



**ILLUSTRIERENDE PRÜFUNGS-AUFGABEN
FÜR DIE SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG**

Teil 1: Beispielaufgaben

Die Illustrierenden Prüfungsaufgaben (Teil 1: Beispielaufgaben, Teil 2: Erläuterungen und Lösungsvorschläge) dienen der einmaligen exemplarischen Veranschaulichung von Struktur, Anspruch und Niveau der Abiturprüfung auf grundlegendem bzw. erhöhtem Anforderungsniveau im neunjährigen Gymnasium in Bayern.

Physik

grundlegendes Anforderungsniveau

Arbeitszeit: 255 Minuten

Bei der Bearbeitung der Aufgaben dürfen folgende Hilfsmittel verwendet werden:

- eine vom Staatsministerium genehmigte mathematisch-naturwissenschaftliche Formelsammlung
- ein wissenschaftlicher Taschenrechner, der den vom Staatsministerium getroffenen Regelungen entspricht

Es werden vier Aufgaben zur Auswahl gestellt, von denen drei bearbeitet werden müssen.

Das Gehefte mit den Aufgabenstellungen und dem Material sind abzugeben.

Vom Prüfling auszufüllen:

Insgesamt sind **drei** Kreuze zu setzen.

Ich wähle folgende drei Aufgaben zur Bearbeitung aus; nur diese gehen in die Bewertung ein:

- I Kosmische Strahlung
- II Sonnenbrillen
- III Untersuchung von Quantenobjekten
- IV Lecksuche mit radioaktivem Thorium

Kosmische Strahlung

Kosmische Strahlung aus dem Weltall besteht aus energiereichen Teilchen wie Protonen. Bis heute gibt es noch kein vollständiges Verständnis bezüglich der Quellen dieser energiereichen Teilchen und der zugrunde liegenden Beschleunigungsprozesse.

BE

1 In vielen Forschungseinrichtungen werden Protonen in einem Linearbeschleuniger beschleunigt (siehe M1a).

a Zeigen Sie, dass sich bei der Wechselspannungsfrequenz von 10 MHz die Polarität der Spannung an den Driftröhren alle $5,0 \cdot 10^{-8}$ s ändert. Begründen Sie, dass die Längen der Driftröhren in Bewegungsrichtung des Protons zunehmen müssen. Schätzen Sie mit einer klassischen Rechnung ab, dass die Länge einer Driftröhre für ein Proton mit annähernd $v \approx c$ etwa 15 m betragen müsste.

4

b Erläutern Sie den in M1b Abb. 2 dargestellten Verlauf des $t - E_{\text{kin}}$ - Diagramms und ergänzen Sie die Achsenskalierungen.

4

c Bestimmen Sie den Lorentz-Faktor für ein Proton mit der Gesamtenergie $1,0 \cdot 10^{15}$ eV und zeigen Sie damit, dass die Geschwindigkeit dieses Protons fast Lichtgeschwindigkeit beträgt.

4

d Zeigen Sie mithilfe von M1 und unter Verwendung von bisherigen Ergebnissen, dass für die Beschleunigung eines Protons auf eine Gesamtenergie von $1,0 \cdot 10^{15}$ eV die Länge eines Linearbeschleunigers deutlich größer sein müsste als der Erdumfang.

2

2 Supernovaresten gelten als mögliche Quellen der kosmischen Strahlung.

a Begründen Sie, dass ein Proton, das sich in einem homogenen Magnetfeld der konstanten magnetischen Flussdichte B senkrecht zur Feldlinienrichtung bewegt, eine Kreisbahn durchläuft. Zeigen Sie, dass der Bahnradius r für ein Proton mit der Gesamtenergie E und der Geschwindigkeit $v \approx c$ näherungsweise berechnet werden kann durch $r = \frac{E}{e \cdot c \cdot B}$.

