

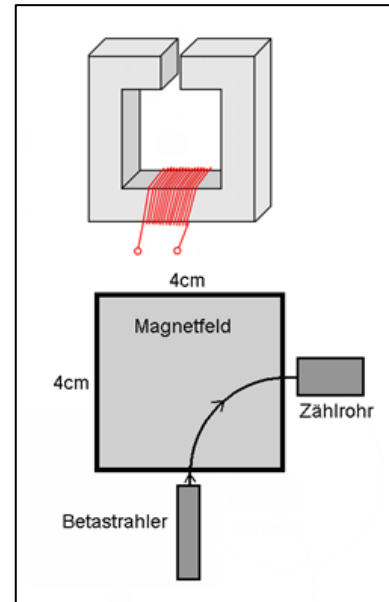
Arbeitsblatt 2:

Welche Energien haben die Elektronen tatsächlich?

Im Video „Neutrinos (2016)“ wird erwähnt, dass die Physikerin Lise Meitner bereits 1911 die Energie der Betateilchen experimentell bestimmen konnte.

Wir wollen dies im Folgenden an einem ähnlichen Experiment nachvollziehen. Dazu verwenden wir die Ablenkung der Elektronen in einem Magnetfeld, das durch einen U-förmigen Elektromagneten erzeugt wird und sich durch Variation der Spulenstromstärke verändern lässt. Betastrahler und Zählrohr sind stets in einem festen Winkel von 90° zueinander angeordnet (siehe Skizze). Die quadratischen Polschuhe sind 4cm x 4cm groß.

In einem Vorversuch wurde bestimmt, wie die Spulenstromstärke I und die magnetische Feldstärke B bei diesem Elektromagneten zusammenhängen. Es gilt: $B = 0,012 \frac{T}{A} \cdot I$.



Bildquelle: Matthias Borchardt

a) Erklären Sie die Versuchsidee und eine mögliche Durchführung des Versuchs. Wie ist das Magnetfeld gepolt?

b) Die Stromstärke für die Magnetspulen wird schrittweise erhöht und jeweils die Zählrate der eintreffenden Elektronen registriert. Es ergibt sich die nebenstehende Tabelle. Wir wollen exemplarisch für zwei Stromstärken die kinetische Energie der registrierten Elektronen berechnen. Dazu wählen wir die Stromstärke aus, bei der die Zählrate maximal ist, nämlich bei $I = 0,7A$ sowie einen Wert am Ende der Messreihe bei $I = 1,9A$.

Stromstärke I / A	Zählrate
0,2	559
0,3	596
0,4	632
0,5	665
0,6	686
0,7	695
0,8	686
0,9	664
1	625
1,1	572
1,2	503
1,3	426
1,4	341
1,5	252
1,6	166
1,7	90
1,8	33
1,9	2
2	0

1. Leiten Sie zunächst her:

Die Geschwindigkeit der Elektronen ergibt sich aus:

$$v = \frac{e}{m} \cdot B \cdot r.$$

2. Berechnen Sie die Geschwindigkeiten der Elektronen für die beiden markierten Stromstärken und geben Sie an, wie viel Prozent der Lichtgeschwindigkeit die Elektronengeschwindigkeit jeweils beträgt.

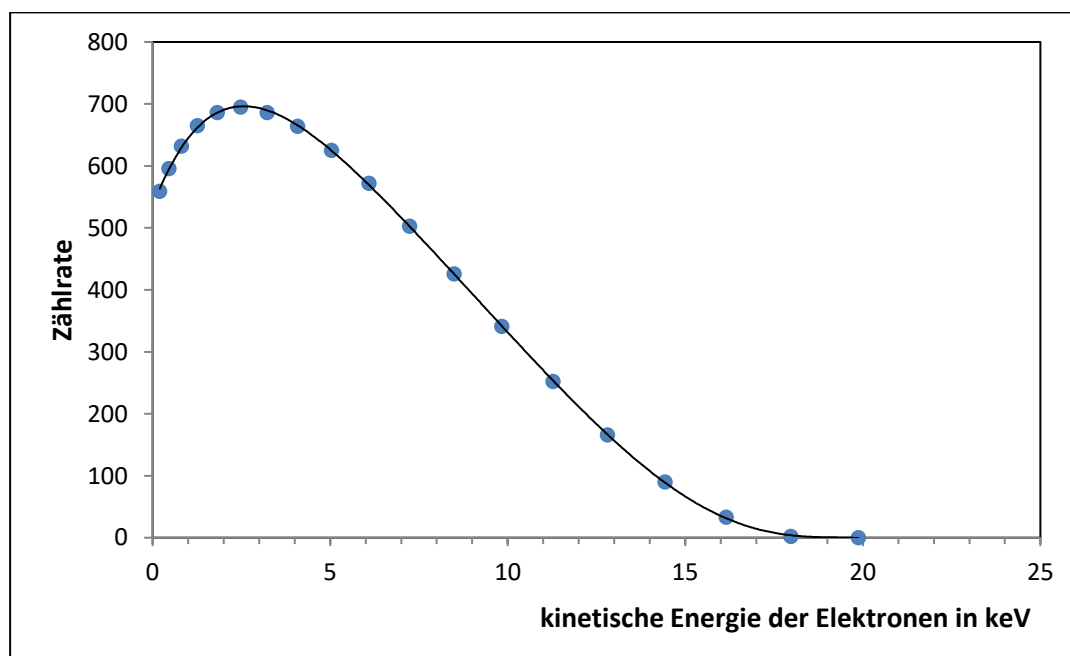
3. Wenn Sie richtig gerechnet haben, ergeben sich für die energiereichsten Elektronen Geschwindigkeitswerte von etwa

27% der Lichtgeschwindigkeit. Eigentlich sollte man die folgenden Rechnungen bereits relativistisch ausführen. Die Abweichungen sind allerdings nicht so groß, wie man befürchten könnte – sie liegen unter 2%. Wir dürfen daher weiterhin die Formeln der klassischen Physik verwenden, was die Rechnungen erheblich vereinfacht.

Berechnen Sie nun mit Hilfe der klassischen Formel $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ die Energien der Elektronen für die markierten Zählraten. Geben Sie die Ergebnisse in keV an.

- c) Die komplette Auswertung der Messreihe zeigt das untere Diagramm. Es zeigt, wie die Energien der emittierten Elektronen verteilt sind.

Beschreiben Sie das Energiespektrum mit Worten und äußern Sie sich zu der Frage, inwiefern das Versuchsergebnis nicht mit Ihren Überlegungen und Ergebnissen aus dem Arbeitsblatt 1 übereinstimmt.



Bildquelle: Matthias Borchartd