

## I Erläuterungen

Voraussetzungen gemäß KCGO und Abiturerlass in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung

### Standardbezug

Die nachfolgend ausgewiesenen Kompetenzen sind für die Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe besonders bedeutsam. Darüber hinaus können weitere, hier nicht ausgewiesene Kompetenzen für die Bearbeitung der Aufgabe nachrangig bedeutsam sein, zumal die Kompetenzen in engem Bezug zueinander stehen. Die Operationalisierung des Standardbezugs erfolgt in Abschnitt II.

Aufgabe	Kompetenzen									
	F1	F2	E1	E2	E3	K1	K2	K3	B1	B2
1.1	X	X								
1.2	X									
1.3	X	X								
1.4		X		X			X			
1.5		X		X						
2.1		X								
2.2		X		X				X		
3.1	X	X								
3.2						X				
3.3								X	X	

### Inhaltlicher Bezug

Q1: Elektrisches und magnetisches Feld

verbindliche Themenfelder: Elektrisches Feld (Q1.1), Magnetisches Feld (Q1.2)

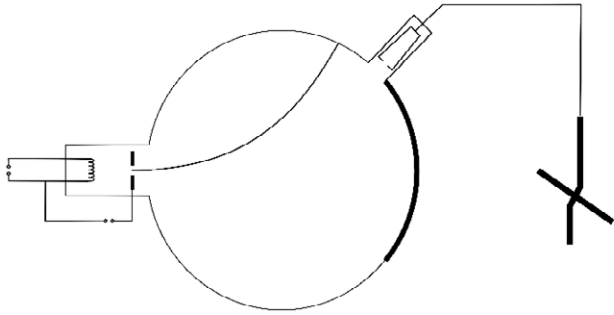
## II Lösungshinweise und Bewertungsraster

In den nachfolgenden Lösungshinweisen sind alle wesentlichen Gesichtspunkte, die bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben zu berücksichtigen sind, konkret genannt und diejenigen Lösungswege aufgezeigt, welche die Prüflinge erfahrungsgemäß einschlagen werden. Lösungswege, die von den vorgegebenen abweichen, aber als gleichwertig betrachtet werden können, sind ebenso zu akzeptieren. Bei den Ergebnissen numerischer Rechnungen ist zu berücksichtigen, dass in der Physik Messwerte und sich daraus ergebende Rechenergebnisse immer nur im Rahmen der Messgenauigkeit korrekt sind und gerundete Werte darstellen. Geringe Abweichungen von den in den Lösungshinweisen angegebenen Werten sind daher zu akzeptieren.

Bei den unten angegebenen Lösungen werden für Naturkonstanten die im Taschenrechner vorhandenen Werte verwendet. Zwischen- und Endergebnisse sind sinnvoll gerundet angegeben.

Für weitere Rechnungen mit diesen Zwischenergebnissen werden nicht die gerundeten, sondern die im Taschenrechner gespeicherten Werte verwendet, damit Rundungsungenauigkeiten nicht kumulieren.

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
1.1	<u>Herleiten:</u> Energieerhaltung: $E_{\text{el}} = E_{\text{kin}}$ $e \cdot U_{\text{B}} = \frac{1}{2} m_{\text{e}} \cdot v^2 \Rightarrow U_{\text{B}} = \frac{1}{2} \frac{m_{\text{e}}}{e} \cdot v^2$	2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	<u>Berechnen:</u> $U_B = \frac{1}{2} \frac{m_e}{e} \cdot v^2 = \frac{1}{2} \frac{m_e}{e} \cdot \left( 7 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2 = 139,30 \text{ V}$	3
1.2	<u>Angeben:</u> Das Magnetfeld zeigt aus der Papierebene heraus. <u>Begründen:</u> Die Elektronen bewegen sich auf einem Kreisbogen, da die Lorentzkraft stets senkrecht zur Bahn der Elektronen gerichtet ist und somit als Zentripetalkraft wirkt.	1 2
1.3	<u>Zeigen:</u> Die Lorentzkraft wirkt als Zentripetalkraft: $F_L = F_Z$ $e \cdot v \cdot B = \frac{m_e \cdot v^2}{r} \Leftrightarrow B = \frac{m_e \cdot v}{r \cdot e}$ <u>Berechnen:</u> $B = \frac{m_e \cdot v}{r \cdot e} = \frac{m_e}{e} \cdot \frac{7 \cdot 10^6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,16 \text{ m}} = 2,49 \cdot 10^{-4} \text{ T}$	2 2
1.4.1	<u>Einzeichnen:</u>  <u>Erläutern:</u> Die Reduktion der Beschleunigungsspannung $U_B$ ist gleichbedeutend mit einer Reduktion der Geschwindigkeit $v$ . Da die Flussdichte $B$ gleichbleibt, reduziert sich nach $B = \frac{m_e \cdot v}{r \cdot e}$ auch der Radius $r$ der Elektronenbahn. Damit trifft der Strahl „weiter oben“, in Material 1 links vom Metallbecher, auf.	1 3
1.4.2	<u>Bestimmen:</u> Mit $B = \frac{m_e}{r \cdot e} \cdot v = \frac{m_e}{r \cdot e} \cdot \sqrt{\frac{2e \cdot U_B}{m_e}} = k \cdot \sqrt{U_B}$ ergibt sich $B_{\text{neu}} = k \cdot \sqrt{0,8 \cdot U_B} = \sqrt{0,8} \cdot B$ . Der Faktor ist $\sqrt{0,8}$ .	3
1.5	<u>Angeben:</u> Die Kathodenstrahlen bestehen aus geladenen Teilchen, da <ul style="list-style-type: none"> <li>– sie im elektrischen Feld beschleunigt werden,</li> <li>– sie im Magnetfeld abgelenkt werden,</li> <li>– ein angeschlossenes Elektroskop ausschlägt.</li> </ul> Die Angabe von zwei Sachverhalten ist ausreichend.	4

