



# SACHSEN-ANHALT

Ministerium für Bildung

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2023

### PHYSIK (ERHÖHTES ANFORDERUNGSNIVEAU)

#### Prüfungsaufgaben

---

Auswahlzeit:	30 Minuten
Bearbeitungszeit:	330 Minuten

---

Wählen Sie je ein Thema aus den beiden Themenblöcken zur Bearbeitung aus und kreuzen Sie diese beiden Themen an.

Bestätigen Sie die Entscheidung mit Ihrer Unterschrift.

#### Themenblock Grundlagen

**Thema G 1:** Energie und Leistung

**Thema G 2:** Bewegungen auf krummlinigen Bahnen

#### Themenblock Vertiefung

**Thema V 1:** Untersuchungen zum Photoeffekt

**Thema V 2:** Kräfte in der Physik (Themaaufgabe)

**Thema V 3:** Geladene Teilchen in Feldern

Unterschrift des Prüflings:

## Thema G 1: Energie und Leistung

BE

### 1 Mechanische Energie und Leistung

- 1.1 Zwei Körper gleicher Masse beschleunigen reibungsfrei aus der Ruhe auf die gleiche Endgeschwindigkeit. Körper 1 benötigt dafür mehr Zeit als Körper 2.

Vergleichen Sie die Bewegungen der beiden Körper bezüglich der verrichteten Arbeiten und der Leistungen.

Begründen Sie Ihre Entscheidungen.

- 1.2 Ein Körper mit der Masse  $m = 2,0 \text{ kg}$  und der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 4,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  gleitet eine geneigte Ebene nach unten. Die Ebene hat eine Länge  $l = 20,0 \text{ m}$  und eine Höhe  $h = 10,0 \text{ m}$ . Am Ende der geneigten Ebene hat der Körper eine Endgeschwindigkeit  $v_E = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ .

Berechnen Sie mithilfe eines Energieansatzes die Gleitreibungszahl  $\mu_G$  auf der geneigten Ebene.

### 2 Relativistische Energie

Ein zunächst ruhendes Elektron wird in einem homogenen elektrischen Feld mit einer Spannung von  $U = 250 \text{ kV}$  beschleunigt.

- 2.1 Skizzieren Sie ein  $v(t)$ -Diagramm für den Vorgang unter Beachtung relativistischer Effekte.

Erklären Sie den Verlauf des Graphen im Diagramm.

- 2.2 Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit des Elektrons.

### 3 Energie im ungedämpften Schwingkreis

Ein Kondensator mit der Kapazität  $C = 100 \mu\text{F}$  wird zunächst auf eine Spannung  $U_0$  aufgeladen. Anschließend wird zum Zeitpunkt  $t = 0$  der Kondensator über eine ideale Spule mit der Induktivität  $L = 6,0 \text{ H}$  entladen. Zu einem späteren Zeitpunkt beträgt die Spannung am Kondensator  $u = 8,10 \text{ V}$  und die Stromstärke in der Spule  $i = 24,0 \text{ mA}$ .

- 3.1 Berechnen Sie die Gesamtenergie  $E_{\text{ges}}$  im Schwingkreis.

- 3.2 Zeichnen Sie in ein  $E(t)$ -Diagramm den Verlauf der magnetischen Energie  $E_{\text{mag}}(t)$  für eine vollständige Schwingung des Schwingkreises.

Berechnen Sie die erforderlichen Werte.

Skizzieren Sie die Verläufe der Gesamtenergie  $E_{\text{ges}}(t)$  und der Energie des elektrischen Feldes  $E_{\text{el}}(t)$  in das  $E(t)$ -Diagramm.

**4 Leistungen im Wechselstromkreis**

Die folgenden Abbildungen zeigen die Leistung in Abhängigkeit von der Zeit in einem Wechselstromkreis.

Bild 1 zeigt den Verlauf für den Fall, dass sich nur ein Kondensator im Stromkreis befindet.

