucht ein solches Elektron, um von E nach A zu gelangen?
- γ) Berechnen Sie den Betrag B der magnetischen Flussdichte (nichtrelativistische Rechnung).
- c) Die beschriebene Anordnung kann dazu dienen, die spezifische Ladung e/m von Elektronen zu bestimmen. Die Elektronen durchlaufen vor Eintritt in die Röhre bei vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit die Beschleunigungsspannung U. Leiten Sie eine allgemeine Gleichung her, die es gestattet, e/m aus der Beschleunigungsspannung U, dem Betrag B der magnetischen Flussdichte, dem Röhrenradius und dem Ablenkwinkel α zu ermitteln (nichtrelativistische Rechnung).
- d) Die bei E eintretenden Elektronen werden nun durch die Spannung $U = 300 \text{ kV}$ beschleunigt. Berechnen Sie den Betrag B der magnetischen Flussdichte, wenn diese Elektronen um den Winkel $\alpha = 60^\circ$ abgelenkt werden sollen.

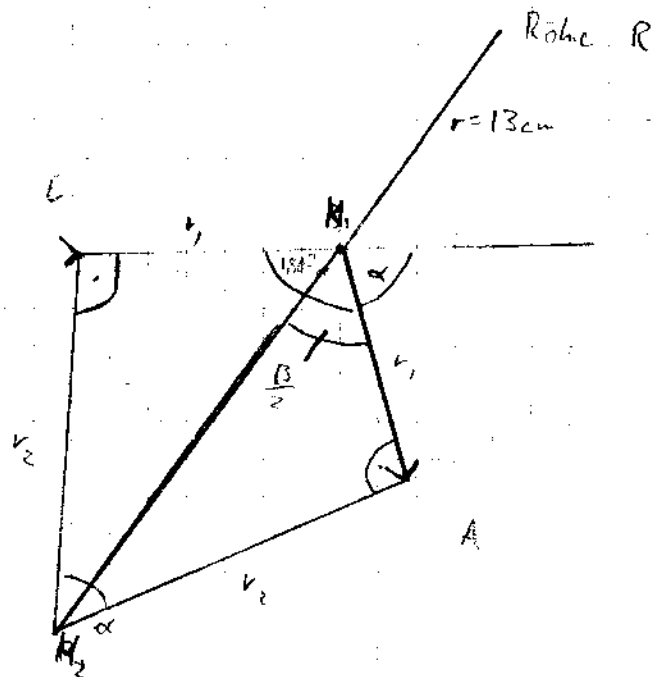
Werden Formeln aus der Formelsammlung übernommen, bitte Seite und Kennung angeben.

Alexander Rudyk

Aufgabe 2

a) Nach der Drei-Finger-Regel (Daumen: ~~Ausgabe~~ Elektronenbewegung, Zeigefinger: Magnetfeld, Mittelfinger: ablenkende Kraft) bzw. nach den Gesetzen der Vektormultiplikation müsste das Magnetfeld (bzw. dessen Feldlinien) senkrecht zur Elektronenbahn in die Seite hinein zeigen. ✓

b)



Elektronenbahn
ausgelenkt als
Kurve (Abkehr)

Es muss der Radius der Elektronenbahn im Feld berechnet werden. Dabei gilt, dass die Lorentz-Kraft im Magnetfeld als Zentripetalkraft (da sie immer senkrechtwinklig auf die Bewegungsrichtung des Elektrons steht) wirkt:

$$F_L = F_Z \quad \checkmark$$

$$F_L = e \cdot v_e \cdot B \quad (\text{S. 29 E32})$$

$$F_Z = \frac{m v^2}{r} \quad (\text{S. 4 M10})$$

Für die Länge der Elektronenbahn gilt (Berechnung eines Teils des Kreisumfangs): An dem Ein- und Austrittspunkt stehen die Radien der beiden Kreise senkrecht aufeinander, weil der Radius des einen jeweils die Tangente des Anderen bildet. Wie aus der geometrischen Skizze zu entnehmen ist, gilt damit: Das Dreieck M, AM_2, E ist ein Dreieck, daraus ergeben sich folgende Zusammenhänge:

