

**ILLUSTRIERENDE PRÜFUNGSAUFGABEN  
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

## erhöhtes Anforderungsniveau

**Arbeitszeit: 300 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.

Die 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 Tonerzeugung bei einer E-Gitarre
- II Sonnenbrillen
- III Untersuchung von Quantenobjekten
- IV Kernphysik in der Medizin

## Tonerzeugung bei einer E-Gitarre

Die E-Gitarre ist eines der wichtigsten Instrumente in der Pop- und Rockmusik. Der Tonabnehmer einer E-Gitarre besteht aus einer Spule und sechs darin steckenden zylinderförmigen Magneten. Jede der Gitarrensaiten befindet sich genau über „ihrem“ Magneten. Durch die Schwingung der Saite wird im Tonabnehmer eine Spannung induziert, die dann über einen Verstärker in ein akustisches Signal umgewandelt wird.



Tonabnehmer für alle sechs Saiten

BE

**1** Die Funktionsweise eines Tonabnehmers einer E-Gitarre soll im Folgenden mit einem vereinfachten Modell untersucht werden.

**a** Stellen Sie in M1 Abb. 1 die Struktur des Magnetfelds durch Feldlinien dar.

2

**b** Erklären Sie mithilfe von M2 Abb. 2, dass durch die Schwingung der Blattfeder eine Wechselfrequenz in der Spule des Tonabnehmer-Modells induziert wird, die die gleiche Frequenz aufweist wie die Schwingung.

4

**c** Erläutern Sie jeweils mithilfe von M2 Abb. 2 qualitativ den Einfluss der folgenden Größen auf den maximal auftretenden Betrag der Induktionsspannung an der Spule:

4

(i) Schwingungsamplitude der Blattfeder bei gleichbleibender Frequenz

(ii) Abstand  $d$  zwischen Blattfeder und Spule in der Ruhelage bei gleicher Auslenkung der Blattfeder

**d** Die beiden Umkehrpunkte der Schwingung werden mit  $P_1$  bzw.  $P_2$  bezeichnet, wobei  $P_1$  der Umkehrpunkt ist, der weiter von der Spule entfernt liegt (vgl. M2 Abb. 2). Ordnen Sie den Umkehrpunkten  $P_1$  und  $P_2$  begründet jeweils einen der Messpunkte A, B, C oder D in M2 Abb. 3 zu.

5

Bei einer Gitarre ist die Schwingungsfrequenz indirekt proportional zur Länge des schwingenden Teils der Saite. Mit dem Versuchsaufbau aus M2 Abb. 2 soll nun untersucht werden, ob dies auch für die Blattfeder gilt.

**e** Ermitteln Sie mithilfe von M2 Abb. 3 die Frequenz möglichst genau, die sich für  $L = 15$  cm ergibt. Erläutern Sie Ihr Vorgehen, um einen möglichst genauen Wert zu erhalten.

4

**f** Überprüfen Sie mithilfe der Werte aus M3 Tab. 1 und einer geeigneten graphischen Darstellung, ob auch für die Blattfeder die indirekte Proportionalität zwischen der Frequenz  $f$  und der Länge  $L$  des schwingenden Teils der Blattfeder gilt. Berücksichtigen Sie dabei die angegebenen Messunsicherheiten.

5

**g** Erklären Sie schrittweise und logisch klar gegliedert die Veränderung der Frequenz der Induktionsspannung und des maximal auftretenden Betrages der Induktionsspannung mit zunehmender Länge  $L$  des schwingenden Teils der Blattfeder. Gehen Sie dabei von jeweils gleicher Auslenkung zu Beginn der Messung und gleichem Abstand  $d$  zwischen Blattfeder und Spule in der Ruhelage aus.

4

(Fortsetzung nächste Seite)

**2** In einem Internetforum wird behauptet, dass die Amplitude der Induktionsspannung größer wird, wenn man den Dauermagneten im Modellversuch nicht am Eisenkern, sondern an der Blattfeder befestigt. Damit könne auch auf den Eisenkern verzichtet werden.

Zur Überprüfung dieser Behauptung soll eine Abschätzung des maximalen Betrages der Induktionsspannung  $U_{\max}$  mit einem entsprechend veränderten Modellversuch (siehe M4 Abb. 4) vorgenommen werden.

**a** Markieren Sie in M4 Abb. 5 einen Zeitpunkt, an dem die zeitliche Änderung des Betrags der magnetischen Flussdichte  $\dot{B}$  ihren maximalen Wert  $\dot{B}_{\max}$  annimmt. Ermitteln Sie an dieser Stelle einen Wert für  $\dot{B}_{\max}$  und damit unter Verwendung des Induktionsgesetzes einen Wert für  $U_{\max}$  für die in M4 beschriebene Spule.