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
	<u>Angeben:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Kathodenstrahlen werden zur positiv geladenen Anode beschleunigt, es muss sich also um negative Teilchen halten.</li> <li>Man bringt eine bekannte Ladung an das Elektroskop und beobachtet die Veränderung des Ausschlags.</li> <li>Man verwendet eine geeignete Glimmlampe als Anzeigegerät für die Art der elektrischen Ladung.</li> </ul> <i>Die Angabe einer Möglichkeit ist ausreichend.</i>	2
2.1	<u>Bestimmen:</u> $B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I_{\text{Hsp}}}{R} \Leftrightarrow I_{\text{Hsp}} = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{B \cdot R}{\mu_0 \cdot N} = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{2,49 \cdot 10^{-4} \text{T} \cdot 0,067 \text{m}}{\mu_0 \cdot 320} = 0,058 \text{A}$	3
2.2	<u>Begründen:</u> Änderung der Stromrichtung: Da Protonen positiv geladen sind, muss das Magnetfeld in die Zeichenebene hineinzeigen. Dies ist mit einer Änderung der Stromrichtung in den Helmholtz-Spulen zu erreichen. Änderung der Stromstärke: Die für die Kreisbahn benötigte magnetische Flussdichte $B$ ist gemäß der Formel in Aufgabe 1.3 proportional zur Masse der verwendeten Teilchen. So wird für Protonen im Vergleich zu Elektronen ein stärkeres Feld und damit eine höhere Stromstärke benötigt.  <u>Prüfen:</u> Die für das Proton benötigte Stromstärke $I_{\text{Hsp,p}} = \frac{m_p}{m_e} \cdot I_{\text{Hsp}} = 1836,15 \cdot 0,058 \text{A} \approx 106 \text{A}$ liegt deutlich über dem maximalen Wert für die Stromstärke $I_{\text{max}} = 5 \text{A}$ .	3
3.1	<u>Herleiten:</u> Energieerhaltung: $E_{\text{el}} = E_{\text{kin}}$ $e \cdot U_B = \frac{1}{2} m_e \cdot v^2 \Leftrightarrow \frac{e}{m_e} = \frac{v^2}{2 \cdot U_B} \Leftrightarrow v^2 = \frac{e}{m_e} \cdot 2 \cdot U_B$ Lorentzkraft als Zentripetalkraft $F_L = F_Z$ : $e \cdot v \cdot B = \frac{m_e \cdot v^2}{r} \Leftrightarrow \frac{e}{m_e} = \frac{v}{r \cdot B} \Leftrightarrow \left(\frac{e}{m_e}\right)^2 = \frac{v^2}{(r \cdot B)^2}$ $\left(\frac{e}{m_e}\right)^2 = \frac{v^2}{(r \cdot B)^2} = \frac{1}{(r \cdot B)^2} \cdot \frac{e}{m_e} \cdot 2 \cdot U_B \Leftrightarrow \frac{e}{m_e} = \frac{2 \cdot U_B}{(r \cdot B)^2}$  <u>Berechnen:</u> $B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I_{\text{Hsp}}}{R} = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{\mu_0 \cdot 320 \cdot 0,29 \text{A}}{0,067 \text{m}} = 1,25 \cdot 10^{-3} \text{T}$ $\frac{e}{m_e} = \frac{2 U_B}{(r \cdot B)^2} = \frac{2 \cdot 2500 \text{V}}{(0,16 \text{m} \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} \text{T})^2} = 1,26 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$  <u>Berechnen:</u> $1 - \frac{1,2592 \cdot 10^{11}}{1,7588 \cdot 10^{11}} = 0,284 = 28,4\%$	4
		3
		2

