



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2011

### PHYSIK (Grundkursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten

Bearbeitungszeit: 210 Minuten

---

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

#### Themenblock Grundlagen

---

Thema G1	Energie und Impuls von Mikroobjekten	<input type="checkbox"/>
Thema G2	Dynamik geradliniger Bewegungen	<input type="checkbox"/>

#### Themenblock Vertiefungen

---

Thema V1	Schmelzen und Verdampfen von Stoffen	<input type="checkbox"/>
Thema V2	Modelle in der Physik (Themaufgabe)	<input type="checkbox"/>
Thema V3	Das Coulomb'sche Gesetz	<input type="checkbox"/>

Unterschrift des Prüflings:

**Thema G1: Energie und Impuls von Mikroobjekten****1 Photonenmodell des Lichts**

Licht geeigneter Frequenz kann aus Metalloberflächen Elektronen herauslösen. Dieses Phänomen wird als Photoeffekt bezeichnet.

1.1 Erklären Sie diesen Effekt. Geben Sie die Energiebilanz für den Photoeffekt an.

Berechnen Sie die maximale Energie und Geschwindigkeit der herausgelösten Elektronen, wenn die Cäsiumkatode in einer Fotozelle mit monochromatischem Licht der Wellenlänge  $\lambda = 450 \text{ nm}$  bestrahlt wird.

1.2 Eine theoretische Schlussfolgerung von Einstein lässt sich in folgender Aussage zusammenfassen: Jedem Photon kann man eine Masse und einen Impuls zuordnen.

Geben Sie drei weitere Grundaussagen des Photonenmodells an.

1.3 Neben der Energiebilanz kann beim Photoeffekt auch eine Bilanz zum Impuls betrachtet werden.

Berechnen Sie für die Bedingungen aus Aufgabe 1.1 den Impuls der eingestrahelten Photonen und der herausgelösten Elektronen.

Vergleichen Sie diese und ziehen Sie aus dem Vergleich eine Schlussfolgerung aus dieser Bilanz.

**2 Experimenteller Nachweis des Photonenimpulses**

In einer Vakuumapparatur (Bild 1) wird Natrium bei einer Temperatur von  $\vartheta = 305 \text{ °C}$  verdampft. Durch ein Blendsystem  $B_1, B_2$  erzeugt man einen feinen Natriumatomstrahl. Nach einer Strecke  $s = 1,00 \text{ m}$  trifft der Strahl auf eine kalte Platte und hinterlässt am Auftreffpunkt  $A_1$  einen Niederschlag. Durch seitliches Einstrahlen von Licht einer Natriumdampflampe ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) senkrecht zum Atomstrahl wird ein zweiter Niederschlag bei  $A_2$  registriert. Der mittlere Abstand der Auftrefforte beträgt dabei  $d = A_1A_2 = 0,04 \text{ mm}$ .

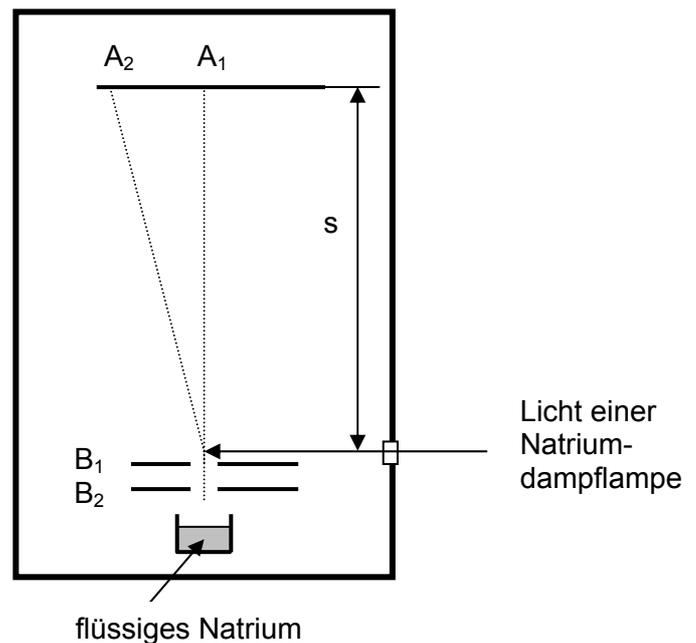


Bild 1

2.1 Berechnen Sie aus der Temperatur des erhitzten Natriums die mittlere Geschwindigkeit der Na-Atome im Strahl und deren mittleren Impuls.

