



SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2011

PHYSIK (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten

Bearbeitungszeit: 300 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.

Ergebnis zur Kontrolle: $v_{\text{max}} = 5,36 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

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 Eigenschaften von Photonen an.

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

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

Vergleichen Sie diese Impulse und ziehen Sie aus dem Vergleich eine Schlussfolgerung.

1.3.2 Vereinfachend kann davon ausgegangen werden, dass bei der beschriebenen Wechselwirkung der Photonenimpuls vernachlässigt werden kann und damit das Cs-Atom als Rückstoßpartner für das Elektron dient.

Berechnen Sie mit der Annahme $|p_{\text{Elektron}}| = |p_{\text{Cs-Atom}}|$ die kinetische Energie, die das Cs-Atom durch den Rückstoß erhält und rechtfertigen Sie mit dem Ergebnis die übliche Energiebilanz des Photoeffektes.

2 Experimenteller Nachweis des Photonenimpulses

In einer Vakuumapparatur (Bild 1) wird Natrium bei einer Temperatur von $\vartheta = 305 \text{ °C}$ verdampft. Durch ein Blendensystem 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 $d = \overline{A_1 A_2} = 0,04 \text{ mm}$.

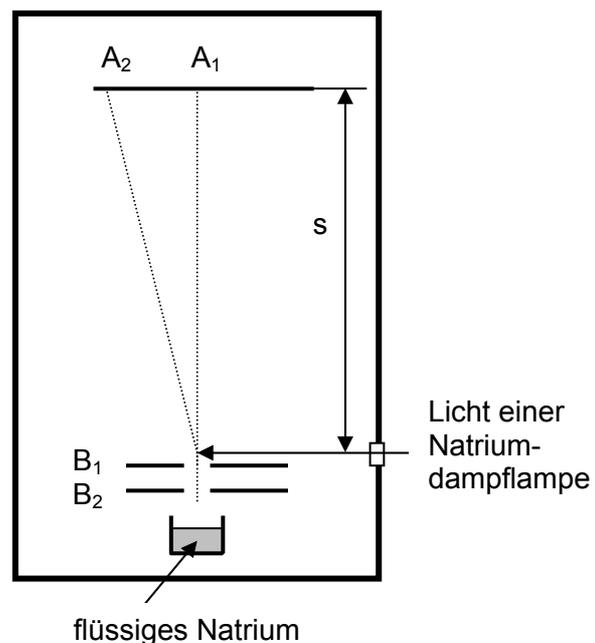


Bild 1

- 2.1 Erläutern Sie die Absorption des Lichts durch die Na-Atome mithilfe des Bohr'schen Atommodells.
- 2.2 Berechnen Sie aus der Temperatur des erhitzten Natriums die mittlere Geschwindigkeit der Na-Atome im Strahl und deren mittleren Impuls.
- 2.3 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.

- 2.4 Bei A_2 wird ein verbreiteter Niederschlag registriert.

Nennen Sie dafür zwei wesentliche Ursachen. Beschreiben Sie, wie diese eine Verbreiterung des Niederschlags bewirken.

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
($d < 10\text{ nm}$)

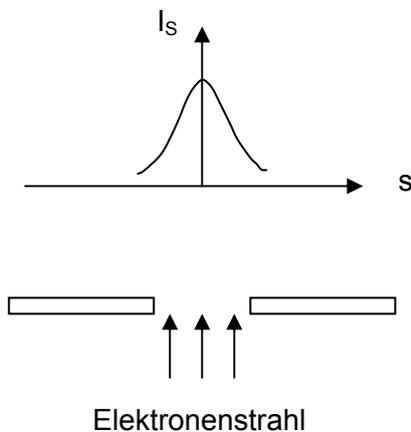


Bild 2

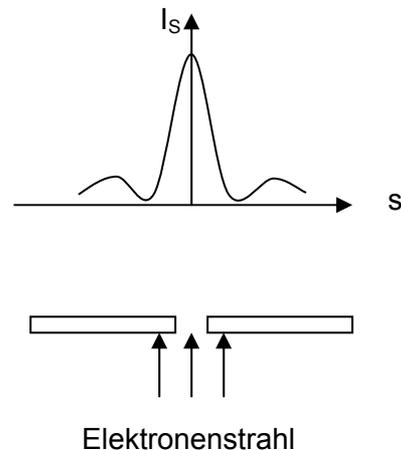


Bild 3

- 3.1 Erläutern Sie die dargestellten Befunde.
- 3.2 Für eine Spaltbreite von $d = 8,00\text{ nm}$ wird auf dem $\ell = 1,00\text{ m}$ hinter dem Spalt positionierten Schirm das Minimum 1. Ordnung in einem Abstand $s = 18,7\text{ mm}$ vom Maximum 0. Ordnung registriert.