Das Dreieck lässt sich in zwei recht Dreiecke halbieren (die Diagonale halbiert die Winkel) mit $\beta = 180^\circ - \alpha$ folgt daraus:

$$\frac{\beta}{2} = 60^\circ$$

Und (siehe Skizze):

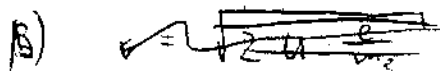
$$\tan \frac{\beta}{2} = \frac{r_2}{r_1} \quad \checkmark, \quad r_1 = 13 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow r_2 = (\tan 60^\circ) \cdot r_1 \approx \underline{\underline{22,52 \text{ cm}}} \quad \checkmark$$

Damit ergibt sich auch, dass α auch an M_2 anliegt, da Bohrzen wird dadurch beschrieben mit:

$$b = \frac{\alpha}{360^\circ} \cdot 250 \text{ nm}$$

$$\approx 23,58 \text{ nm} \quad \checkmark$$



$$W_{\text{kin}} = 1 \text{ keV}$$

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{2 \cdot \frac{W_{\text{kin}}}{m}}$$

$$\approx 1,88 \cdot 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \checkmark$$

$$t = \frac{b}{v}$$

$$\approx 1,26 \cdot 10^{-8} \text{ s} \quad \checkmark$$

Anmerkung zum Ansatz

γ) Nach den oben bereits erläuterten Zusammenhängen gilt:

$$e \cdot v_e \cdot B = \frac{m v_e^2}{r}$$

$$r = r_2 \quad !$$

$$\Rightarrow B = \frac{m \cdot v_e}{e \cdot r}$$

$$\approx 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ T} \quad \checkmark$$

c) Es gilt (2.0):

$$B = \frac{m \cdot v_e}{e \cdot r} \quad \checkmark$$

$$\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{v_e}{B \cdot r} ; v_e = \sqrt{2U \cdot \frac{e}{m}}$$

$$\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{\sqrt{2U \cdot \frac{e}{m}}}{B \cdot r}$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{e}{m}} = \frac{\sqrt{2U}}{B \cdot r}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot r^2} ; r_2 = \tan\left(\frac{180^\circ - \alpha}{2}\right) \cdot r_1$$

$$\Rightarrow \frac{e}{m} = \frac{2U}{B^2 \cdot \tan^2\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) \cdot r_1^2}$$

$$\tan\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right) = \frac{1}{\tan \frac{\alpha}{2}}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \cdot U}{B^2 \cdot r_1^2 \cdot \tan^2\left(90^\circ - \frac{\alpha}{2}\right)} \quad \checkmark$$

d) Wir können mit der Formel aus c) arbeiten:

~~$$B^2 = \frac{2 \cdot U \cdot m}{e \cdot r_1^2 \cdot \tan^2(90^\circ - 30^\circ)}$$~~

Einsetzen liefert

~~$$B =$$~~

a) Ab etwa 10 kV ist keine nichtrelativistische Rechnung mehr möglich. Gleich bleiben Bahnradius und Winkel, auch der Zusammenhang

$$B = \frac{m_e v_e}{e r}$$

gilt weiterhin. m_e ist jetzt jedoch nicht m_0 und v_e muss relativistisch ermittelt werden. Es gilt:

$$W_{\text{ges}} = m_e c^2 = m_0 c^2 + W_{\text{kin}}$$

$$\Rightarrow m_e = m_0 \cdot \frac{W_{\text{kin}}}{c^2}$$

$$\approx \underline{14,46} \cdot 10^{-20} \text{ kg}$$

Und:

$$v_e = \sqrt{2 \cdot \frac{W_{\text{kin}}}{m_e}}, \quad m_e \neq m_0!$$

$$\approx 2,58 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad f$$

Das Elektron hat also schon fast Lichtgeschwindigkeit!

$$\Rightarrow B = \frac{m_e v_e}{e r}$$

$$\approx 1,79 \cdot 10^{-2} \text{ T} \quad f$$

Näherungsformel für Geschwindigkeiten $v \ll c$

entweder mit Formel R5 oder R7 arbeiten (F-S Seite 48)