



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

Teil 2: Erläuterungen und Lösungsvorschläge

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

Erläuterungen und Lösungsvorschläge

Bewertungsschlüssel und Erwartungshorizont

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der jeweils am rechten Rand der Aufgabenstellung vermerkten, maximal erreichbaren Anzahl von Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

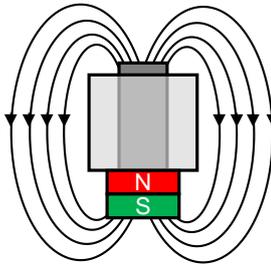
Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

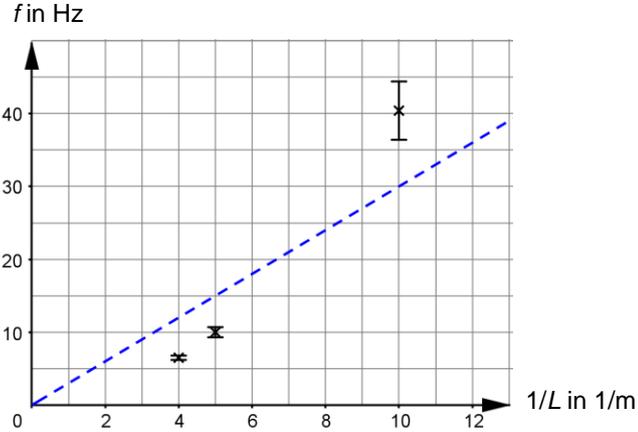
Für jede Teilaufgabe sind die Anforderungsbereiche und die Standards ausgewiesen, die für die Bearbeitung eine wesentliche Rolle spielen.

Die von einem Prüfling insgesamt erreichten Bewertungseinheiten werden gemäß folgender Tabelle in Notenpunkte umgesetzt:

mindestens zu erreichender Anteil an den insgesamt zu erreichenden Bewertungseinheiten	Notenpunkte	Notenstufe
95 %	15	+1
90 %	14	1
85 %	13	1-
80 %	12	+2
75 %	11	2
70 %	10	2-
65 %	9	+3
60 %	8	3
55 %	7	3-
50 %	6	+4
45 %	5	4
40 %	4	4-
33 %	3	+5
27 %	2	5
20 %	1	5-
0 %	0	6

I
Tonerzeugung bei einer E-Gitarre

Nr.		I	II	III
1a	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p>		2	
b	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.</p> <p>Da die Blattfeder aus einem ferromagnetischen Material besteht, wird diese durch den Magneten selbst magnetisiert. Durch ihr Schwingen ändert sich der magnetische Fluss in der Spule des Tonabnehmer-Modells, weshalb nach dem Induktionsgesetz eine Spannung zwischen den Spulenden induziert wird.</p> <p>Da sich der magnetische Fluss in der Spule mit dem Abstand der Blattfeder von der Spule periodisch ändert, ändert sich auch die Spannung periodisch mit derselben Frequenz, mit der auch die Blattfeder schwingt.</p> <p><i>Hinweis: Die „Magnetisierung“ der Blattfeder ist eine stark vereinfachte Betrachtung, die hier ausreicht. Dass sich B in der Umgebung ändert, da die Permeabilität der Blattfeder höher als die von Luft ist, was auch B in der Spule beeinflusst, muss nicht erwähnt werden.</i></p>		2	
c	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> <p>(i) Je größer die Amplitude der Schwingung ist, desto größer ist bei gleichem Zeitintervall die Änderung der magnetischen Flussdichte in der Spule und umso größer ist damit auch der Maximalwert der induzierten Wechselspannung bei gleicher Frequenz.</p> <p>(ii) Je größer der Abstand zwischen Spule und Blattfeder ist, desto geringer ist die magnetische Flussdichte am Ort der Spule. Somit bewirkt die Schwingung der Blattfeder im gleichen Zeitintervall eine geringere Flussdichteänderung in der Spule, was einen geringeren Maximalwert der Induktionsspannung zur Folge hat.</p>			4
d	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;</p> <p>E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen;</p> <p>K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p>			