6

Berechnen Sie mithilfe von M2 den Bahnradius von Protonen mit einer Gesamtenergie von $E = 1,0 \cdot 10^{15}$ eV jeweils für die Flussdichte, die typischerweise in der Umgebung eines Supernovarests bzw. nahe der Erdoberfläche auftritt. Nehmen Sie für die Rechnung an, dass das Magnetfeld dort jeweils zeitlich konstant und homogen wäre und dass das Proton mit der Energie E jeweils senkrecht zur Richtung der magnetischen Feldlinien in das Magnetfeld eintritt.

b Begründen Sie, dass bei der Bewegung von Protonen in homogenen Magnetfeldern mit konstanter Flussdichte ihre Geschwindigkeit, nicht aber ihre Energie verändert werden kann.

2

c Für das neutrale Pion π^0 gibt es – neben dem in M2 beschriebenen Zerfall in zwei Photonen – eine weitere Zerfallsmöglichkeit. Entscheiden Sie, welche der folgenden drei Zerfallsgleichungen diesen Zerfall beschreibt, indem Sie zwei Zerfälle begründet ausschließen.

2



d Begründen Sie mithilfe von M2, dass bei der Beobachtung des Supernovarests IC 443 Detektoren für Gammastrahlung und nicht Detektoren für Protonen zur Untersuchung der Ursprungsregion der hochenergetischen kosmischen Protonen verwendet wurden.

3

3 Derzeit werden bemannte Mars-Missionen geplant. Diese würden die Besatzung erhöhter Strahlenbelastung durch kosmische Strahlung aussetzen. Bewerten Sie unter Verwendung von M3 und einem weiteren selbst gewählten Aspekt die Durchführung einer solchen Mission.

3

30

II Sonnenbrillen

Sonnenbrillen stellen für viele Menschen modische Accessoires dar. In erster Linie dienen sie allerdings dazu, die Augen der Trägerin oder des Trägers vor den Gefahren von Sonnenlicht zu schützen. Als Brillengläser dienen getönte Kunststoff- oder Glasscheiben, die mit filternden Schichten überzogen sind.

1 Die Sonne sendet weißes Licht aus. Beschreiben Sie, was man in der Physik unter dem Begriff "weißes Licht" versteht. Berechnen Sie die Wellenlänge des Lichts, dessen Photonen 3,50 eV Energie haben, und begründen Sie, dass diese Photonen für menschliche Augen gefährlicher sind als die des sichtbaren Lichts.

2 Die Gläser von Sonnenbrillen sind getönt (siehe M1).

a An einem Sommertag wurde mittags in München für blaugrünes Licht, dessen Photonen 2,48 eV Energie haben, eine Leistung von $150 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ gemessen. Schätzen Sie den Flächeninhalt der Gläser einer Sonnenbrille ab und berechnen Sie mithilfe von M1 die Anzahl der Photonen des blaugrünen Lichts, die zu diesem Zeitpunkt höchstens pro Sekunde durch eine graugetönte Sonnenbrille der Kategorie 2 hindurch gingen.

b Beschreiben Sie im Photonenmodell den Unterschied im Absorptionsverhalten zwischen einer beliebigen Sonnenbrille der Kategorie 2 und einer Sonnenbrille der Kategorie 2 mit Grautönung.

3 Sonnenbrillengläser werden zusätzlich zur Tönung häufig mit dünnen, teilweise lichtdurchlässigen Schichten bedampft, um ihr Reflexions- und Transmissionsvermögen zu verändern (siehe M2).

a Begründen Sie, dass für die Situation in M2 Abb. 1 bei Lichteinfall nahezu senkrecht zur Oberfläche der Gangunterschied Δs der beiden Teilwellen bei P näherungsweise $\Delta s = 2 \cdot d \cdot n$ beträgt.

