

Physik des Atomkerns – Teilchenbeschleuniger

Matthias Borchardt, Bonn



© VILevi/iStock

Teilchenbeschleuniger sind beeindruckende Maschinen. Sie ermöglichen Physikern und Physikerinnen nicht nur tiefe Einblicke in die aller kleinsten Strukturen der Materie, sondern spielen auch im medizinischen und kosmetischen Bereich eine bedeutende Rolle. Im Unterricht ermöglichen sie einen stark kontextorientierten Zugang zu verschiedenen Themen des Lehrplans. In den Materialien dieses Beitrags tauchen Ihre Schüler und Schülerinnen auf verschiedenen Niveaustufen in die faszinierende Welt der Linearbeschleuniger, Zyklotrons und Synchrotrons ein. Zahlreiche Computersimulationen und Lernvideos helfen bei der Bearbeitung der Aufgaben und ermöglichen so einen anschaulichen, schüleraktivierenden und motivierenden Zugang zum Thema.

Physik des Atomkerns – Teilchenbeschleuniger

Oberstufe

Matthias Borchardt, Bonn

Hinweise	1
M 1 Ein Linearbeschleuniger für Protonen	4
M 2 Linearbeschleuniger in der Medizin	6
M 3 Ein Zyklotron für Schulversuche	8
M 4 Das Synchro-Zyklotron	10
M 5 Synchro-Zyklotron – LEK	12
M 6 Das Synchrotron	14
M 7 Collider und Speicherringe	16
Lösungen	18

Die Schüler lernen:

grundlegende Konzepte verschiedener Teilchenbeschleuniger, wie Driftröhren-Linearbeschleuniger, cyclotrisches Zyklotron, relativistisches Zyklotron, Synchrotron, Speicherringe und Collider, kennen. Zahlreiche Computersimulationen und Lernvideos ermöglichen einen anschaulichen, motivierenden und schüleraktivierenden Zugang zu den einzelnen Themen.

Überblick:

Legende der Abkürzungen:

AB Arbeitsblatt **LEK** Lernerfolgskontrolle**CS** Computersimulation **LV** Lernvideo

Thema	Material	Mode
Ein Linearbeschleuniger für Protonen	M 1	AB, CS
Linearbeschleuniger in der Medizin	M 2	AB, CS
Ein Zyklotron für Schulversuche	M 3	AB, CS
Synchro-Zyklotron	M 4	AB, CS
Synchro-Zyklotron – LEK	M 5	AB
Synchrotron	M 6	AB, LV, CS
Speicherringe und Collider	M 7	AB, LV

Kompetenzprofil:

Inhalt: Bewegung von geladenen Teilchen in elektrischen und magnetischen Feldern im Kontext des Themas Teilchenbeschleuniger (Linearbeschleuniger), Zyklotron, Synchro-Zyklotron, Synchrotron, Speicherringe und Collider, klassische und relativistische Ansätze

Medien: Taschenrechner, Computersimulationen, Internetrecherche, Lernvideos

Kompetenzen: Auswählen bereits bekannter geeigneter Modelle bzw. Theorien zur Lösung physikalischer Probleme (S3), Anwenden bekannter mathematischer Verfahren auf physikalische Sachverhalte (S7), physikalische Modellieren von Phänomenen, auch mithilfe mathematischer Darstellungen und digitaler Werkzeuge, wobei theoretische Überlegungen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander bezogen werden (E4)

M 1 Ein Linearbeschleuniger für Protonen

Der weltweit erste funktionsfähige Linearbeschleuniger wurde bereits in den 1920er-Jahren an der Technischen Hochschule Aachen aufgebaut und getestet. Dieser Beschleuniger war von dem norwegischen Physiker Rolf Wideröe konstruiert worden und basierte auf der Idee, die geladenen Teilchen durch Driftröhren zu schicken, die an einer hochfrequenten Wechselspannung angeschlossen waren.

Aufgaben



1. Informieren Sie sich im Internet mit dem untenstehenden Link, wie ein Linearbeschleuniger dieses Typs aufgebaut ist und wie er funktioniert.
<https://raabe.click/Aufbau-Linearbeschleuniger>
2. Öffnen Sie das Programm „Linearbeschleuniger.exe“ auf der Seite <https://raabe.click/Linearbeschleuniger.exe>, lesen Sie die Info-Box zum Programm und machen Sie sich mit den Funktionen der Simulation vertraut.