2.2 Berechnen Sie den Photonenimpuls, der aus den Messergebnissen der dargestellten Anordnung ermittelt werden kann.

Vergleichen Sie den erhaltenen Wert mit dem Photonenimpuls, der aus dem Einstein'schen Photonenmodell folgt. Werten Sie das Ergebnis des Vergleichs.

### 3 Impuls und Beugung von Elektronen

Es ist experimentell gelungen, Elektronenstrahlinterferenzen auch an Spalten zu erzeugen.

Innerhalb einer Computersimulation werden Elektronen auf einen Spalt veränderlicher Breite  $d$  „geschossen“ und anschließend auf einem Schirm hinter dem Spalt registriert.

Dabei ergeben sich für die Fälle a) und b) die folgenden Intensitätsverteilungen  $I_s$  auf dem Schirm. Diese sind in den Bildern 2 und 3 nicht maßstabsgerecht dargestellt.

a) eine relativ große Breite des Spalts  
( $d > 1\text{mm}$ )

b) eine relativ geringe Breite des Spalts  
( $d < 10\text{ nm}$ )

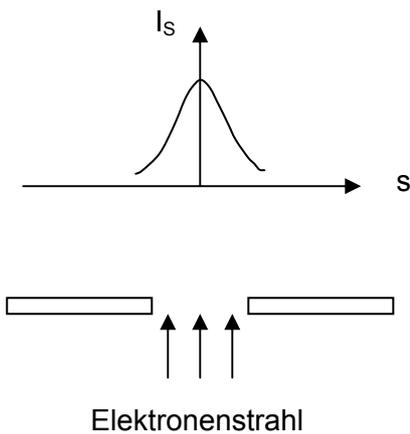


Bild 2

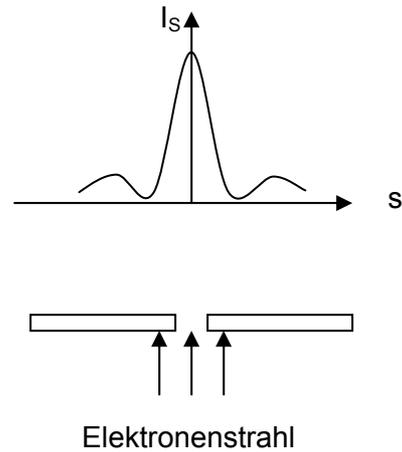


Bild 3

Erläutern Sie die dargestellten Befunde.

**Thema G2: Dynamik geradliniger Bewegungen**

**1 Geradlinige Bewegungen**

Ein zylinderförmiger Körper  $K_1$  aus Eisen und ein Körper  $K_2$  aus Aluminiumblech sind mit einem dünnen Faden verbunden, der über eine Rolle mit fester Achse geführt wird (Bild 1). Die Massen  $m_1$  und  $m_2$  beider Körper  $K_1$  und  $K_2$  betragen jeweils 390 g. Auf dem Körper  $K_2$  liegt ein ringförmiger Körper  $K_3$  mit der Masse  $m_3 = 20$  g. Jegliche Reibung sowie die Massen der Rolle und des Fadens werden vernachlässigt.

$K_1$  ist zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$  am Eisenkern des Elektromagneten  $E_{m1}$  befestigt (Schalterstellung 1). Sobald die Schalterstellung von 1 nach 2 verändert wird, beginnt die Betrachtung der Bewegung.

In deren Verlauf wird der Körper  $K_3$  zum Zeitpunkt  $t_1$  an dem durchbohrten Tischchen T abgehoben.

Zum Zeitpunkt  $t_2$  erreicht die Unterkante des Aluminiumblechs den Luftspalt des Elektromagneten  $E_{m2}$ . Nun veranlasst ein Mechanismus das Umschalten auf Schalterstellung 3. Im Luftspalt befindet sich dann ein starkes und scharf begrenztes Magnetfeld, dessen Feldlinien senkrecht zur Bewegungsrichtung verlaufen.