	<p>In P_1 und P_2 ist die Änderung des magnetischen Flusses jeweils fast null, damit ist auch die induzierte Spannung null. Somit sind die Punkte B und D ausgeschlossen.</p> <p>Nach dem zu A gehörenden Zeitpunkt wird die Induktionsspannung positiv, damit muss die magnetische Flussdichte abnehmen. Dies ist dann der Fall, wenn sich die Blattfeder von der Spule entfernt. Damit gehört A zu P_2, also muss C zu P_1 gehören.</p>	3 2												
e	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen;</p> <p>S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an.</p> $T = \frac{\Delta t}{n} = \frac{0,45 \text{ s} - 0,10 \text{ s}}{6} = 0,058 \text{ s}$ $f = \frac{1}{T} = 17 \text{ Hz}$ <p>Da die Ungenauigkeit beim Ablesen des Zeitintervalls unabhängig von der Anzahl der betrachteten Perioden gleich groß ist, wird das Zeitintervall nicht für eine, sondern für mehrere Perioden ermittelt. Damit reduziert sich die Unsicherheit des Zeitintervalls entsprechend der berücksichtigten Periodenanzahl N um den Faktor $1/N$.</p>	2 2												
f	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;</p> <p>E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen;</p> <p>E 7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses.</p> <p>Für $1/L$ erhält man die in der Tabelle dargestellten Werte:</p> <table border="1" data-bbox="437 1249 1216 1413"> <tr> <td>L in cm</td> <td>10,0</td> <td>20,0</td> <td>25,0</td> </tr> <tr> <td>$1/L$ in 1/m</td> <td>10,0</td> <td>5,0</td> <td>4,0</td> </tr> <tr> <td>f in Hz</td> <td>$40,4 \pm 4,0$</td> <td>$10,0 \pm 0,3$</td> <td>$6,5 \pm 0,1$</td> </tr> </table> <p>Damit ergibt sich unter Berücksichtigung der Unsicherheiten folgendes Diagramm:</p>  <p>Die Werte liegen auch unter Berücksichtigung der Messunsicherheiten nicht auf einer Ursprungsgerade, somit sind L und f nicht indirekt proportional zueinander.</p>	L in cm	10,0	20,0	25,0	$1/L$ in 1/m	10,0	5,0	4,0	f in Hz	$40,4 \pm 4,0$	$10,0 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,1$	2 3
L in cm	10,0	20,0	25,0											
$1/L$ in 1/m	10,0	5,0	4,0											
f in Hz	$40,4 \pm 4,0$	$10,0 \pm 0,3$	$6,5 \pm 0,1$											

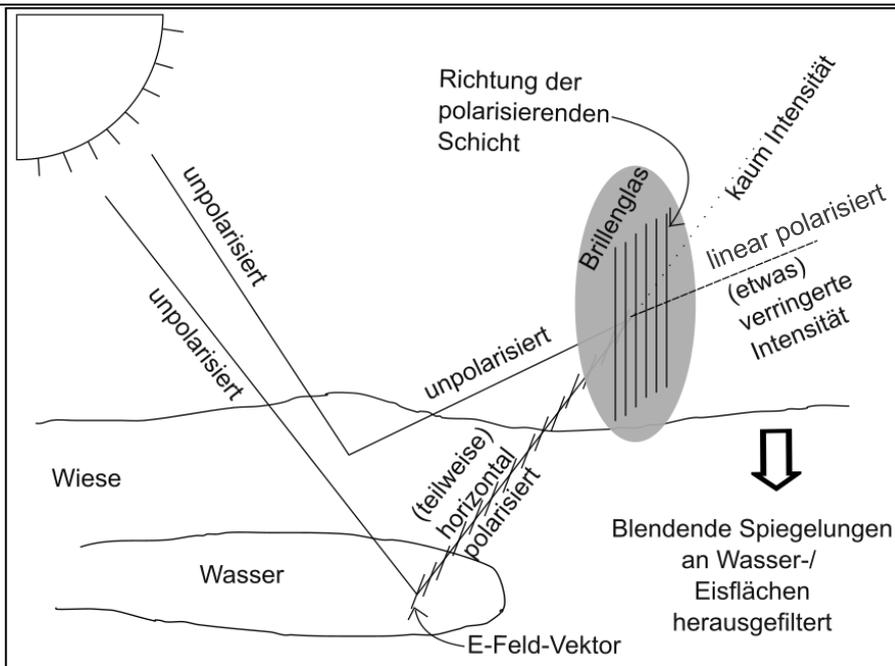
	<p><i>Hinweis: Eine Darstellung, bei der f über L aufgetragen wird, reicht nicht aus, um die indirekte Proportionalität zu widerlegen.</i></p>	
<p>g</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen;</p> <p>K 4 formulieren unter Verwendung der Fachsprache chronologisch und kausal korrekt strukturiert.</p> <p>Je länger die Blattfeder ist,</p> <ul style="list-style-type: none"> • desto kleiner ist die Frequenz der Blattfeder und der Induktionsspannung, • desto größer ist die Schwingungsdauer, • desto geringer ist die zeitliche Änderung der magnetischen Flussdichte, • desto geringer ist die Induktionsspannung und damit auch ihr maximaler Betrag 	<p>4</p>
<p>2a</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen und Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen;</p> <p>S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;</p> <p>K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <div data-bbox="379 1064 1276 1512" data-label="Figure"> </div> $\dot{B}_{\max} = \frac{\Delta B}{\Delta t} = \frac{0,035 \text{ T}}{0,02 \text{ s}} = 1,75 \frac{\text{T}}{\text{s}} = 1,8 \frac{\text{T}}{\text{s}}$ <p>Da die Spulenfläche A konstant ist, gilt:</p> $U_{\text{ind}} = -N \cdot \dot{\Phi} = -N \cdot A \cdot \dot{B} \rightarrow U_{\text{ind}} = -1000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 1,75 \frac{\text{T}}{\text{s}} = -2,8 \text{ V} \rightarrow U_{\max} = 2,8 \text{ V}$	<p>5</p> <p>3</p>
<p>b</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage und Vorhersagemöglichkeiten.</p> <p>Innerhalb der Ausdehnung der Spule fällt der Betrag der magnetischen Flussdichte stark ab. Die Änderung der magnetischen Flussdichte über die gesamte Spulenlänge ist also viel geringer als in dem Modell angenommen. Damit ist der berechnete Wert zu groß.</p>	<p>2</p>