4.1 Erklären Sie den Verlauf des Graphen in Bild 1.

2

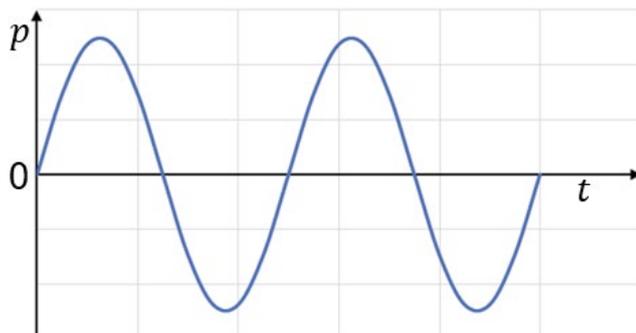


Bild 1

4.2 Bild 2 zeigt den Verlauf für den Fall, dass sich nur ein Ohm'scher Widerstand im Stromkreis befindet.

7

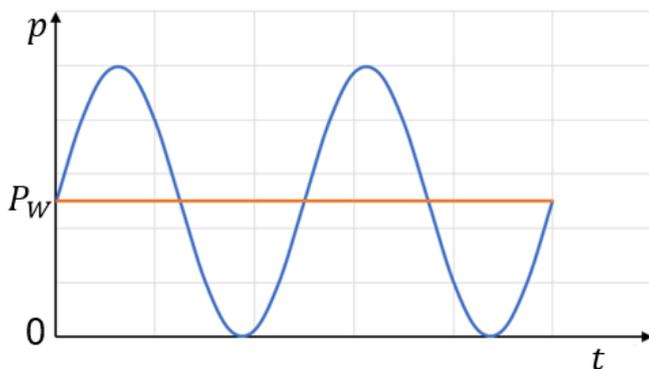


Bild 2

In Bild 3 ist die Leistung in Abhängigkeit von der Zeit für einen Wechselstromkreis mit der Scheinleistung  $P_S = 1,0 \text{ W}$  dargestellt. Im Stromkreis befinden sich ein Kondensator und ein Ohm'scher Widerstand in Reihenschaltung.

Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms die Wirkleistung im Wechselstromkreis. Berechnen Sie die Phasenverschiebung  $\varphi$ .

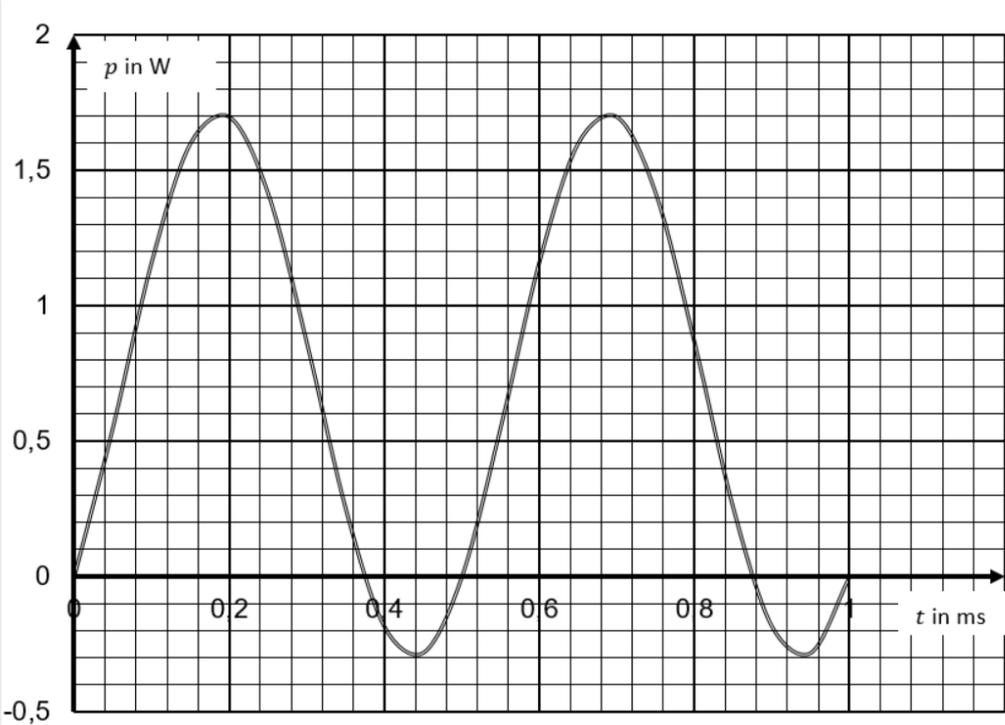


Bild 3

## Thema G 2: Bewegungen auf krummlinigen Bahnen

BE

### 1 Schräger Wurf nach unten

Vom oberen Rand einer  $h_0 = 800$  m tiefen Schlucht wird ein Körper mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v_0 = 72 \frac{\text{km}}{\text{h}}$  schräg nach unten geworfen (Bild 1). Der Winkel zwischen der Horizontalen und der Wurfrichtung beträgt  $\alpha = 20^\circ$ . Der gesamte Vorgang wird reibungsfrei betrachtet.