Der Brechungsindex des Beschichtungsmaterials beträgt $n = 1,22$. Berechnen Sie für einen nahezu senkrechten Lichteinfall die kleinstmögliche Schichtdicke d , bei der Licht der Wellenlänge 390 nm bei P ein Interferenzmaximum aufweist. Berechnen Sie außerdem eine Wellenlänge von Licht, das bei dieser Schichtdicke bei P ein Interferenzminimum aufweist.

b In der Praxis besteht eine solche Beschichtung eines Brillenglases aus mehreren Lagen. Diese sind so gewählt, dass bei P Interferenzmaxima für möglichst viele Wellenlängen auftreten, insbesondere auch im sichtbaren Spektralbereich. Beschreiben Sie die Auswirkung einer solchen Beschichtung jeweils für den Brillenträger und für eine Person, die von vorne auf die Brille blickt.

4 Bestimmte Brillengläser sind mit einer Schicht versehen, die das transmittierte Licht linear polarisiert (siehe M3). Stellen Sie die Funktionsweise der polarisierenden Schicht in einem beschrifteten Bild anschaulich dar. Gestalten Sie Ihre Darstellung so, dass Sie diese für eine Präsentation in Ihrem Physikkurs verwenden könnten.

5 Marie ist als Segellehrerin während des Sommers an fast jedem sonnigen Tag von morgens bis abends mit dem Segelboot auf dem Wasser. Diskutieren Sie unter Verwendung der Materialien M1 und M3 die Eignung leicht getönter Sonnenbrillengläser mit UV 400- Kennzeichnung im Vergleich zu stark getönten, polarisierenden Gläsern mit CE-Siegel. Erläutern Sie eine weitere Eigenschaft einer Sonnenbrille, auf die Marie als Seglerin aus gesundheitlichen Gründen Wert legen sollte.

BE

5

4

2

5

2

6

6

30

III

Untersuchung von Quantenobjekten

Interferenzexperimente sind eine wesentliche Methode zur Untersuchung von Quantenobjekten. Am Beginn standen Experimente mit Elektronen. In den vergangenen Jahrzehnten wurden solche Experimente auch mit zunehmend größeren Objekten durchgeführt.

1 Im Folgenden wird die Interferenz von Farbstoffmolekülen an einem Doppelspalt untersucht.

a Skizzieren Sie einen Versuchsaufbau, bei dem durch ein elektrisches und ein magnetisches Feld erreicht wird, dass einfach positiv geladene Farbstoffmoleküle diesen Versuchsaufbau nur mit dem Geschwindigkeitsbetrag von 158 m/s passieren können. Tragen Sie in Ihre Skizze dafür notwendige Messgrößen ein und geben Sie passende Werte an.

b Zeigen Sie mithilfe der Tabelle 1 in M1, dass ein Farbstoffmolekül mit dem Geschwindigkeitsbetrag von 158 m/s eine de-Broglie-Wellenlänge von $1,95 \cdot 10^{-12}$ m besitzt.

c In M1 ist der Interferenzversuch mit den Farbstoffmolekülen beschrieben. Skizzieren Sie die Intensitätsverteilung entlang der Linie L, die sich aus dem Schirmbild in M1 Abb. 2 ergibt.

d Bestimmen Sie anhand von M1 Abb. 2 den Abstand a des Schirms vom Doppelspalt. Erläutern Sie Ihr Vorgehen mithilfe von Skizzen und gehen Sie auf eine notwendige Näherung bei der Bestimmung von a mit den daraus abgeleiteten Vereinfachungen ein.

e Der experimentelle Aufbau wird dahingehend erweitert, dass jeweils bestimmt werden kann, welchen Spalt die Farbstoffmoleküle passieren. Erläutern Sie die daraus resultierende Änderung des Schirmbilds und skizzieren Sie das neue Schirmbild.

2 Erläutern Sie anhand von M2, dass durch Interferenzexperimente der experimentell bestätigte Gültigkeitsbereich der Quantentheorie erweitert wird.

3 Beurteilen Sie den Werbeflyer in M3 hinsichtlich seiner Vertrauenswürdigkeit. Berücksichtigen Sie die verwendete Argumentationsstruktur.

