



# SACHSEN-ANHALT

Ministerium für Bildung

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2024

### PHYSIK (ERHÖHTES ANFORDERUNGSNIVEAU)

#### Prüfungsaufgaben

---

Arbeitszeit einschließlich Auswahlzeit:

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:** Beschleunigte Bewegungen

**Thema G 2:** Induktion und Wechselstromwiderstände

#### Themenblock Vertiefung

**Thema V 1:** Stoßende Kugeln

**Thema V 2:** Der Millikan-Versuch (Themaufgabe)

**Thema V 3:** Photozellen mit verschiedenen Kathodenmaterialien

Unterschrift des Prüflings:

## Thema G 1: Beschleunigte Bewegungen

BE

### 1 Bewegungsänderungen

- 1.1 Ein Körper der Masse  $m = 1,8 \text{ kg}$  bewegt sich reibungsfrei auf einer Geraden mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v = 54 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Im folgenden Diagramm ist die auf den Körper in Bewegungsrichtung wirkende Kraft in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt (Bild 1):

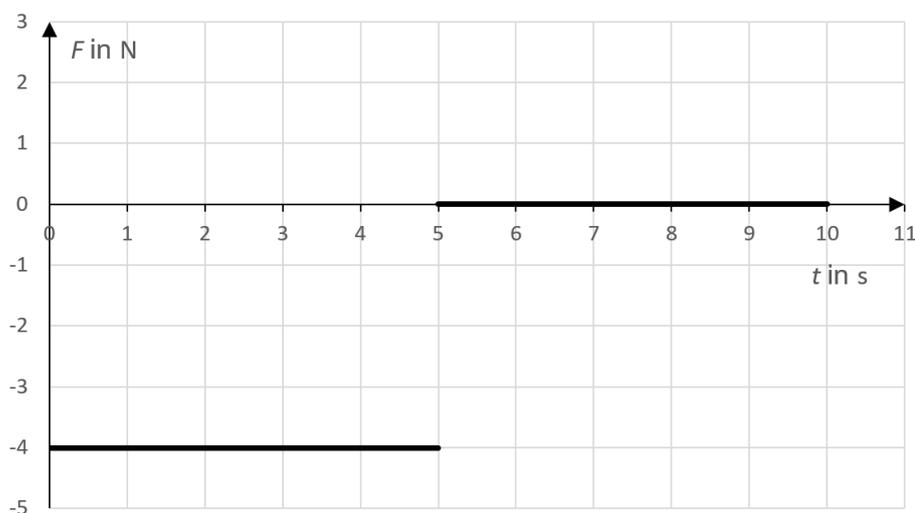


Bild 1

Zeichnen Sie das  $v(t)$ -Diagramm dieser Bewegung im Intervall  $0 \leq t \leq 10 \text{ s}$ . Berechnen Sie die dafür notwendigen Werte.

- 1.2 In einem weiteren Experiment wird der Zusammenhang von Geschwindigkeit und Zeit ermittelt (Bild 2):

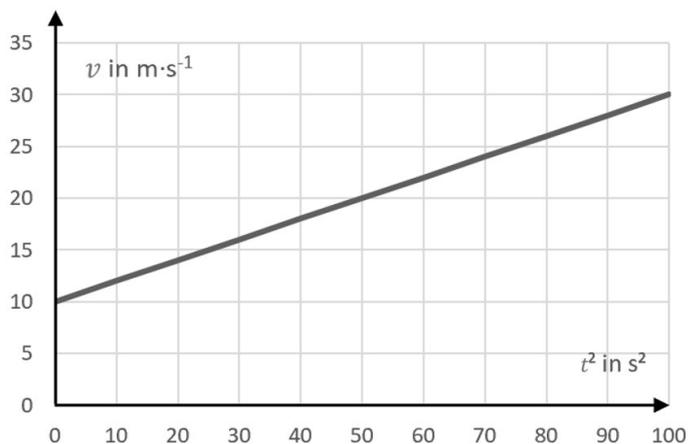


Bild 2

Nennen Sie die Bewegungsart.

Bestimmen Sie die Konstante  $K$ , für die  $v = K \cdot t^2 + v_0$  gilt.

*Ergebnis zur Kontrolle:*  $K = 0,2 \frac{\text{m}}{\text{s}^3}$

Berechnen Sie den zurückgelegten Weg.