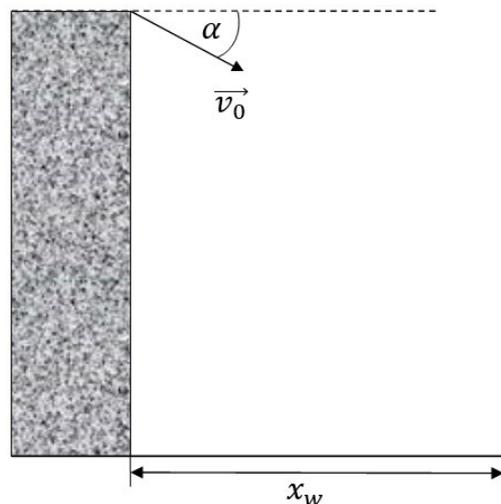


Bild 1

- 1.1 Zeigen Sie ausgehend von den Teilbewegungen  $x(t)$  und  $y(t)$  sowie mithilfe des Superpositionsprinzips, dass für diesen Wurf folgende Gleichung für die Wurfparabel gilt:

4

$$y(x) = -\frac{g}{2 v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \cdot x^2 - \tan(\alpha) \cdot x + h_0$$

- 1.2 Zeigen Sie, dass die Wurfweite  $x_w = 227$  m beträgt.

9

Berechnen Sie die Wurfzeit  $t_w$  sowie den Auftreffwinkel.

- 1.3 Zeichnen Sie die Wurfparabel in ein  $y(x)$ -Diagramm.

4

Ermitteln Sie die Höhe, die ein Baum in der Schlucht höchstens haben darf, wenn er 20 m vor dem Auftreffort steht und nicht vom Körper getroffen werden soll.

## 2 Relativistische Elektronen

Im Punkt A treten Elektronen in ein begrenztes homogenes Magnetfeld mit der Geschwindigkeit  $v = 0,98 c$  ein. In der Skizze (Bild 2) ist die halbkreisförmige Bahn der Elektronen im Magnetfeld dargestellt.

- 2.1 Übertragen Sie die nebenstehende Skizze auf Ihr Blatt.

Ergänzen Sie in der Skizze eine Anordnung zur Bereitstellung frei beweglicher Elektronen und deren Beschleunigung. Beschriften Sie die Skizze.

Zeichnen Sie die Orientierung des Magnetfeldes ein.

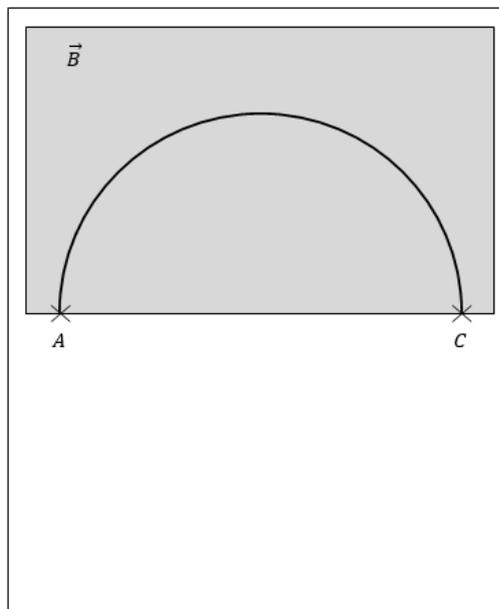


Bild 2

- 2.2 Berechnen Sie die Masse der Elektronen in Vielfachen der Ruhemasse.

Bestimmen Sie damit die notwendige Beschleunigungsspannung  $U_B$ .

(Ergebnis zur Kontrolle:  $m = 5,03 m_0$ )

- 2.3 Die Flussdichte des Magnetfeldes beträgt  $B = 500 \text{ mT}$ .

Berechnen Sie den Radius der Kreisbahn, auf dem sich die Elektronen bewegen.

Begründen Sie, dass der Betrag der Elektronengeschwindigkeit auf der Bahn konstant ist.