BE

5

2

2

11

3

3

4

30

IV

Lecksuche mit radioaktivem Thorium

In einem Betrieb fällt als Abfallstoff das radioaktive Thorium-Isotop ^{227}Th an. ^{227}Th ist ein α -Strahler mit einer Halbwertszeit von 18,7 Tagen.

- 1 Stellen Sie die zugehörige Zerfallsgleichung auf und berechnen Sie die bei dieser Reaktion freiwerdende Energie. 4
- 2 Beschreiben und deuten Sie ein gemeinsames charakteristisches Merkmal der beiden Spektren ① und ② in M1 und erläutern Sie die Zusammenhänge zwischen den beiden Spektren ① und ② und dem Energiestufenmodell ③. Veranschaulichen Sie den in Aufgabe 1 berechneten Energiewert an passender Stelle in ③. 6

Im Folgenden soll untersucht werden, ob das Thorium-Isotop ^{227}Th zur Lecksuche innerhalb von Betonwänden geeignet ist.

- 3 Beim Durchgang von γ -Strahlung durch Materie verringert sich die messbare Zählrate z mit der Dicke d der durchlaufenen Schicht gemäß der Beziehung: $z(d) = z_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$.

a Interpretieren Sie in Analogie zum Zerfallsgesetz die Bedeutungen der Größen z_0 und μ . Geben Sie ebenfalls durch Analogiebetrachtung eine Möglichkeit an, die Schichtdicke $D_{1/2}$, nach der die Zählrate um die Hälfte abgesunken ist, aus dem Wert μ zu berechnen. 3

b Das oben erwähnte Verfahren zur Lecksuche ist in M2a beschrieben. Das Tochternuklid von ^{227}Th gibt auch γ -Strahlung ab. Für die γ -Strahlung durch den Zerfall von ^{227}Th gilt beim Durchgang durch Beton $\mu = \frac{\ln 2}{30 \text{ cm}}$. Begründen Sie unter Verwendung dieser Information, dass bei der Lecksuche mit ^{227}Th die γ -Strahlung relevant ist, die α -Strahlung aber in der Regel nicht. 2

4 Bei Arbeiten zur Lecksuche werden mit dem Geiger-Müller-Zählrohr durchschnittlich pro Sekunde 550 Gammaquanten gemessen, von denen jedes die Energie 269 keV besitzt. Zeigen Sie durch eine Abschätzung, dass ein Mensch, der die Lecksuche durchführt (unfallfreies und sicheres Arbeiten vorausgesetzt), pro Jahr deutlich weniger als die für beruflich strahlenexponierten Personen erlaubte Äquivalentdosis von 20 mSv aufnimmt. Vernachlässigen Sie dabei die α -Strahlung. Geben Sie Ihre getroffenen Annahmen an. 5

5 In einem Versuch wurde die Aktivität einer ^{227}Th -Probe über einen längeren Zeitraum hinweg gemessen. M3 stellt die Messwerte dar, die auf den Zerfall von ^{227}Th zurückzuführen sind. Nennen Sie einen Grund dafür, dass bei diesem Versuch auch größere Abweichungen zwischen einem Messpunkt und der Ausgleichskurve nicht unbedingt auf Fehler im Versuchsaufbau oder auf Ablesefehler zurückgeführt werden müssen. Beschreiben Sie stichpunktartig eine Methode, mit der man mithilfe von M3 die Halbwertszeit von ^{227}Th bestimmen kann. 3

6 Ist die durch eine Menge von ^{227}Th hervorgerufene Aktivität auf 10 % der Anfangsaktivität gesunken, kann diese nicht mehr zur Lecksuche verwendet werden und muss fachgerecht entsorgt werden. Berechnen Sie die Zeitdauer, die das ^{227}Th höchstens verwendet werden kann. 3

7 Bewerten Sie den Einsatz von ^{227}Th zur Lecksuche. Verwenden Sie dazu M2b sowie mindestens ein Ergebnis der vorangegangenen Aufgaben. 4

BE

30