Berechnen Sie die Wellenlänge der Elektronen.

Thema G2: Dynamik geradliniger Bewegungen

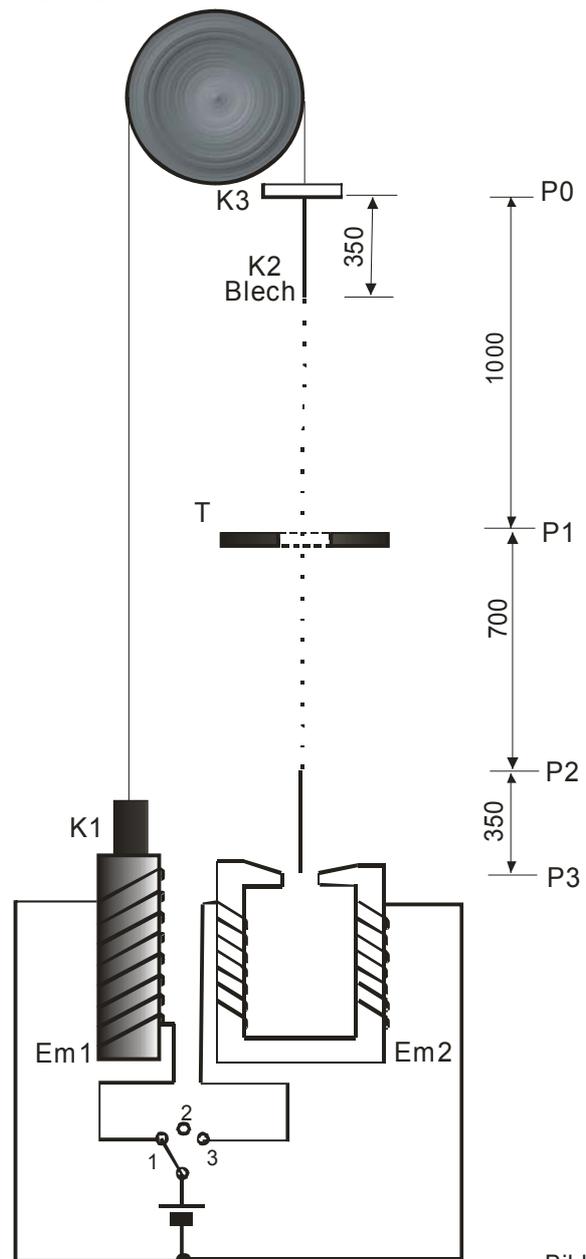
1 Geradlinige Bewegungen

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, Längenangaben in Millimetern). 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 Em1 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 Em2. 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.



Zeichnung nicht maßstabsgerecht

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 $s(t)$ -, $v(t)$ - und $a(t)$ -Diagramm grafisch dar.

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

Ergebnis zur Kontrolle: $a_{01} = 0,245 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

- 1.3 Stellen Sie sich zwischen K_1 und dem Fadenende einen gewichtslosen Federkraftmesser vor.

Zeigen Sie mithilfe einer Rechnung, in der gegebenenfalls die Beschleunigung des Gesamtsystems enthalten ist, dass der Kraftmesser im Idealfall ($g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) folgende Messwerte anzeigt:

- 3,92 N, während sich die Oberkante von K_2 zwischen P_0 und P_1 befindet,
- 3,83 N, während sich die Oberkante von K_2 zwischen P_1 und P_2 befindet,
- 3,55 N, während sich die Oberkante von K_2 zwischen P_2 und P_3 befindet.

2 Untersuchungen zum Newton'schen Grundgesetz (Schülerexperiment)

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

Auftrag

Untersuchen Sie an einer vorgegebenen Messanordnung, die als Atwood'sche Fallmaschine bezeichnet wird (Bild 2), den Zusammenhang zwischen resultierender (beschleunigender) Kraft F_B und der Beschleunigung a .

Vorbetrachtungen

- Die Fallbeschleunigung g soll für diese Anordnung mit folgender Gleichung berechnet werden: $g = \frac{m_1 + m_2 + m_B}{m_B} \cdot \frac{2s}{t^2}$ (1).