c	<p>Die Lernenden ...</p> <p>B 6 beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen ein.</p> <p>Auf die E-Gitarre übertragen wäre es notwendig, Permanentmagnete an den Saiten anzubringen. Dadurch könnte es sein, dass die Saiten beim Anschlagen aneinanderhaften. Dadurch scheint es keine geeignete Lösung zu sein.</p>	2		
----------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---	--	--

II Sonnenbrillen

Nr.		I	II	III
1	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.</p> <p>Weißes Licht besteht aus Licht verschiedener Spektralfarben, die zum physiologischen Eindruck „weiß“ führen.</p> $E = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{E} = 354 \text{ nm}$ <p>354 nm gehört zu Licht im UV-Bereich des elektromagnetischen Spektrums. Die zugehörigen Photonen haben eine höhere Energie als die des sichtbaren Lichts und sind für die Netzhaut daher schädlicher.</p>	1		
2	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen; S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an; K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> $y(x, t) = y_{\max} \cdot \sin \left[2\pi \cdot \left(\frac{c}{\lambda} \cdot t - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$  <p><i>Hinweis: Die exponentielle Dämpfung ist nicht verlangt.</i></p>	2	2	1
3a	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p>Der von Lichtstrahl ② in der Beschichtung zurückzulegende Weg ist umso größer, je größer die Schichtdicke d und der Einfallswinkel α (und damit auch der Brechungswinkel) sind; damit nimmt auch die Wegdifferenz zu. Der Brechungsindex hat Einfluss auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit und damit auf den Gangunterschied (siehe Skizze in Aufgabe 2).</p>		2	2

<p>b</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> <p>Für $\alpha \approx 0$ gilt: $\Delta s = 2d \cdot \sqrt{n^2 - (\sin \alpha)^2} \approx 2d \cdot n$</p> <p>Bedingung für 1. Interferenzmaximum: $\Delta s = \lambda$ (*)</p> <p>Mit $\Delta s = 2 \cdot d \cdot n$ folgt $d = \frac{\lambda}{2n} = \frac{390 \text{ nm}}{2 \cdot 1,22} = 160 \text{ nm}$</p> <p>Bedingung für 1. Interferenzminimum: $\Delta s = \frac{\lambda_{\min}}{2}$</p> <p>Mit (*): $\lambda_{\min} = 2 \cdot 390 \text{ nm} = 780 \text{ nm}$</p> <p>Durch Interferenz wird der Blauanteil des Lichts verstärkt und der Rotanteil abgeschwächt. Daher erscheint das Glas in einem blau-grün-Ton.</p>	<p>2</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>1</p>	<p>1</p>
<p>c</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p>Wegen der Reflexion an den Schichten wird weniger Licht transmittiert – die Umgebung erscheint für den Brillenträger dunkler. Für eine Person, die auf die Brille blickt, wirkt das Glas wie ein Spiegel.</p> <p>Licht, das von der Augenpartie in Richtung Brillenglas gestreut wird, darf nicht zum Auge zurückkommen. Dies könnte man z. B. mit Schichtdicken erreichen, die destruktive Interferenz fördern.</p>	<p>4</p>	
<p>4</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien; K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder; K 5 wählen ziel-, sach- und adressatengerecht geeignete Schwerpunkte für die Inhalte von Präsentationen, Diskussionen oder anderen Kommunikationsformen aus; K 6 veranschaulichen Informationen und Daten in ziel-, sach- und adressatengerechten Darstellungsformen, auch mithilfe digitaler Werkzeuge.</p>		



Hinweise: Der LehrplanPLUS fordert nicht, über Filterfunktion einer polarisierenden Schicht gesprochen zu haben. Das Entnehmen der fachlichen Informationen und Verknüpfen mit Vorwissen ist eine Prüfungsleistung.