## 2 Gleichförmige Kreisbewegung

Ein Körper bewegt sich mit konstantem Betrag der Geschwindigkeit  $|\vec{v}|$  auf einer Kreisbahn mit dem Radius  $r$  und der Umlauffrequenz  $f$ .

- 2.1 Begründen Sie, dass es sich bei der gleichförmigen Kreisbewegung um eine beschleunigte Bewegung handelt. 2

- 2.2 Für die Radialbeschleunigung gilt: 3

$$a_r = \frac{v^2}{r}$$

Leiten Sie für einen Körper der Masse  $m$  ausgehend von dieser Gleichung und dem Newton'schen Grundgesetz die Gleichung für die Radialkraft  $F_r$  her:

$$F_r = 4\pi^2 \cdot m \cdot r \cdot f^2$$

- 2.3 In einem Kraftwerk rotiert eine Dampfturbine mit  $n$  Umdrehungen in der Minute. Eine einzelne Schaufel, die im Folgenden als Punktmasse betrachtet wird, hat eine Masse  $m = 140$  g. Ihr Abstand vom Drehzentrum beträgt  $r = 1,4$  m. Zeichnen Sie für  $0 \leq f \leq 100$  Hz das  $F_r(f^2)$ -Diagramm. 10

Begründen Sie, dass der Einfluss der Gewichtskraft bei der Bewegung in jedem Bahnpunkt vernachlässigt werden kann.

Berechnen Sie die maximale Umdrehungszahl je Minute, damit die Radialkraft maximal  $F_r = 65$  kN beträgt.

## 3 Bewegungen im Gravitationsfeld

- 3.1 Die Raumstation ISS umrundet die Erde im Mittel in 93 Minuten. Berechnen Sie den mittleren Abstand der Raumstation von der Erdoberfläche. 6

- 3.2 In Fernsehübertragungen beobachtet man, dass sich die Astronauten in der Raumstation in einem schwerelosen Zustand befinden. Begründen Sie diese Beobachtung mithilfe der Newton'schen Gesetze. 3

#### 4 Zyklotron

Im Bild 3 ist der prinzipielle Aufbau eines Zyklotrons dargestellt.

In einem Zyklotron werden elektrische und magnetische Felder überlagert. Aus der im Inneren befindlichen Quelle treten Alpha-Teilchen ( $q = +2e$ ,  $m = 6,64 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ) mit vernachlässigbarer Anfangsgeschwindigkeit aus. Sie verlassen mit einer kinetischen Energie  $E_{\text{kin}} = 11 \text{ MeV}$  das Zyklotron.

Die magnetische Flussdichte beträgt  $B = 0,98 \text{ T}$ .

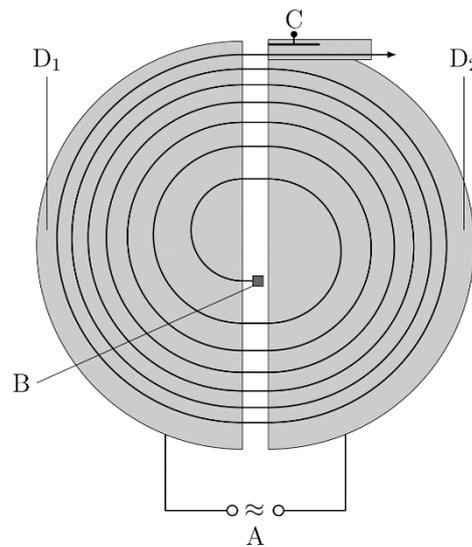


Bild 3

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 4.1 | Erklären Sie den Beschleunigungsvorgang für Alpha-Teilchen. Gehen Sie dabei auf den Aufbau des Zyklotrons und die Bahn der Alpha-Teilchen ein.  | 5 |
| 4.2 | Weisen Sie nach, dass relativistische Effekte unter den gegebenen Bedingungen für die Alpha-Teilchen vernachlässigbar sind.<br>Berechnen Sie den maximalen Bahnradius der Alpha-Teilchen. | 5 |
| 4.3 | Weisen Sie nach, dass die Umlauffrequenz unabhängig von der Geschwindigkeit und vom Radius ist.<br>Berechnen Sie die Frequenz der Wechselspannung.  | 4 |

## Thema G 2: Induktion und Wechselstromwiderstände

BE

### 1 Induktion auf einer geneigten Ebene

Ein Kupferdraht der Länge  $l$  gleitet aus der Ruhe vom Punkt  $D$  über den Punkt  $E$  bis zum Punkt  $F$ . Die Bewegung wird als reibungsfrei angenommen. Senkrecht zur geneigten Ebene befindet sich ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte  $\vec{B}$ , welches sowohl die geneigte Ebene  $DE$  als auch die horizontale Ebene  $EF$  durchsetzt. Die Achse des Drahtes ist senkrecht zur Bewegungsrichtung und senkrecht zum Magnetfeld auf der geneigten Ebene (Bild 1).

