

II.F.10

Atom- und Kernphysik

Kernphysik am CERN – Tests auf Abiturniveau

Ein Beitrag von Anna Heidenblut

Illustrationen von Sylvana R.-E. Timmer



© RAABE 2020

© PeopleImages/E+/Getty Images

Das Kernforschungszentrum der Europäischen Organisation für Kernforschung CERN in Genf übt mit dem größten Beschleunigerring der Welt nicht nur auf Wissenschaftler, sondern auch auf Schülerinnen und Schüler eine große Faszination aus. Hier werden zwei Klausuren auf Abiturniveau vorgestellt, deren Aufgaben sich mit verschiedenen Experimenten des Kernforschungszentrums beschäftigen.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	12–13
Dauer:	8 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	Physikalische Vorgänge und technische Geräte beschreiben, physikalische Arbeitsweisen reflektieren, funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben und physikalische Formeln erläutern, Mathematisieren von Problemstellungen
Thematische Bereiche:	Elektrodynamik, Teilchenbeschleuniger, Zyklotron, Standardmodell der Elementarteilchenphysik, Relativitätstheorie, Relativistische Masse, Zeitdilatation, Längenkontraktion

Hintergrundinformationen

Am Kernforschungszentrum der Europäischen Organisation für Kernforschung, das wie die Organisation selbst meist kurz als „CERN“ bezeichnet wird, wird Grundlagenforschung mithilfe von verschiedenen Teilchenbeschleunigern betrieben. Im größten Teilchenbeschleuniger am CERN, dem **Large Hadron Collider (LHC)**, der einen Umfang von 27 km hat und etwa 100 m tief unter der Erde liegt, werden bei Kollisionen von Protonen bzw. Blei-Ionen die Bedingungen des frühen Universums nachgestellt und untersucht.

Hinweise zur Methodik und Didaktik

Voraussetzungen der Lerngruppe

Die hier vorgestellten Klausuren auf Abiturniveau prüfen Kenntnisse über den Aufbau und die Funktionsweise von Zyklotrons, Teilchenphysik und Relativitätstheorie.

Bei der Beschreibung des Zyklotrons werden die Herleitung der Zyklotronfrequenz in der klassischen Betrachtungsweise und eine qualitative Aussage über die Anpassung der Zyklotronfrequenz bei der Berücksichtigung relativistischer Effekte erwartet. In der Teilchenphysik wird das Standardmodell der Materie mit allen Materie- und Austauschteilchen vorausgesetzt. Teilchenumwandlungen sollen als Gleichungen dargestellt werden. Im Bereich der Relativitätstheorie werden die quantitative Beschreibung von Zeitdilatation und Längenkontraktion und die Berechnung der relativistischen Masse verlangt.

Durchführung

Die Klausuren **M 1** bzw. **M 2** haben einen zeitlichen Umfang von jeweils **180 Minuten**. Eine der Klausuren kann den Schülerinnen und Schülern vor der Leistungsstanderhebung als Übungsklausur zur Verfügung gestellt werden.

Die für die Bearbeitung der Aufgaben benötigten Konstanten werden zu Beginn der Klausur angegeben. Die Anzahl der dort angegebenen Nachkommastellen wurde zur Berechnung der Musterlösung verwendet.

Jede der hier vorgestellten Klausuren gliedert sich in drei Teilaufgaben, bei denen Informationen zu Experimenten am CERN mit operatorbasiert formulierten Arbeitsaufträgen abwechseln.

Die Lösungen zu den Aufgaben sind in Form eines tabellarischen Erwartungshorizontes gegeben, der auch eine beispielhafte Punktverteilung enthält. Die Tabelle enthält eine Spalte für individuell erreichte Punktzahlen und kann somit ausgedruckt und den Schülern als Erwartungshorizont ausgehändigt werden. Durch den direkten Vergleich zwischen eigener Lösung, eigener erreichter Punktzahl, Musterlösung und maximal zu erreichender Punktzahl wird den Schülern die Bewertung transparent. Bei einem Einsatz als Übungsklausur verringert eine Aushändigung der Musterlösung vor der Besprechung der Aufgaben den zeitlichen Aufwand der Besprechung.

M 3 und M 4 dient zur Notermittlung und Ergebnisrückmeldung an die Schüler.

Vom ersten Beschleuniger zum LHC

M 1

In dieser Aufgabe geht es um verschiedene Experimente am Forschungszentrum CERN in Genf. Zur Bearbeitung der Aufgabe sollen die folgenden Werte benutzt werden:

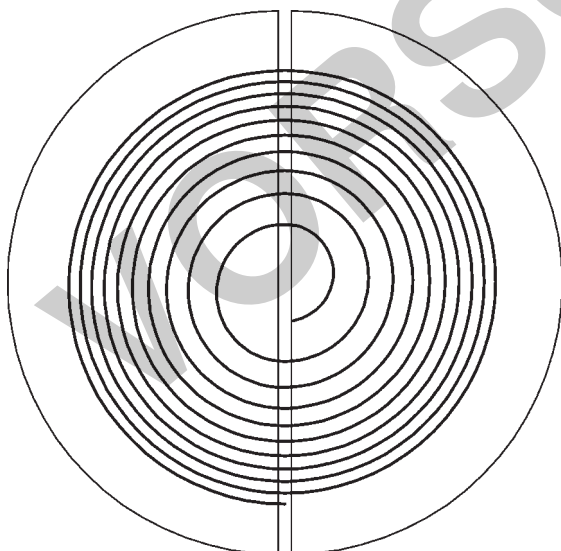
Vakuumllichtgeschwindigkeit	$c = 299.792.458 \text{ m/s}$
Elementarladung	$e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Ruhemasse des Protons	$m_p = 1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Teilaufgabe 1: Der erste Beschleuniger am CERN

Die Europäische Organisation für Kernforschung CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) betreibt in der Nähe von Genf eine Großforschungseinrichtung, in der mithilfe großer Teilchenbeschleuniger die Struktur der Materie untersucht wird.

- a) Als erster Beschleuniger wurde dort 1957 das Synchro-Zyklotron in Betrieb genommen, das Protonen auf eine Energie von bis zu 600 MeV beschleunigen konnte und bis 1990 betrieben wurde. Dieses Zyklotron wurde mit einem Elektromagneten von 5 m Durchmesser betrieben, der eine magnetische Flussdichte von 1,8 T lieferte. Der maximale Radius der Protonenbahn betrug 2,25 m.

Prinzipskizze eines Zyklotrons



- **Geben** Sie die Energie der auf 600 MeV beschleunigten Protonen in der Einheit Joule an.
- **Ergänzen** Sie die obige Abbildung zu einer beschrifteten Prinzipskizze eines Zyklotrons in dem Moment, in dem ein positiv geladenes Teilchen vom linken zum rechten Duanten beschleunigt wird.
- **Erklären** Sie die spiralförmige Bahn des beschleunigten Teilchens.