- 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.

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 vier verschiedene Werte von m_B .

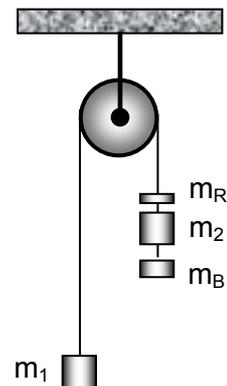


Bild 2

Auswertung

- Bestimmen Sie die Fallbeschleunigung g aus den experimentell ermittelten Werten. Vergleichen Sie diese mit dem Tabellenwert und geben Sie Ursachen für eventuelle Abweichungen in Ihrer Fehlerbetrachtung an.
- Bestimmen Sie die Beschleunigungen a der beweglichen Massestücke für die fünf verschiedenen Massen m_B aus den Messwerten. Stellen Sie die Ergebnisse in einem $a(m_B)$ - Diagramm dar.

- 3 Berechnen Sie unter Verwendung von Gleichung (1) die Wertepaare (m_B ; a) für die im Experiment verwendeten Massen m_B . Benutzen Sie dabei für g den Tabellenwert. Zeichnen Sie die Kurve mit diesen Wertepaaren in das vorhandene Diagramm ein. Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch. Gehen Sie dabei insbesondere auf die Abweichung zwischen beiden Kurven ein.

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 Latentwärmespeicher-material 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 Mit einem kalorischen Experiment soll die spezifische Wärmekapazität c_{Eis} von Eis bestimmt werden, wobei die spezifische Schmelzwärme q_{S} von Eis ebenfalls nicht bekannt ist. Das Experiment wird in zwei Phasen A und B durchgeführt. Für beide Teilerperimente können die spezifische Wärmekapazität $c_{\text{W}} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$ von Wasser und

die Schmelztemperatur $\vartheta_{\text{S}} = 0^\circ\text{C}$ von Eis vorausgesetzt werden.

Experimente:

A Eis der Masse m_{Eis} und der Temperatur $\vartheta_{\text{Eis,A}}$ wird in ein Kalorimeter der Wärmekapazität K gegeben, in welchem sich bereits hinreichend lange warmes Wasser der Masse m_{W} mit der Temperatur ϑ_{W} befindet. Nach dem vollständigen Schmelzen des Eises im warmen Wasser wird die Mischtemperatur $\vartheta_{\text{M,A}}$ gemessen.

B Das in Phase A beschriebene Experiment wird im gleichen Kalorimeter unter fast gleichen Bedingungen noch einmal durchgeführt. Im Unterschied zu A wird nun aber Eis der Temperatur $\vartheta_{\text{Eis,B}}$ verwendet. Es wird nun die Mischtemperatur $\vartheta_{\text{M,B}}$ bestimmt.

Hinweis: Die Bedingungen sind in beiden Phasen derart gewählt, dass das eingebrachte Eis vollständig im Wasser des Kalorimeters schmilzt und die Mischtemperatur über der Schmelztemperatur liegt.

Zeigen Sie, dass sich mithilfe des beschriebenen Experiments die spezifische Wärmekapazität c_{Eis} von Eis mit der nachfolgenden Gleichung berechnen lässt:

$$c_{\text{Eis}} = \frac{(m_{\text{W}} \cdot c_{\text{W}} + K + m_{\text{Eis}} \cdot c_{\text{W}}) \cdot (\vartheta_{\text{M,A}} - \vartheta_{\text{M,B}})}{m_{\text{Eis}} \cdot (\vartheta_{\text{Eis,A}} - \vartheta_{\text{Eis,B}})}$$

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,
- Erklärung der Phänomene Verdunstung und Diffusion mit dem Teilchenmodell,
- 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.

(Ergebnis zum Vergleich: $Q \approx 4,6 \cdot 10^{-8} \text{ C}$)

- Der Versuch wird nun wiederholt, wobei sich die Kugeln in einem Ölbad befinden.

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	3,46	3,27	3,09	2,33	1,78	1,50	1,09	0,91	0,75	0,58	0,44

Beschreiben Sie die Auswirkungen des Öls, das hier als Dielektrikum wirkt, auf das elektrische Feld.

Bestimmen Sie mithilfe der Messwerte die relative Dielektrizitätskonstante ϵ_r des verwendeten Öls.