Bewertungseinheiten werden für sachlich korrekte Darstellung, passende(r) Schwerpunkt(e) und Umfang, passende Veranschaulichung, korrekte Beschriftung in Fachsprache vergeben.

5 Die Lernenden ...

B 3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab;

B 4 bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil.

Kriterium	Gewichtung	polarisierende Gläser, leichte Tönung, CE-Siegel		sehr starke Tönung, UV 400, nicht polarisierend	
		Punkte (0 bis 5)	gewichtet	Punkte (0 bis 5)	gewichtet
guter UV-Schutz	0,5	4	2,0	5	2,5
wenig anstrengendes Sehen	0,3	3	0,9	4	1,2
blendarmes Sehen	0,2	5	1,0	2	0,4
Gesamt	1,0		3,9		4,2

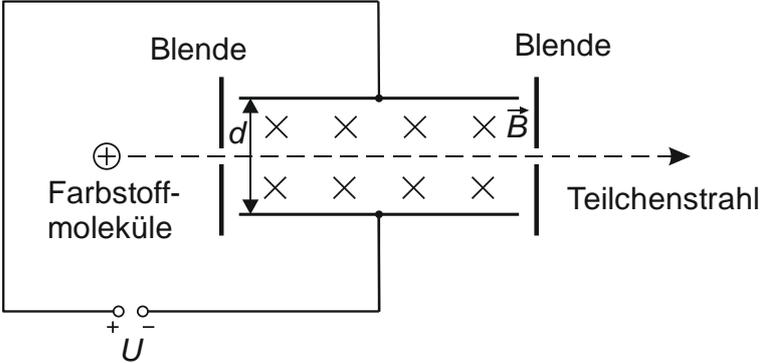
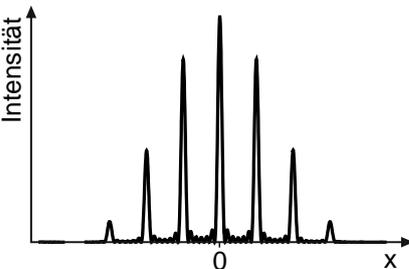
Abwägung: Die Gesamtpunktzahl spricht für die Brille mit der starken Tönung.

Mögliche weitere Eigenschaft: Große Gläser sorgen für ein möglichst großes Sichtfeld, was einen Sicherheitsaspekt beim Radfahren darstellt.

Hinweise: Passende Kriterien für die Nutzwertanalyse müssen die Prüflinge aus den Materialien entnehmen. Die Gewichtung muss zu den genannten Anwendungsgebieten passen. Eine andere Gewichtung und Punkteverteilung kann zu einem gegenteiligen Ergebnis führen.

III

Untersuchung von Quantenobjekten

Nr.		I	II	III
1a	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen und Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p>  <p>mögliche Werte: $B = 1,0 \text{ mT}$, $U = 6,3 \text{ mV}$, Plattenabstand $d = 4,0 \text{ cm}$</p>	3		
b	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen und Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m \cdot v} = 1,95 \cdot 10^{-12} \text{ m}$	2		
c	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an.</p>  <p><i>Hinweis: Das Zeichnen der Nebenmaxima ist nicht erforderlich.</i></p>	2		
d	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an; K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p>Die Amplituden der Wellen, die von den einzelnen Spalten ausgehen, werden durch Pfeile dargestellt. Je nach konkretem Punkt auf dem Schirm ergibt sich ein Gangunterschied Δs der einzelnen Wellen von benachbarten Spaltmitten, der einer Phasenverschiebung um den Winkel δ entspricht. Die Pfeile – für jeden bestrahlten Spalt einer – werden um diesen Winkel δ versetzt addiert. Die Länge des Summenpfeils entspricht der Amplitude der</p>		4	

Wahrscheinlichkeitswelle. Die Intensität am ausgewählten Punkt erhält man durch Quadrieren der Summenpfeillänge.