3. Protonen werden in einem Vorbeschleuniger durch eine Spannung U_B beschleunigt.
Leiten Sie die folgende Formel für die Geschwindigkeit der Protonen her:

$$v_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{e}{m_p} \cdot U_B}$$

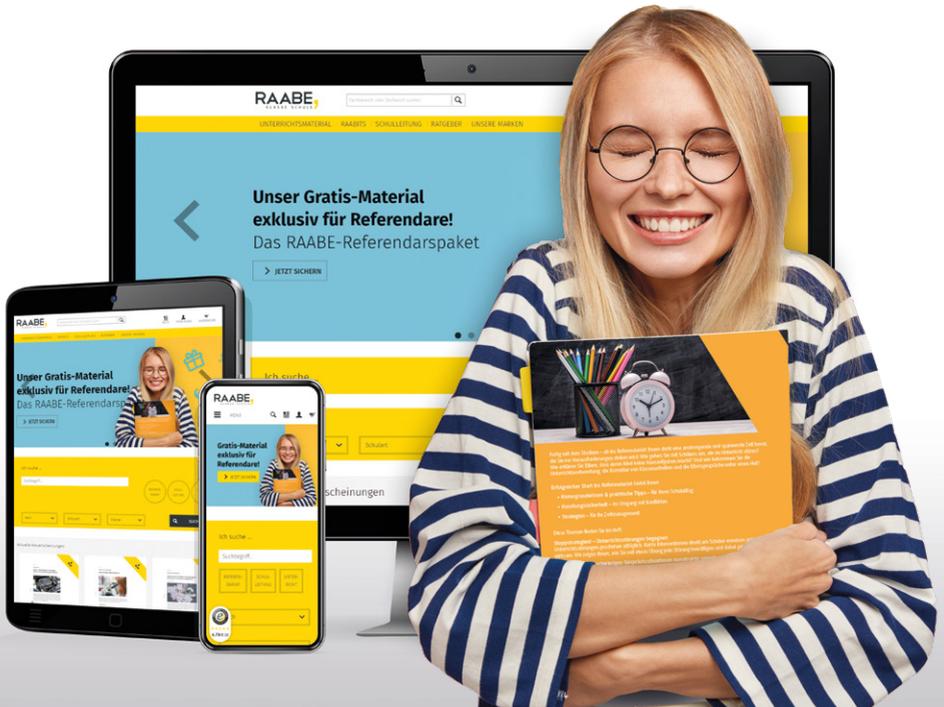
4. Berechnen Sie die Geschwindigkeit von Protonen, welche mit einer entsprechenden Spannung von $U_B = 100 \text{ kV}$ beschleunigt wurden ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$).

5. Wenn ein Proton aus Aufgabe 4 den Beschleuniger mit 10 Driftröhren durchlaufen hat, wurde es 10-mal beschleunigt, nämlich einmal im Vorbeschleuniger mit der Spannung U_B und 9-mal in den Zwischenräumen der 10 Driftröhren. Leiten Sie die Formel der Geschwindigkeit her, für den Fall, dass bei angelegter Wechselspannung die Protonen ebenfalls einen Scheitelwert von U_B erhalten: $v_{10} = \sqrt{10 \cdot 2 \cdot \frac{e}{m_p} \cdot U_B}$.

$$v_{10} = \sqrt{10 \cdot 2 \cdot \frac{e}{m_p} \cdot U_B}$$

6. Berechnen Sie die Geschwindigkeit von Protonen, die einen 10-Röhren-Beschleuniger durchlaufen haben, und vergleichen Sie Ihr Rechenergebnis mit dem Ergebnis, das Ihnen die Computersimulation liefert.

Sie wollen mehr für Ihr Fach? Bekommen Sie: Ganz einfach zum Download im RAABE Webshop.



- ✓ **Über 4.000 Unterrichtseinheiten** sofort zum Download verfügbar
- ✓ **Sichere Zahlung** per Rechnung, PayPal & Kreditkarte
- ✓ **Exklusive Vorteile für Grundwerks-Abonent*innen**
 - 20% Rabatt auf Unterrichtsmaterial für Ihr bereits abonniertes Fach
 - 10% Rabatt auf weitere Grundwerke

Jetzt entdecken:
www.raabe.de