### 3 Bestimmung der Abwurfgeschwindigkeit (Schülerexperiment)

20

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Bearbeiten Sie dazu die Aufträge in den Vorbetrachtungen und führen Sie das Experiment durch. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

#### Auftrag

Bestimmen Sie experimentell die Abwurfgeschwindigkeit einer Kugel.

Der skizzierte Versuchsaufbau (Bild 3) wird Ihnen vollständig aufgebaut zur Verfügung gestellt. Es ist folgendes Experiment durchzuführen:

Der Pendelkörper des Fadenpendels wird so ausgelenkt, dass dessen Schwerpunkt um  $h = 5 \text{ cm}$  angehoben wird. Mithilfe eines Anschlags wird die Auslenkhöhe fixiert. Nach dem Loslassen stößt der Pendelkörper mit der Masse  $m_P$  in der Gleichgewichtslage die Kugel mit der Masse  $m_K$ , die einen Impuls in waagerechter Richtung erhält. Der Auftreffpunkt der Kugel auf der Tischplatte soll sichtbar gemacht werden.

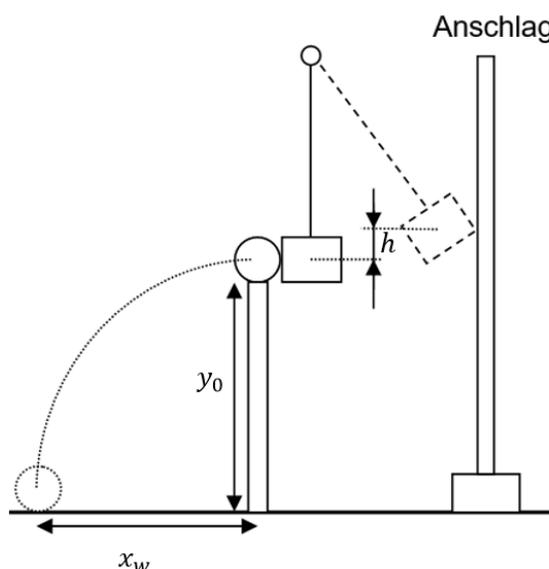


Bild 3

#### Vorbetrachtungen

- 1 Geben Sie an, bei welcher Masse des Pendelkörpers seine kinetische Energie bei einem vollkommen elastischen Stoß vollständig auf die Kugel übertragen wird. Begründen Sie Ihre Aussage.
- 2 Zeigen Sie, dass die Gleichung zur Berechnung der Abwurfgeschwindigkeit aus der experimentell gemessenen Wurfweite lautet:

$$v_0 = \sqrt{\frac{g \cdot x_w^2}{2 y_0}}$$

- 3 Zeigen Sie, dass die Gleichung zur Berechnung der theoretischen Abwurfgeschwindigkeit aus den Daten der Versuchsanordnung lautet:

$$v_0 = \frac{2 m_P}{m_P + m_K} \cdot \sqrt{2 g \cdot h}$$

### **Durchführung**

- 1 Bestimmen Sie die Massen der Kugel und des Pendelkörpers.
- 2 Bestimmen Sie die Wurfweite für die gegebene Höhe  $h = 5 \text{ cm}$  aus mindestens fünf Einzelmessungen.

### **Auswertung**

- 1 Berechnen Sie mithilfe der Formeln aus den Vorbetrachtungen jeweils die Abwurfgeschwindigkeit.
- 2 Vergleichen Sie die beiden Abwurfgeschwindigkeiten.
- 3 Beurteilen Sie Ihre Resultate.  
Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch. Gehen Sie dabei auch auf die Gültigkeitsbedingungen der verwendeten Gesetze ein.

### Thema V 1: Untersuchungen zum Photoeffekt

BE

- 1 Mit dem Licht einer Bogenlampe wird der Einfluss des Abstandes der Lampe zur Photozelle auf die Ladenspannung des Kondensators untersucht. Es wird der folgende Versuchsaufbau verwendet (Bild 1).