Anzahl der Spalte: 6

Der Phasenwinkel $\delta = 30^\circ$ entspricht einem Gangunterschied von

$$\Delta s = \frac{30^\circ}{360^\circ} \cdot \lambda = \frac{1}{12} \cdot \lambda = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ m.}$$

3

e Die Lernenden ...

S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;

S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an;

E 7 Die Lernenden berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses.

Maße aus Abb. 2: Schirmbreite in der Darstellung 75 mm, Abstand beider Maxima 2. Ordnung zwischen 18 und 26 mm

3

Abstand d zwischen 0. und 2. Maximum:

$$d_{\min} = \frac{18 \text{ mm} : 2}{75 \text{ mm}} \cdot 150 \mu\text{m} = 18 \mu\text{m}, \quad d_{\max} = 26 \mu\text{m}$$

Gangunterschied $\Delta s = k \cdot \lambda = 2 \cdot \lambda = g \cdot \sin \alpha$

$$\rightarrow \sin \alpha = \frac{2 \cdot \lambda}{g} = \frac{2 \cdot 1,95 \cdot 10^{-12} \text{ m}}{100 \cdot 10^{-9} \text{ m}} \rightarrow \alpha = 0,0022^\circ$$

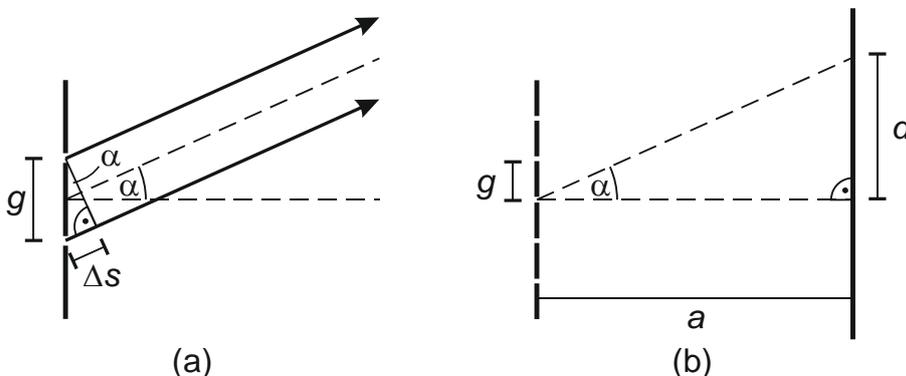
$$\tan \alpha = \frac{d}{a} \rightarrow a_{\min} = \frac{d_{\min}}{\tan \alpha} = \frac{18 \mu\text{m}}{\tan \alpha} = 0,46 \text{ m}, \quad a_{\max} = 0,67 \text{ m} \rightarrow a = (0,56 \pm 0,11) \text{ m}$$

6

Näherung: Der Abstand a der Gitterebene vom Schirm ist sehr viel größer als der Abstand g benachbarter Spaltmitten, so dass g gegenüber anderen Längen vernachlässigt werden kann. Daraus ergeben sich folgende Vereinfachungen:

2

- parallele Verbindungslinien von den Spaltmitten zum Auftreffpunkt am Schirm $\rightarrow \Delta s = g \cdot \sin \alpha$ möglich (siehe Abb. a)
- Spaltmittenabstand klein gegenüber Abstand d des Schirmpunkts zum Ort des 0. Maximums $\rightarrow \tan \alpha = \frac{d}{a}$ möglich (siehe Abb. b)