Aufg.	erwartete Leistungen	BE
3.2	<p><u>Beschreiben:</u> Der Betrag der magnetischen Flussdichte im Innenraum zwischen den beiden Spulen ist in einem kreisförmigen Bereich um den Mittelpunkt M mit Radius von 4 cm weitgehend konstant, allerdings nimmt er nach außen ab.</p> <p><u>Beurteilen:</u> Die Elektronen bewegen sich am Anfang und Ende ihrer Flugbahn in der Röhre in einem Bereich mit schwächerem Magnetfeld und damit auf einer Bahn mit größerem Radius verglichen mit dem mittleren Abschnitt der Flugbahn. Die gesamte Flugbahn kann somit nicht durch einen Kreisbogen beschrieben werden.</p>	<div>2</div> <div>3</div>
3.3	<p><u>Diskutieren:</u> Wie in Aufgabe 3.2 beschrieben, bewegen sich die Elektronen am Anfang und am Ende ihrer Flugbahn in einem Bereich des Magnetfeldes mit kleinerer magnetischer Flussdichte als im Zentrum und damit dort auf einer Bahn mit größerem Radius. Deshalb wird der Betrag dieser magnetischen Flussdichte durch die Formel in Aufgabe 2 systematisch überschätzt. Die berechnete spezifische Elektronenladung ist somit kleiner, da <math>B</math> im Nenner steht. Die Inhomogenität des Magnetfeldes kommt daher als Ursache des zu kleinen experimentell bestimmten Wertes infrage. <i>Andere dem Sachzusammenhang angemessene und nachvollziehbare Argumentationen z. B. über die Bahnform sind ebenfalls zu akzeptieren.</i></p>	3
	<b>Summe</b>	<b>50</b>

### III Bewertung und Beurteilung

Die Bewertung und Beurteilung erfolgt unter Beachtung der nachfolgenden Vorgaben nach § 33 der Oberstufen- und Abiturverordnung (OAVO) in der jeweils geltenden Fassung. Bei der Bewertung und Beurteilung der sprachlichen Richtigkeit in der deutschen Sprache sind die Bestimmungen des § 9 Abs. 12 Satz 3 OAVO in Verbindung mit Anlage 9b anzuwenden.

Der Fehlerindex ist nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO zu berechnen. Für die Ermittlung der Punkte nach Anlage 9a zu § 9 Abs. 12 OAVO bzw. des Abzugs nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird jeweils der ganzzahlige nicht gerundete Prozentsatz bzw. Fehlerindex zugrunde gelegt. Der prozentuale sprachliche Anteil nach Anlage 9b zu § 9 Abs. 12 OAVO wird auf 20% festgesetzt.

Darüber hinaus sind die Vorgaben der Erlasse „Hinweise zur Vorbereitung auf die schriftlichen Abiturprüfungen (Abiturerlass)“ und „Durchführungsbestimmungen zum Landesabitur“ in der für den Abiturjahrgang geltenden Fassung zu beachten.

Im Fach Physik besteht die Prüfungsleistung aus der Bearbeitung je eines Vorschlags aus den Aufgabengruppen A und B, wofür insgesamt maximal 100 BE vergeben werden können. Ein Prüfungsergebnis von **5 Punkten (ausreichend)** setzt voraus, dass mindestens 45 % der zu vergebenden BE erreicht werden. Ein Prüfungsergebnis von **11 Punkten (gut)** setzt voraus, dass mindestens 75 % der zu vergebenden BE erreicht werden.

## Gewichtung der Aufgaben und Zuordnung der Bewertungseinheiten zu den Anforderungsbereichen

Aufgabe	Bewertungseinheiten in den Anforderungsbereichen			Summe
	AFB I	AFB II	AFB III	
1	10	15		25
2		4	4	8
3	5	6	6	17
Summe	15	25	10	50

Die auf die Anforderungsbereiche verteilten Bewertungseinheiten innerhalb der Aufgaben sind als Richtwerte zu verstehen.