Innerhalb von 1,0 Sekunden kommt dann die gesamte Anordnung zur Ruhe. Am Ende der Betrachtung ist der Zeitpunkt  $t_3$  erreicht und die Oberkante des Bleches befindet sich in Höhe des Luftspalts.

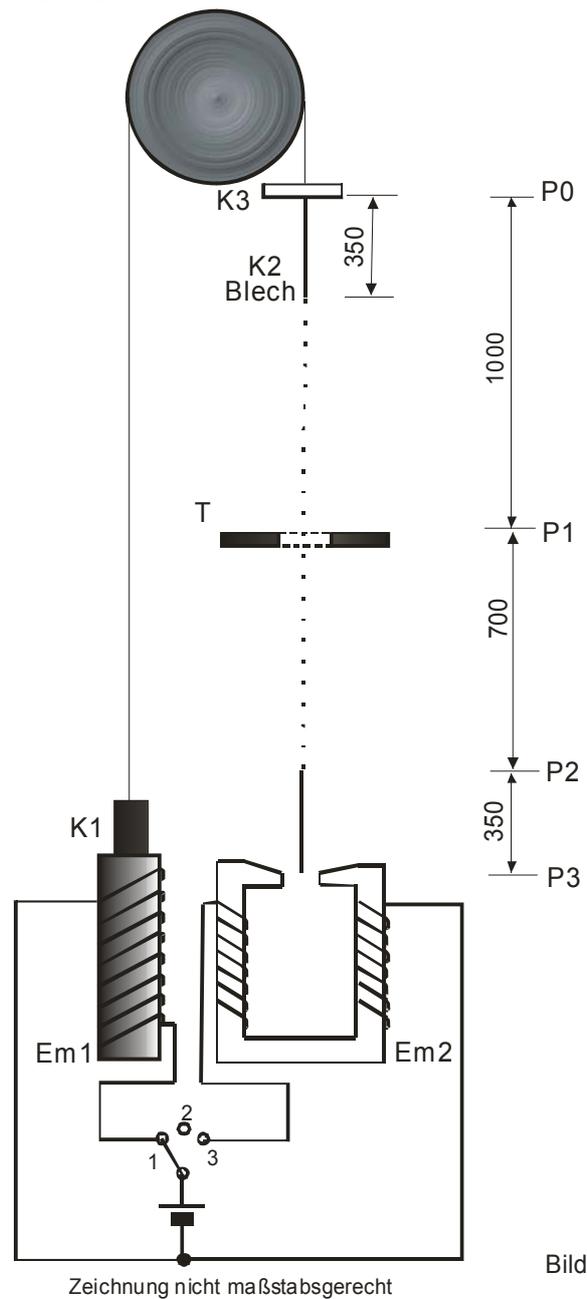


Bild 1

1.1 Beschreiben und begründen Sie den Bewegungsablauf von  $K_2$ , wenn sich der Körper zwischen  $P_0$  und  $P_1$ ,  $P_1$  und  $P_2$  sowie  $P_2$  und  $P_3$  bewegt.

1.2 Berechnen Sie, in welcher Zeit der Körper  $K_2$  jeweils die Wegstrecken  $\overline{P_0P_1}$  und  $\overline{P_1P_2}$  zurücklegt.

Stellen Sie den gesamten Bewegungsablauf des Körpers  $K_2$  zwischen  $P_0$  und  $P_3$  jeweils in einem  $v(t)$ - und  $a(t)$ -Diagramm grafisch dar.

Berechnen Sie alle erforderlichen physikalischen Größen. Nehmen Sie für die Berechnungen im Abschnitt  $\overline{P_2P_3}$  vereinfachend an, dass die Bremskraft konstant ist. Kennzeichnen Sie die einzelnen Zeitabschnitte.