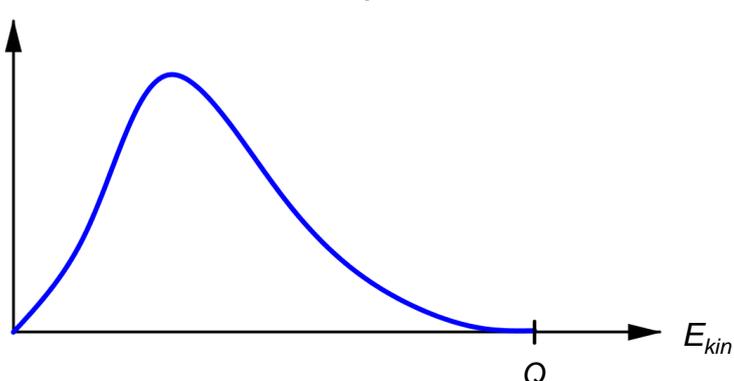


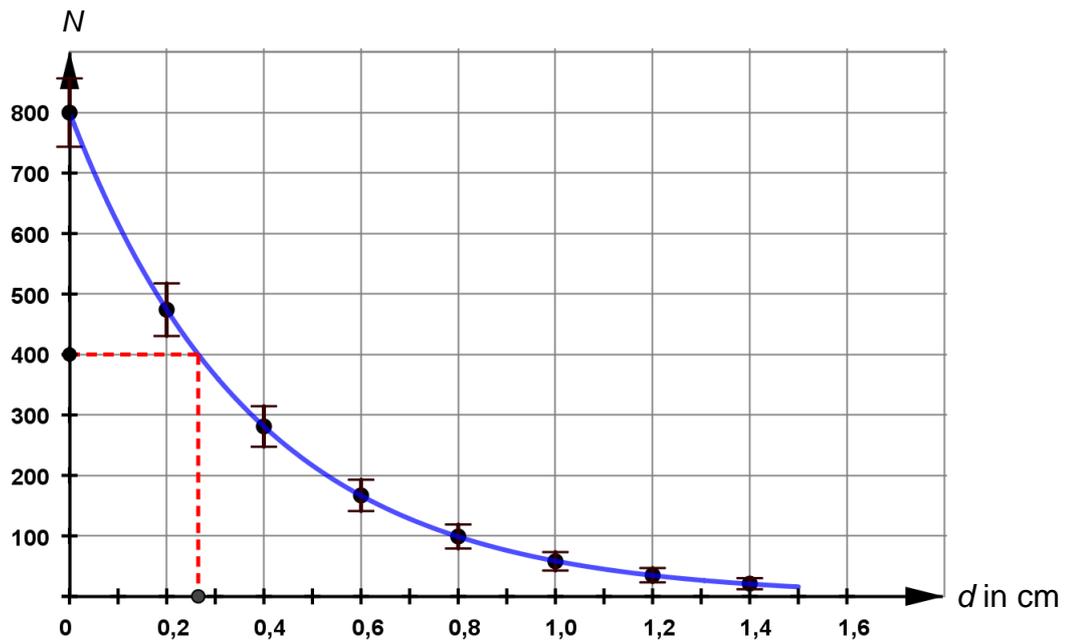
Hinweise: Die Skizzen sind zur Erläuterung nicht notwendig. Die sogenannte Kleinwinkelnäherung $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ ist hier nicht notwendig und entsprechend nicht mit BE zu honorieren.

f	<p>Die Lernenden ...</p> <p>E 6 Die Lernenden erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen.</p> <p>Da sich die Moleküle unter dem Einfluss der Gewichtskraft zwischen Gitter und Schirm bewegen, werden die langsameren Moleküle aufgrund der längeren Flugdauer längere Zeit nach unten abgelenkt.</p> <p>Da die de-Broglie-Wellenlänge langsamerer Moleküle größer ist, erscheinen die Maxima unter einem größeren Winkel als die von schnelleren Molekülen: der Abstand benachbarter Maxima vergrößert sich mit kleiner werdender Geschwindigkeit.</p> <p>Für langsamere Moleküle des gleichen Maximums sind die Auftreffpunkte auf dem Schirm also weiter unten und weiter außen, weshalb sich der Linienabstand von oben nach unten vergrößert.</p>			4
2a	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 5 Die Lernenden erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus.</p> <p>Um sicherzugehen, dass nur ein einzelnes Photon den experimentellen Aufbau durchläuft und gemessen wird und kein Dunkelrauschen oder ähnliches den Detektor auslöst, ist die gleichzeitige, räumlich separate Detektion eines zweiten Photons als „Kontrollphoton“ innerhalb einer Zeitspanne im Nanosekundenbereich nötig (Koinzidenzmessung).</p> <p>Zur Erzeugung des Photonenpaares wird z. B. ein nichtlinearer Kristall mit einem Laser angeregt. Der Kristall emittiert nach der Anregung ein Paar von identischen Photonen mit jeweils halber Energie des anregenden Laser-Photons in festgelegte Richtungen, welche in den Versuchsaufbau eingekoppelt werden können. Eines der Photonen durchläuft den Experimentieraufbau, das zweite ist das „Kontrollphoton“. Nur wenn in unmittelbarer zeitlicher Nähe der eine Detektor am Ende des Experiments und der andere Detektor des „Kontrollphotons“ jeweils ein Ereignis anzeigen, wird darauf geschlossen, dass beide Ereignisse durch die beiden erzeugten Photonen ausgelöst wurden und damit das Experiment mit einem Einzelphoton durchgeführt wurde.</p>		3	
b	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 Die Lernenden erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;</p> <p>K 3 Die Lernenden entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p>Die Möglichkeit einer Photonenmessung im Interferometer beendet die Superposition aller möglicher Zustände im Interferometer und legt einen Zustand für das Photon fest. Damit geht die Interferenzfähigkeit verloren.</p>			2