Daten:

$$\overline{DE} = 2,0 \text{ m}$$

$$\overline{EF} = 2,0 \text{ m}$$

$$B = 80 \text{ mT}$$

$$l = 0,5 \text{ m}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

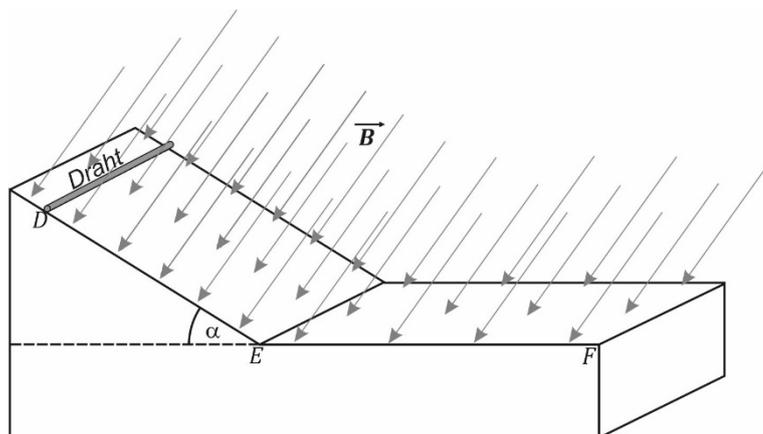


Bild 1

- 1.1 Zeigen Sie, dass die Geschwindigkeit des Drahtes am Ende der geneigten Ebene  $v_E = 4,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  beträgt.

3

- 1.2 An den Enden des Drahtes tritt eine Induktionsspannung auf. Stellen Sie den Betrag der Induktionsspannung in Abhängigkeit vom Gleitweg  $s$  in einem  $|U_{\text{ind}}|(s)$ -Diagramm im Intervall  $0 \leq s \leq (\overline{DE} + \overline{EF})$  dar. Berechnen Sie die dafür notwendigen Werte.

11

### 2 Wechselstromwiderstände

Ein Kondensator der Kapazität  $C = 21 \mu\text{F}$  sowie eine Spule mit der Induktivität  $L = 6,4 \text{ mH}$  und dem Leitungswiderstand  $R_L$  sind in Reihe geschaltet. Es wird eine Wechselspannung der Frequenz  $f_1 = 500 \text{ Hz}$  angelegt.

- 2.1 Berechnen Sie den kapazitiven Widerstand  $X_C$  des Kondensators bei der angegebenen Frequenz  $f_1$ .
- 2.2 Der Leitungswiderstand der Spule wurde in einer Gleichstrommessung mit  $R_L = 10,00 \Omega$  bestimmt. Bei der angegebenen Frequenz  $f_1$  hat die Spule den induktiven Widerstand  $X_L = 20,11 \Omega$ .

2

4

Zeichnen Sie das Zeigerdiagramm für die angegebene Reihenschaltung. Legen Sie dafür einen geeigneten Maßstab fest.

Bestimmen Sie mithilfe des Diagramms den Gesamtwechselstromwiderstand (Scheinwiderstand)  $Z$ .

<p>2.3 Berechnen Sie den Gesamtwechselstromwiderstand <math>Z</math>. Vergleichen Sie das rechnerische Ergebnis mit dem Wert aus Aufgabe 2.2. Berechnen Sie den Winkel der auftretenden Phasenverschiebung <math>\varphi_1</math>.</p>	5
<p>2.4 Berechnen Sie die Frequenz <math>f_2</math>, bei welcher sich der Phasenwinkel in der angegebenen Reihenschaltung auf <math>\varphi_2 = +10^\circ</math> verkleinert.</p>	5
<p><b>3 Induktivität einer Spule (Schülerexperiment)</b> 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.</p> <p><b>Auftrag</b> Untersuchen Sie in einem Experiment die Abhängigkeit der Induktivität <math>L</math> einer Spule von der Eintauchtiefe <math>s</math> eines Eisenkerns (I-Kern).</p> <p><b>Vorbetrachtungen</b></p> <p>1 Das Verhalten einiger elektrischer Bauelemente im Wechselstromkreis unterscheidet sich vom Verhalten desselben Bauelementes im Gleichstromkreis. Begründen Sie diese Unterschiede am Beispiel einer Spule in beiden Stromkreisarten.</p> <p>2 Geben Sie eine begründete Hypothese über die Veränderung der Induktivität einer Spule an, wenn sich die Eintauchtiefe eines Eisenkerns in die Spule verändert.</p> <p>3 In einem Experiment soll der Gesamtwechselstromwiderstand (Scheinwiderstand) <math>Z</math> einer Spule bestimmt werden. Fertigen Sie dafür einen Schaltplan an.</p>	20