## 2 Bestimmung der Fallbeschleunigung $g$ mithilfe des Newton'schen Grundgesetzes (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Bearbeiten Sie die Aufträge in den Vorbetrachtungen und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung erfolgt nach den angegebenen Vorgaben. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

### Auftrag

Bestimmen Sie an einer Messanordnung, die als Atwood'sche Fallmaschine bezeichnet wird (Bild 2), die Fallbeschleunigung  $g$ .

### Vorbetrachtungen

- Die Fallbeschleunigung  $g$  soll für diese Anordnung mit folgender Gleichung berechnet werden: 
$$g = \frac{m_1 + m_2 + m_B}{m_B} \cdot \frac{2s}{t^2}.$$
- Im Bild 2 ist ein zusätzliches Massestück  $m_R$  ersichtlich, das zur Kompensation der Reibung dienen soll.  
Beschreiben Sie eine Möglichkeit, die erforderliche Masse  $m_R$  experimentell zu bestimmen.
- Beschreiben Sie ein weiteres Experiment, mit dem die Fallbeschleunigung  $g$  bestimmt werden kann.

### Ablauf des Experiments

Bild 2 zeigt den prinzipiellen Versuchsaufbau. Die Körper werden durch die Gewichtskraft des Massestücks  $m_B$  beschleunigt. Dabei gilt jeweils  $m_1 = m_2$  und  $m_B < m_1$ . Die Massen des Fadens und der Rolle werden vernachlässigt.

- Führen Sie alle erforderlichen Messungen zur Bestimmung der Fallbeschleunigung  $g$  für eine Masse  $m_B$  durch und fertigen Sie eine Messwerttabelle an. Die Größe von  $m_R$  wird Ihnen von der Lehrkraft mitgeteilt.
- Wiederholen Sie die Messungen für weitere zwei verschiedene Werte von  $m_B$ .

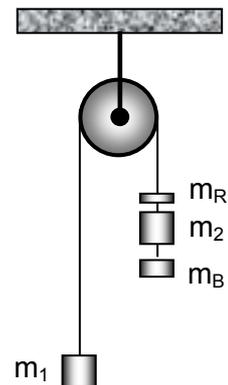


Bild 2

### Auswertung

Bestimmen Sie die Fallbeschleunigung  $g$  für jedes  $m_B$  aus den experimentell ermittelten Werten. Bilden Sie den Mittelwert  $\bar{g}$ .

Vergleichen Sie diesen mit dem Tabellenwert und geben Sie im Rahmen der Fehlerbetrachtung Ursachen für eventuelle Abweichungen an.

## Thema V1: Schmelzen und Verdampfen von Stoffen

Das Schmelzen von Festkörpern und das Verdampfen von Flüssigkeiten stellen in der Kalorik Besonderheiten dar. Diese Eigenschaften können bei der Speicherung von thermischer Energie hervorragend genutzt werden. So hat das Latentwärmespeichermaterial Natriumacetat-trihydrat, im Folgenden kurz mit NaAc bezeichnet, - wie es z. B. in Wärmekissen verwendet wird - besonders konstruierte thermische Eigenschaften, wie die Schmelztemperatur bei Zimmertemperatur.

- 1 Natriumacetat-trihydrat der Masse  $m_{\text{NaAc}} = 500\text{g}$  hat eine Anfangstemperatur von  $\vartheta_{\text{fest}} = 0^\circ\text{C}$ . Dieser Feststoff soll bei konstantem Druck langsam bis auf eine Endtemperatur von  $\vartheta_{\text{flüssig}} = 60^\circ\text{C}$  erwärmt werden, wobei jeder Wärmeverlust an die Umgebung vernachlässigt wird.

Zeichnen Sie das zugehörige  $\vartheta(Q)$  - Diagramm und berechnen Sie die dafür notwendigen Werte unter der Annahme, dass die spezifischen Wärmekapazitäten von NaAc im festen und flüssigen Zustand nicht von der Temperatur abhängig sind.

Daten:	- spezifische Wärmekapazität von NaAc fest	$c_{\text{fest}} = 5,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
	- spezifische Wärmekapazität von NaAc flüssig	$c_{\text{flüssig}} = 3,09 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
	- Schmelztemperatur von NaAc	$\vartheta_{\text{S}} = 20^\circ\text{C}$
	- spezifische Schmelzwärme von NaAc	$q_{\text{S}} = 340 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

- 2 Ein mit dem Speichermaterial NaAc gefülltes Wärmekissen kann im Winter zum Wärmen der Hände in einer Jackentasche getragen werden. Zuvor muss es in einem Wasserbad erwärmt werden.