<p>3</p>	<p>Die Lernenden ...</p> <p>K 8 nutzen ihr Wissen über aus physikalischer Sicht gültige Argumentationsketten zur Beurteilung vorgegebener und zur Entwicklung eigener innerfachlicher Argumentationen;</p> <p>B 2 beurteilen Informationen und deren Darstellung aus Quellen unterschiedlicher Art hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz.</p> <p>Der Verfasser dieses Werbeflyers beschreibt zunächst die scheinbare Funktion des Atomstromfilters, bevor er sich ohne physikalisch tragfähige Argumentationsstruktur der angeblichen Funktionsweise widmet. Zu ihrer Erläuterung bedient er sich zwar zahlreicher Begriffe aus der Quantenphysik wie beispielsweise stochastisches Verhalten, Komplementaritätsprinzip oder Interferenzeffekte. Er verwendet diese jedoch in physikalisch falschen Zusammenhängen. So ist z. B. im stochastischen Verhalten keine Information hinterlegt und Interferenzeffekte übertragen keine Energie. Auch setzt er die Fachbegriffe nicht zueinander in korrekte kausale Bezüge, z. B. lässt eine große Elektronenenergie keinen Rückschluss auf eine Stromerzeugung im Kernkraftwerk zu. Dennoch soll auf diese Weise der Anschein einer physikalisch begründbaren ausgefeilten Anwendung suggeriert werden. Letzteres wird auch mit dem Hinweis auf den Dokortitel des Entwicklers bezweckt. Insgesamt ist die versprochene Funktionalität des Atomstromfilters aufgrund der offensichtlich fachlich falschen Argumentation mit der Quantenphysik stark anzuzweifeln.</p>			4
-----------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	---

IV
Kernphysik in der Medizin

Nr.		I	II	III
1a	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen und Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> ${}_{77}^{192}\text{Ir} \rightarrow {}_{78}^{192}\text{Pt} + {}_{-1}^0\text{e} + {}_0^0\bar{\nu}$ $Q = \left[m_A({}^{192}\text{Ir}) - \left(m_A({}^{192}\text{Pt}) \right) \right] \cdot c^2 = [191,962602 \text{ u} - 191,961038 \text{ u}] \cdot c^2 = 1,46 \text{ MeV}$	4		
b	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.</p> <p style="text-align: center;">Anzahl der Teilchen pro Energiebereich</p>  <p style="text-align: center;">Die obere Grenze der kinetischen Energie des Elektrons ist die beim Zerfall freiwerdende Energie Q.</p>	3		2
c	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus;</p> <p>K 3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p>Die Strahlung, die vom Präparat ausgeht, breitet sich in verschiedene Richtungen aus. Alleine durch die Veränderung des Abstandes ändert sich die Anzahl der Teilchen, die das Zählrohr erreichen können, wodurch die gemessene Zählrate beeinflusst wird.</p>			2



Für die Halbwertsdicke ergibt sich $D_{1/2} = 0,27$ cm.

2

d Die Lernenden ...

S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

$$N(D_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\mu \cdot D_{1/2}} = \frac{1}{2} \cdot N_0 \rightarrow e^{-\mu \cdot D_{1/2}} = \frac{1}{2} \rightarrow -\mu \cdot D_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right) = -\ln(2)$$