### Durchführung

Bestimmen Sie den Ohm'schen Widerstand  $R$  der Spulenwicklungen der bereitgelegten Spule in einer Gleichstrommessung.

Vergrößern Sie die Eintauchtiefe  $s$  des Eisenkerns in mindestens sechs Schritten und messen Sie die jeweiligen Stromstärken  $I_{\sim}(s)$  im Wechselstromkreis.

Halten Sie dabei die Wechselspannung  $U_{\sim} = 3,0\text{ V}$  konstant. Zu diesem Zweck steht Ihnen eine regelbare Wechselspannungsquelle zur Verfügung. Die Frequenz der Wechselspannung beträgt  $f = 50\text{ Hz}$ .

Bild 2 zeigt einen beispielhaften Aufbau zur Veränderung der Eintauchtiefe des skalierten Eisenkerns.

Nehmen Sie die Messwerte in einem Messprotokoll auf.

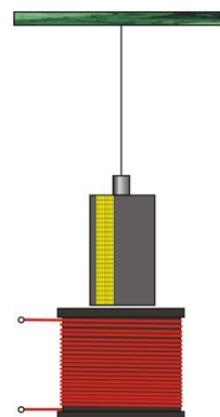


Bild 2

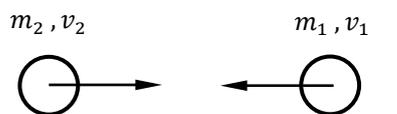
### Auswertung

- 1 Berechnen Sie für die verschiedenen Eintauchtiefen  $s_i$  des Eisenkerns die zugehörigen Induktivitäten  $L_i$  der Spule.
- 2 Stellen Sie die Induktivität  $L$  in Abhängigkeit von der Eintauchtiefe  $s$  in einem  $L(s)$ -Diagramm dar.
- 3 Bewerten Sie Ihre Hypothese aus der Vorbetrachtung zur Veränderung der Induktivität bei der Veränderung der Eintauchtiefe des Eisenkerns.
- 4 Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

## Thema V 1: Stoßende Kugeln

BE

Zwei Kugeln, die als Punktmassen betrachtet werden, bewegen sich aufeinander zu (Bild). Die Stöße der Kugeln untereinander werden als vollkommen elastisch, gerade und zentral betrachtet.



- 1 Begründen Sie, dass beide Stoßpartner beim Zusammenstoß betragsmäßig dieselbe Impulsänderung erfahren. Bild 2

Im Folgenden bewegen sich die Kugeln vor dem Zusammenstoß mit demselben Geschwindigkeitsbetrag  $v$ . Dabei gilt  $v_1 = -v$  und  $v_2 = v$ .

- 2 Nun gilt  $m_2 = \frac{1}{3} m_1$ . 2  
Ermitteln Sie für die zweite Kugel die Geschwindigkeit nach dem Stoß in Vielfachen von  $v$ .

Im Folgenden wird der Stoß für Kugeln betrachtet, deren Massenverhältnis  $\lambda$  ist. Dann gilt:  $m_2 = \lambda \cdot m_1$  ( $\lambda \in \mathbb{R}, \lambda > 0$ )

- 3 Die Geschwindigkeit der zweiten Kugel  $u_2$  nach dem Stoß kann in Vielfachen von  $v$  angegeben werden. 10

Weisen Sie nach, dass für diese Geschwindigkeit folgende Gleichung gilt:

$$u_2 = \frac{\lambda - 3}{\lambda + 1} \cdot v$$

Zeichnen Sie ein  $u_2(\lambda)$ -Diagramm im Intervall  $0 < \lambda \leq 10$ .

Interpretieren Sie das Diagramm für die beiden Fälle:

- a)  $\lambda \rightarrow 0$  sowie
- b)  $\lambda \rightarrow \infty$ .