In einem konkreten Fall ist ein solches Wärmekissen mit  $m_{\text{NaAc}} = 350\text{g}$  NaAc gefüllt. Die Wärmekapazität der äußeren Hülle soll vernachlässigt werden. Die Erwärmung des Kissens auf die Endtemperatur  $\vartheta_{\text{e}} = 60^\circ\text{C}$  soll in einem Topf der Wärmekapazität  $K = 200\text{J} \cdot \text{K}^{-1}$  erfolgen, in welchem sich  $m_{\text{H}_2\text{O}} = 400\text{g}$  Wasser befinden. Vor der Erwärmung sollen Topf, Wasser und Kissen die gleiche Anfangstemperatur  $\vartheta_{\text{a}} = 8^\circ\text{C}$  haben. Als Wärmequelle dient eine Kochplatte der Leistung  $P = 250\text{W}$ , wobei von einem Wirkungsgrad von  $\eta = 0,9$  auszugehen ist.



Berechnen Sie die Zeit für den beschriebenen Erwärmungsprozess. Nutzen Sie dazu auch die Daten aus Aufgabe 1.

**Thema V2: Modelle in der Physik (Themaufgabe)**

Zur Beschreibung und Erklärung natürlicher Phänomene durch die Physik werden u. a. verschiedene Modelle verwendet.

Erläutern Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form Nutzen und Grenzen der Anwendung physikalischer Modelle im Erkenntnisprozess. Gehen Sie dabei insbesondere auf folgende Schwerpunkte ein:

- Vergleich von physikalischen Modellen mit der Realität,
- Beschreibung einer Wurfbewegung mit einem mathematischen Modell,
- Weiterentwicklung eines konkreten Modells.

### Thema V3: Das Coulomb'sche Gesetz

Charles Coulomb (1736 – 1806) untersuchte experimentell Gesetzmäßigkeiten der Kräfte zwischen geladenen Kugeln, woraus das nach ihm benannte Gesetz resultierte.

Mit dem im Folgenden beschriebenen Experiment soll die Gültigkeit des Gesetzes bezüglich des Zusammenhangs zwischen der wirkenden Kraft  $F$  und dem Abstand der Kugelmittelpunkte  $r$  untersucht werden.

Einer Metallkugel, die über einen Isolierstab an einem elektronischen Messsystem mit einem Kraftsensor befestigt ist, wird eine zweite gleichartige Kugel, die sich auf einem Messwagen befindet, gegenüber gestellt (Bild 1).

Beide Metallkugeln tragen die gleiche positive Ladung. Ihr Abstand  $r$  kann geändert werden.

Die zwischen den beiden Kugeln wirkende Kraft  $F$  wird in Abhängigkeit vom Abstand  $r$  ihrer Kugelmittelpunkte gemessen.



Bild 1

#### Aufgaben:

- Skizzieren Sie das Feldlinienbild des elektrischen Feldes zwischen zwei gleich großen positiven Punktladungen sowie das Feldlinienbild zwischen einer positiv geladenen Punktladung und einer negativ geladenen Punktladung.

In einem speziellen Fall wurden folgende Werte aufgenommen:

r in cm	4,00	4,28	4,66	5,74	6,95	7,57	9,03	9,81	10,95	12,46	13,95
F in mN	7,58	7,23	6,78	5,12	3,88	3,29	2,37	1,99	1,65	1,25	0,96

- Zeichnen Sie aus den gegebenen Messwerten das  $F(r^{-2})$  - Diagramm.  
Ermitteln Sie das Intervall für  $r$ , in dem der theoretisch nach dem Coulomb'schen Gesetz zu erwartende Zusammenhang  $F(r^{-2})$  näherungsweise als gültig angenommen werden kann.  
Begründen Sie Ihre Wahl.
- Berechnen Sie in diesem Intervall den Betrag der Ladungen der beiden Kugeln.