**b** Bei der Durchführung des Experiments aus M4 Abb. 4 ergibt sich für  $U_{\max}$  ein Wert von 0,04 V, im Vergleich zu 0,11 V mit dem Versuchsaufbau aus M2 Abb. 2. Damit ist die Behauptung aus dem Internetforum widerlegt.

Geben Sie einen Grund für die Abweichung des in Teilaufgabe 2a berechneten Werts vom gemessenen Wert an.

**c** Beurteilen Sie aus Sicht eines Gitarrenspielers anhand eines Arguments, ob die Bauweise analog zu M4 Abb. 4 für eine E-Gitarre sinnvoll ist.

8

2

2

40

## 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.

BE

**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.

5

**2** Geben Sie allgemein in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Ausbreitungsgeschwindigkeit die mathematische Beschreibung der zeitlichen und räumlichen Entwicklung einer ebenen harmonischen Welle an, die sich in Richtung der positiven x-Achse ausbreitet.

5

In M1 sind Veränderungen beschrieben, die sichtbares Licht beim Durchgang durch ein teilweise lichtdurchlässiges Material wie ein getöntes Brillenglas erfährt. Veranschaulichen Sie in M1 Abb. 1b die Veränderungen von Wellenlänge und Amplitude.

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

**a** Machen Sie unter Einbeziehung von M1 plausibel, dass in die Formel zur Berechnung des Gangunterschieds  $\Delta s$  der beiden Teilwellen aus M2 Abb. 2, die sich bei P überlagern, die Schichtdicke  $d$ , der Einfallswinkel  $\alpha$  und der Brechungsindex  $n$  der Beschichtung eingehen, ohne die quantitativen Beziehungen zu begründen.

4

**b** Der Brechungsindex des Beschichtungsmaterials soll  $n = 1,22$  betragen. Berechnen Sie für einen näherungsweise 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.

7

Ein Brillenglas wird mit einer Schicht dieser Schichtdicke  $d$  bedampft. Erläutern Sie den Farbeindruck, den eine Person, die bei Sonnenlicht von vorne senkrecht auf die Oberfläche dieses Brillenglases blickt, von dem Brillenglas bekommt.

**c** 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. Erläutern Sie qualitativ, dass eine geeignete Beschichtung auf der dem Auge des Brillenträgers zugewandten Seite genutzt werden kann, damit der Brillenträger kein Spiegelbild des eigenen Auges im Brillenglas sieht.

4

**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. Geben Sie auch die Polarisationsrichtung an, die die polarisierende Schicht erzeugen muss.

8

(Fortsetzung nächste Seite)

5 Sebastian möchte eine Sonnenbrille kaufen, die er für seine ausgedehnten Mountainbike-Touren im Sommer ebenso nutzen kann wie für Skitouren im Winter. Zwei Sonnenbrillen sind für ihn in der engeren Auswahl: Eine Sonnenbrille mit polarisierenden Gläsern und leichter Tönung sowie CE-Siegel oder eine Sonnenbrille mit sehr starker Tönung und UV 400-Kennzeichnung, aber ohne polarisierende Schicht. Entscheiden Sie unter Verwendung der Materialien M3 und M4 mithilfe einer Nutzwertanalyse anhand von drei Kriterien, für welche Sonnenbrille er sich entscheiden sollte. Erläutern Sie eine weitere Eigenschaft einer Sonnenbrille, auf die Sebastian mit Blick auf seine gewünschten Anwendungsbereiche unbedingt Wert legen sollte.

7

40

### 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.

BE

**1** An der Universität Wien wurde 2012 die Interferenz von Farbstoffmolekülen an einem Gitter untersucht. Zunächst werden nur Farbstoffmoleküle mit einheitlicher Geschwindigkeit betrachtet.

**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.

5

**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.

2

**c** In M1 ist der 2012 durchgeführte Interferenzversuch beschrieben. Skizzieren Sie die Intensitätsverteilung entlang der Linie L1, die sich aus dem Schirmbild in M1 Abb. 2 ergibt.

2

**d** Das in M2 Abb. 3 dargestellte Verfahren erlaubt die Bestimmung der Intensität an einem beliebigen Punkt auf der Linie L1. Erläutern Sie dieses Verfahren. Geben Sie für das Beispiel in M2 die Anzahl der Spalte an, die vom Molekülstrahl getroffen wurden. Ermitteln Sie für Moleküle mit der de-Broglie-Wellenlänge aus Teilaufgabe b die Differenz der Weglängen von den Spaltmitten zweier benachbarter Spalte zum Schirmpunkt.

7

**e** Bestimmen Sie anhand von M1 Abb. 2 den Abstand  $a$  des Schirms vom Gitter und schätzen Sie die Messunsicherheit Ihres Ergebnisses ab. Erläutern Sie eine notwendige Näherung bei der Bestimmung von  $a$  mit den daraus abgeleiteten Vereinfachungen.