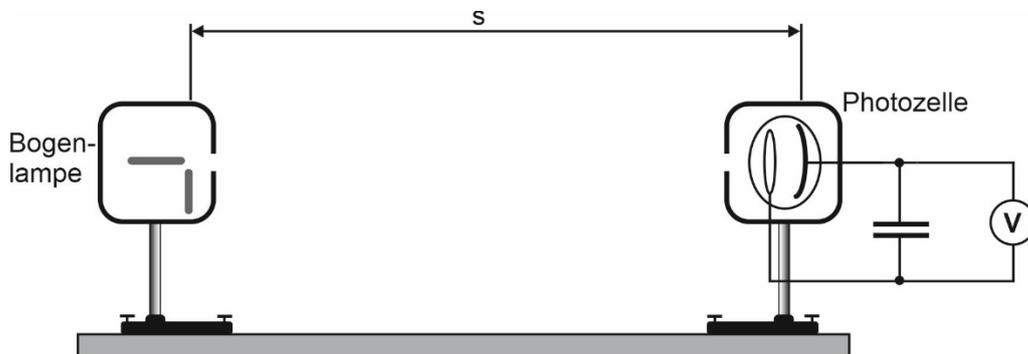


Bild 1

- 1.1 Geben Sie die Polung des geladenen Kondensators an.  
Erklären Sie das Zustandekommen der Polung.
- 1.2 Im Experiment werden folgende Messwerte ermittelt:

3

$s$ in cm	5,0	10,0	15,0	30,0	40,0
$U$ in V	3,68	3,72	3,67	3,70	3,71

6

Erklären Sie das Versuchsergebnis mit dem Photonenmodell des Lichtes.

Begründen Sie in diesem Zusammenhang auch, dass dieses Versuchsergebnis nicht mit dem Wellenmodell des Lichts erklärt werden kann.

Berechnen Sie die Wellenlänge, die den energiereichsten Photonen zugeordnet werden kann, wenn eine Caesiumkathode verwendet wurde.

- 2 In einem weiteren Experiment wird eine andere Photozelle von einem homogenen Magnetfeld durchsetzt, das senkrecht zur Zeichenebene gerichtet ist (Bild 2). Der Abstand zwischen Lampe und Photozelle bleibt jetzt unverändert. Es wird monochromatisches Licht verwendet.

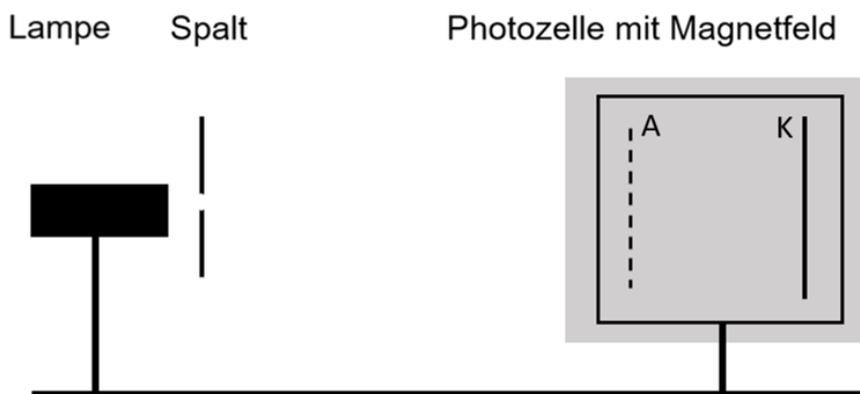


Bild 2

- 2.1 Beschreiben Sie die Bewegung der Elektronen nach dem Verlassen der Kathode. 9
- Für Elektronen, die senkrecht zu den Feldlinien in das homogene Magnetfeld eintreten, gilt für den Bahnradius
- $$r = \frac{1}{e \cdot B} \cdot \sqrt{2 m_e \cdot (h \cdot f - W_A)} .$$
- Leiten Sie diese Gleichung her.
- Im Versuch wird eine Silberkathode ( $W_A = 4,05 \text{ eV}$ ) mit Licht der Wellenlänge  $\lambda = 253 \text{ nm}$  bestrahlt. Der Abstand von der Kathode zur Anode beträgt  $s = 0,8 \text{ mm}$ .
- Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B_1$ , damit die schnellsten Elektronen, welche senkrecht aus der Kathode austreten und sich senkrecht zum Magnetfeld bewegen, die Anode nicht mehr erreichen.
- 2.2 Berechnen Sie die magnetische Flussdichte  $B_2$ , die notwendig ist, damit keines der Elektronen, welche senkrecht zum Magnetfeld austreten, die Anode erreichen kann. 2

## Thema V 2: Kräfte in der Physik (Themaufgabe)

BE

Die Kraft ist eine zentrale Größe der Physik. Mit ihrer Hilfe kann die Veränderung des Bewegungszustandes von Körpern und Teilchen beschrieben werden. Dabei bilden die von Isaac Newton in seinem Werk „Philosophiae naturalis Principia mathematica“ veröffentlichten Axiome die Grundlage.