$$\rightarrow D_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\mu}$$

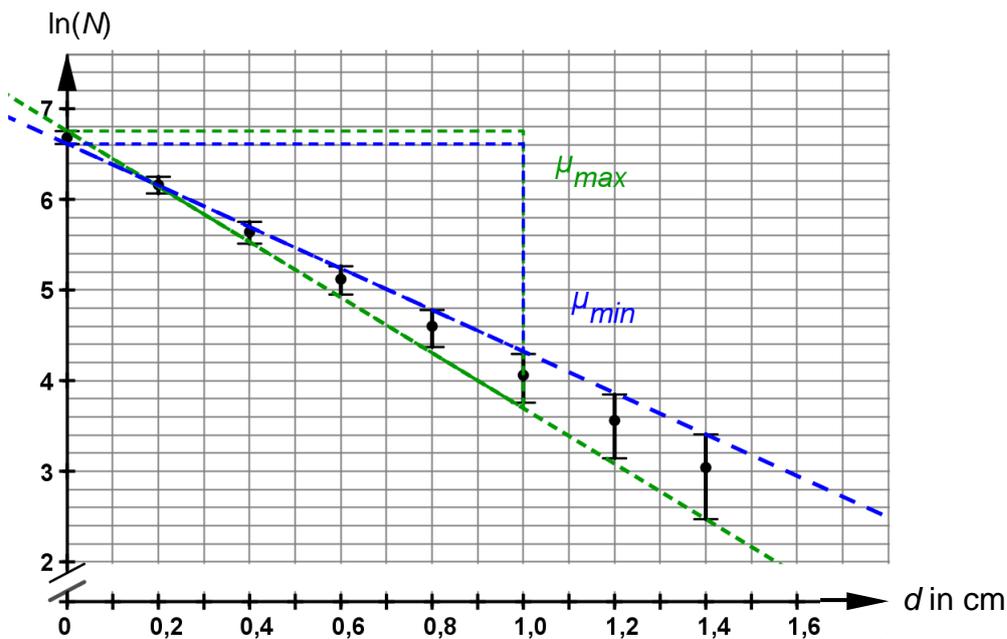
2 2

e Die Lernenden ...

E 6 erklären mithilfe bekannter Modelle und Theorien die in erhobenen oder recherchierten Daten gefundenen Strukturen und Beziehungen;

E7 berücksichtigen Messunsicherheiten und analysieren die Konsequenzen für die Interpretation des Ergebnisses;

K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.



$$\mu_{max} = \frac{3,1}{1 \text{ cm}} = 3,1 \frac{1}{\text{cm}}; \quad \mu_{min} = \frac{2,3}{1 \text{ cm}} = 2,3 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$\rightarrow \mu = \frac{\mu_{max} + \mu_{min}}{2} = 2,7 \frac{1}{\text{cm}} \pm 0,4 \frac{1}{\text{cm}}$$

$$D_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\mu} = \frac{\ln(2)}{2,7 \frac{1}{\text{cm}}} = 0,26 \text{ cm}$$

Für den Betrag der Unsicherheit der Halbwertsdicke gilt:

$$\frac{\Delta\mu}{\mu} = \frac{\Delta D_{1/2}}{D_{1/2}} \rightarrow \Delta D_{1/2} = D_{1/2} \cdot \frac{\Delta\mu}{\mu} = 0,26 \text{ cm} \cdot \frac{0,4 \frac{1}{\text{cm}}}{2,7 \frac{1}{\text{cm}}} = 0,04 \text{ cm}$$

$$D_{1/2} = 0,26 \text{ cm} \pm 0,04 \text{ cm}$$

Die Halbwertsdicke liegt zwischen 0,22 cm und 0,30 cm, was gut mit dem in Teilaufgabe c ermittelten Wert von 0,27 cm zusammenpasst.

Hinweis: Falls der obige Wert nicht im hier berechneten Intervall liegt, kann bei entsprechender Begründung auch Gegenteiliges gefolgert werden.

f Die Lernenden ...

S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.

Da menschliches Gewebe zum größten Teil aus Wasser besteht, können die Ergebnisse des Experiments auf den menschlichen Körper bzw. menschliche Organe übertragen werden.

Blei hat mit Abstand den größten Schwächungskoeffizienten der genannten Materialien. Schutzkleidung aus anderen Materialien müsste für dieselbe Schutzwirkung viel dicker sein als die aus Blei.

1

2

2a Die Lernenden ...

S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien.

S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

	$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T_{1/2}}} = 220 \text{ GBq} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2 \text{ d}}{73,8 \text{ d}}} = 216 \text{ GBq}$ <p>Aus $A_0 \cdot t_0 = A \cdot t$ folgt:</p> $t = \frac{A_0}{A} \cdot t_0 = 734 \text{ s}$	3	2	
b	<p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen;</p> <p>K3 entnehmen unter Berücksichtigung ihres Vorwissens aus Beobachtungen, Darstellungen und Texten relevante Informationen und geben diese in passender Struktur und angemessener Fachsprache wieder.</p> <p>Annahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aus Abb. 4 kann man ablesen, dass innerhalb einer Schichtdicke“ von 3,0 cm etwa 30 % der Strahlung absorbiert werden. • Alle γ-Quanten, die der Tochterkern aussendet, haben dieselbe Energie von 0,37 MeV. <p>Berechnung der Äquivalentdosis:</p> $H = q \cdot D = q \cdot \frac{E}{m} = q \cdot \frac{0,30 \cdot E_\gamma \cdot A_0 \cdot t_0}{m} = 1 \cdot \frac{0,30 \cdot 0,37 \text{ MeV} \cdot 220 \text{ GBq} \cdot 720 \text{ s}}{120 \cdot 10^{-3} \text{ kg}} = 23 \text{ Sv}$		6	