11

Trotz des in Teilaufgabe a entwickelten Aufbaus besitzen die Farbstoffmoleküle im realen Experiment leicht unterschiedliche Geschwindigkeiten um den Mittelwert 158 m/s herum.

**f** Begründen Sie, dass die Auftreffpunkte auf den Linien L1 und L2 (siehe M1 Abb. 2) zu Molekülen mit unterschiedlichen Anfangsgeschwindigkeiten  $v_1$  und  $v_2$  gehören. Erklären Sie damit, dass die zu den Maxima 1. Ordnung gehörenden Interferenzstreifen nicht parallel sind.

4

**2** Viele Quanteneigenschaften des Photons lassen sich mit Interferometer-Experimenten untersuchen.

**a** Erläutern Sie die Koinzidenzmethode zur Präparation einzelner Photonen und Durchführung von Experimenten mit einzelnen Photonen.

3

**b** In ein Mach-Zehnder-Interferometer werden wie in M3 dargestellt nichtlineare Kristalle eingebaut. Erläutern Sie die daraus resultierende Änderung des Messergebnisses.

2

**3** Beurteilen Sie den Werbeflyer in M4 hinsichtlich seiner Vertrauenswürdigkeit. Berücksichtigen Sie die verwendete Argumentationsstruktur.

4

40

**IV**  
**Kernphysik in der Medizin**

**1** Das Iridium-Isotop  $^{192}\text{Ir}$  ist ein  $\beta^-$ -Strahler mit einer Halbwertszeit von 73,8 Tagen. Die Atommasse von  $^{192}\text{Ir}$  beträgt 191,962602 u.

**a** Stellen Sie die Zerfallsgleichung für  $^{192}\text{Ir}$  auf und berechnen Sie die bei dieser Reaktion freiwerdende Energie. [zur Kontrolle:  $Q = 1,46 \text{ MeV}$ ]

**b** Skizzieren Sie die Verteilung der kinetischen Energie der  $\beta^-$ -Teilchen bei diesem Zerfall in einem Diagramm und ergänzen Sie den Q-Wert an passender Stelle. Begründen Sie die Wahl der Stelle für den Q-Wert.

Der Tochterkern von  $^{192}\text{Ir}$  sendet sofort nach seiner Entstehung  $\gamma$ -Quanten aus, deren Absorption durch Materie mithilfe der Versuchsanordnung aus M1 Abb. 1 genauer untersucht wird.

**c** Begründen Sie, dass der Abstand  $s$  zwischen Präparat und Zählrohr während der Messung nicht verändert werden darf und ermitteln Sie aus M1 Abb. 2 die Halbwertsdicke  $D_{1/2}$  von Blei für die im Experiment verwendete  $\gamma$ -Strahlung.

**d** Zeigen Sie mithilfe von M1, dass für den Zusammenhang zwischen Schwächungskoeffizient  $\mu$  und Halbwertsdicke  $D_{1/2}$  gilt:  $D_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\mu}$

**e** Ermitteln Sie mithilfe von M2 Abb. 3 den Wert des Schwächungskoeffizienten  $\mu$  mit Angabe der Messunsicherheiten.

Bestimmen Sie damit unter Berücksichtigung der Fortpflanzung der Messunsicherheiten das Intervall, in dem die Halbwertsdicke liegt und vergleichen Sie die Ergebnisse mit Ihrem Ergebnis aus Teilaufgabe c.

**f** Geben Sie einen Grund dafür an, dass die Absorptionskurve in M3 Abb. 4 auch zur Beschreibung der Absorption im menschlichen Körper verwendet werden kann.

Begründen Sie mithilfe von M3, dass es sinnvoll ist, in Schutzkleidung, die vor  $\gamma$ -Strahlung schützen soll, Blei einzuarbeiten.

**2** Ein Tumor soll in der Brachytherapie mit  $^{192}\text{Ir}$  behandelt werden (siehe M4). Der Tumor soll als kugelförmig mit Radius 3,0 cm und Masse 120 g angenommen werden. Die Aktivität des Strahlers wurde exakt 48 Stunden vor dem Zeitpunkt der Behandlung zuletzt bestimmt. Man erhielt als Wert  $A_0 = 220 \text{ GBq}$ . Zu diesem Zeitpunkt wäre für die Therapie des Tumors eine Bestrahlungszeit von 720 Sekunden nötig gewesen, um die von der Ärztin bzw. vom Arzt festgelegte Energiedosis aufzunehmen.

**a** Bestimmen Sie die Aktivität zum Zeitpunkt der Bestrahlung und die angepasste Bestrahlungszeit. Gehen Sie vereinfachend davon aus, dass sich die Aktivität während der Behandlung nicht verändert.

**b** Schätzen Sie mithilfe von M3 die vom Tumor aufgenommene Äquivalentdosis durch  $\gamma$ -Strahlung ab. Geben Sie die dabei getroffenen Annahmen an.

**BE**

4

5

4

4

9

3

5

6

40