Geben Sie für Fall b) auch die Impulsänderungen jeder der beiden Kugeln an. Begründen Sie Ihre Aussagen.

- 4 Für die Impulsänderung der zweiten Kugel gilt folgende Gleichung: 6

$$\Delta p_2 = f(\lambda) \cdot p_{2,\text{vor}}$$

Dabei ist  $p_{2,\text{vor}}$  der Impuls der zweiten Kugel vor dem Stoß.

Leiten Sie einen Term für den funktionalen Zusammenhang  $f(\lambda)$  her.

Ermitteln Sie mithilfe der gegebenen Gleichung den Wert von  $\Delta p_2$  für  $\lambda \rightarrow \infty$ .

## Thema V 2: Der Millikan-Versuch (Themaufgabe)

BE

Jedes Elektron trägt eine definierte Ladungsmenge, die Elementarladung.

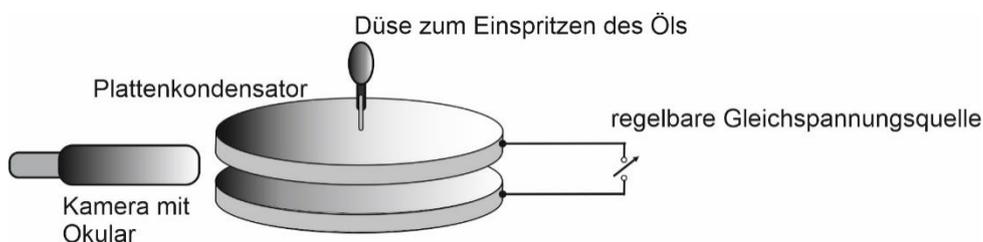
20

Die Ladung eines Ions lässt sich beispielsweise auf chemischem Wege im elektrolytischen Versuch ermitteln. Ob es sich dabei allerdings um einen Mittelwert von Ionenladungen oder um tatsächliche Ladungsmengen handelt, kann nicht entschieden werden. Dazu bedarf es physikalischer Verfahren wie den Versuch von Robert Andrews Millikan, für den er 1923 den Nobelpreis erhielt.

Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die Durchführung und Auswertung des Millikan-Versuches dar.

Gehen Sie dabei insbesondere auf die folgenden Schwerpunkte sowie das Bild ein:

- Kräfte auf (elektrisch geladene) Teilchen im elektrischen Feld,
- Möglichkeit zur Bereitstellung elektrisch geladener Teilchen,
- Aufbau des Millikan-Versuches,
- Durchführung des Versuches mit Betrachtung der wirkenden Kräfte für ein schwebendes Öltröpfchen,
- Durchführung des Versuches mit Betrachtung der wirkenden Kräfte unter Berücksichtigung der Stokes'schen Reibung,
- Auswertung des Versuches als statistisches Verfahren.



Bild

### Thema V 3: Photozellen mit verschiedenen Kathodenmaterialien

BE

Bei der Bestrahlung von Photozellen, deren Kathoden aus unterschiedlichen Materialien bestanden, wurden die jeweils größten Wellenlängen  $\lambda_G$  der Strahlungen ermittelt, bei denen der Photoeffekt gerade noch auftrat. Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse. Außerdem ist die Austrittsarbeit  $W_A$  der Kathodenmaterialien aufgelistet.

Material	Rubidium	Zink	Kupfer	Platin
$\lambda_G$ in nm	582	286	256	219
$W_A$ in eV	2,13	4,34	4,84	5,66

- 1 Begründen Sie, dass für jedes Material genau eine größte Wellenlänge  $\lambda_G$  existiert, bei der der Photoeffekt gerade noch auftritt. 3
- 2 Stellen Sie die Versuchsergebnisse in einem  $\lambda_G \left(\frac{1}{W_A}\right)$ -Diagramm dar. 6  
Interpretieren Sie das entstandene Diagramm.
- 3 Die Grenzwellenlänge für Natrium beträgt 549 nm. 5  
Bestimmen Sie mithilfe Ihres Diagramms die Austrittsarbeit von Natrium sowie einen Näherungswert für das Planck'sche Wirkungsquantum.
- 4 Stellen Sie für die schnellsten herausgelösten Elektronen die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Frequenz in einem  $v(f)$ -Diagramm dar, wenn die Natriumkathode mit sichtbarem Licht bestrahlt wird und die Austrittsarbeit 2,26 eV beträgt. 6  
Berechnen Sie die erforderlichen Werte.