20

Erläutern Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form ausgehend von den Newton'schen Axiomen die Wirkung von Kräften auf die Bewegung von Körpern.

Gehen Sie dabei auf folgende Schwerpunkte und Beispiele ein:

- Kraft als Wechselwirkungsgröße,
- Kräftegleichgewicht und Wechselwirkungskräfte,
- vektorielle Addition von Kräften,
- ein Körper gleitet mit konstanter Geschwindigkeit eine geneigte Ebene hinab,
- Vergleich der Bewegungen von elektrisch geladenen Teilchen in homogenen elektrischen und homogenen magnetischen Feldern,
- Inertialsysteme und beschleunigte Bezugssysteme,
- Schwerelosigkeit eines Astronauten in der Raumstation ISS.

### Thema V 3: Geladene Teilchen in Feldern

BE

Verschiedene elektrisch geladene Teilchen mit der kinetischen Energie  $E_{\text{kin}} = 4,2 \text{ keV}$  gelangen parallel zu den Platten in das homogene Feld eines Plattenkondensators mit der Länge  $\ell = 10 \text{ cm}$ . Die Feldstärke  $\vec{E}$  bleibt konstant.

Gemessen wird die Ablenkung  $y$  der Teilchen am Ende des Kondensators:

Teilchen	Ladung $q$	Masse $m$	$y$ in mm
Elektron	$-e$	$m_e$	$-2,68$
Proton	$e$	$m_p$	
Heliumkern	$2e$	$4u$	$5,36$
unbekanntes Teilchen			$8,04$

*Hinweis:* Atomare Masseneinheit  $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

1 Begründen Sie, dass alle Teilchen beim Eintritt in den Plattenkondensator unterschiedliche Geschwindigkeiten haben. 2

2.1 Weisen Sie nach, dass für die Ablenkung aller elektrisch geladenen Teilchen am Ende des Plattenkondensators gilt: 5

$$y = \frac{q \cdot E}{4 E_{\text{kin}}} \cdot \ell^2$$

Berechnen Sie aus den gegebenen Werten die elektrische Feldstärke  $E$ .

2.2 Geben Sie mithilfe der Tabellenwerte die Ablenkung eines Protons an. Begründen Sie Ihre Aussage. 4

Weisen Sie nach, dass es sich bei dem unbekanntem Teilchen mit der Ablenkung  $y = 8,04 \text{ mm}$  um ein dreifach positiv geladenes Ion handelt.

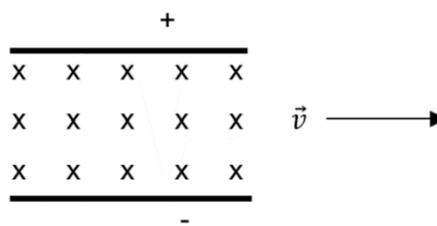
Begründen Sie, dass dieses Verfahren zur Stoffbestimmung geladener Teilchen nicht geeignet ist.

3 In einem weiteren Versuch wird die Bahn der Heliumkerne bei variabler kinetischer Energie  $E_{\text{kin}}$  und konstanter Feldstärke  $E = 4500 \frac{\text{V}}{\text{m}}$  untersucht. 4

Zeichnen Sie das  $y(E_{\text{kin}})$ -Diagramm im Intervall  $2,0 \text{ keV} \leq E_{\text{kin}} \leq 10,0 \text{ keV}$ .

Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms die kinetische Energie und die Geschwindigkeit eines Heliumkerns mit einer Ablenkung von  $y = 3,5 \text{ mm}$ .

- 4 Für das unbekannte dreifach geladene Ion mit  $E_{\text{kin}} = 4,2 \text{ keV}$  wird die Versuchsanordnung so verändert, dass vor den Kondensator ein Geschwindigkeitsfilter geschaltet wird (Bild).



5

Dabei wird für verschiedene Feldstärken  $E_1$  die magnetische Flussdichte  $B$  so eingestellt, dass der Geschwindigkeitsfilter geradlinig passiert wird:

$E_1$ in $\frac{\text{V}}{\text{m}}$	100	150	200	250
$B$ in mT	0,577	0,865	1,150	1,440

Bestimmen Sie mithilfe dieser Daten die Masse und das Element des Ions.

Bild