



# SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

## SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2010

### PHYSIK (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten

Bearbeitungszeit: 300 Minuten

---

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

#### Themenblock Grundlagen

---

|          |                        |                          |
|----------|------------------------|--------------------------|
| Thema G1 | Untersuchung von Gasen | <input type="checkbox"/> |
| Thema G2 | Kondensatoren          | <input type="checkbox"/> |

#### Themenblock Vertiefungen

---

|          |   |                          |
|----------|---|--------------------------|
| Thema V1 | Der schräge Wurf in der Physik und in der Technik | <input type="checkbox"/> |
| Thema V2 | Die Newton'schen Axiome (Themaufgabe)             | <input type="checkbox"/> |
| Thema V3 | Experimente zum äußeren lichtelektrischen Effekt  | <input type="checkbox"/> |

Unterschrift des Prüflings:

## Thema G1: Untersuchung von Gasen

Mit der industriellen Entwicklung im 18. und 19. Jahrhundert einher ging die Entwicklung der Thermodynamik. Die Nutzung thermischer Energie war und ist auch heute von großer Bedeutung.

### 1 Das Modell „ideales Gas“ in der Thermodynamik

Die für ideale Gase gefundenen Gesetze können auf reale Gase nur unter bestimmten Bedingungen angewandt werden.

Nennen Sie Grundannahmen zum Modell des „idealen Gases“.

Geben Sie zwei verschiedene Bedingungen an, unter denen das Modell auf reale Gase anwendbar ist. Begründen Sie Ihre Aussagen.

### 2 Die Geschwindigkeit der Gasteilchen

Maxwell und Boltzmann sagten bereits 1860 voraus, dass sich die Teilchen eines Gases nicht mit einer einheitlichen Geschwindigkeit bewegen, sondern die Geschwindigkeit der Gasteilchen einer Verteilung unterliegt.

Otto Stern untersuchte um 1920 mithilfe des schematisch abgebildeten Experiments die Geschwindigkeit von Silberatomen (Bild 1). Für die Durchführung dieses Versuches und die Interpretation seiner Ergebnisse erhielt er 1943 den Nobelpreis für Physik.

Versuchsbeschreibung:

Im Vakuum befinden sich ein mit Silber überzogener Platindraht  $D$  und zwei koaxial angeordnete und starr miteinander verbundene Zylinder ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ). Der Draht wird erhitzt und zum Glühen gebracht. Die Silberatome verdampfen (bei  $1200\text{ °C}$ ) und es bildet sich ein Gas aus Silberatomen. Der innere Zylinder  $Z_2$  hat eine kleine Öffnung. Ruhend die Zylinder, so treten die Silberatome durch die Öffnung und es entsteht auf der Innenseite des äußeren Zylinders  $Z_1$  ein Niederschlag an der Stelle  $S_0$ . Lässt man die Zylinder mit einer konstanten Geschwindigkeit rotieren, so entsteht ein breiter verschmierter Niederschlag bei  $S_1$ .

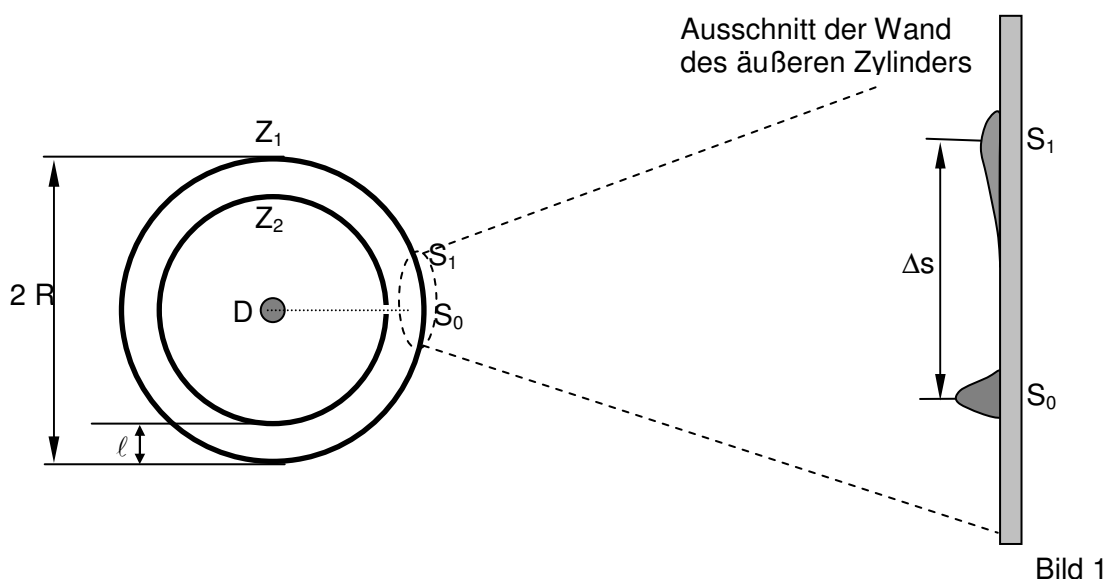
Daten:

äußerer Radius:  $R = 8,0\text{ cm}$

Abstand der Zylinder:  $\ell = 5,0\text{ cm}$

Drehfrequenz:  $f = 45\text{ s}^{-1}$

Abstand:  $\overline{S_0 S_1} = \Delta s = 2,2\text{ mm}$



- 2.1 Leiten Sie die Gleichung zur Berechnung der Geschwindigkeit der Atome

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \ell \cdot f}{\Delta s}$$

entsprechend der Skizze im Bild 1 her.

Berechnen Sie aus den Daten die Geschwindigkeit der Silberatome, die im Abstand  $\Delta s$  auftreffen.

Ergebnis zur Kontrolle:  $v = 514 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

- 2.2 Der Niederschlag bei  $S_1$  ist bedeutend breiter als bei  $S_0$  (Bild 1, nicht maßstabsgerecht). Begründen Sie dieses Phänomen.
- 2.3 Berechnen Sie die mittlere Geschwindigkeit der Silberatome nach den Gesetzen der kinetischen Gastheorie bei einer Temperatur von  $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Begründen Sie die Abweichung zum Ergebnis in Aufgabe 2.1. Beziehen Sie dazu auch eine Skizze der Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung ein, in der Sie die mittlere und die wahrscheinlichste Geschwindigkeit kennzeichnen.

### 3 Der Heißluftballon

Ein Heißluftballon habe ein Volumen von  $3000 \text{ m}^3$ . Er sei mit Luft gefüllt bei einer Temperatur von  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  und einem Druck von  $980 \text{ hPa}$ . Der Ballon hat einschließlich aller Zubehörteile eine Masse von  $330 \text{ kg}$ .

Unter Normbedingungen ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $1013 \text{ hPa}$ ) gilt:  $\rho_{\text{Luft}} = 1,29 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

- 3.1 Berechnen Sie die Masse der Luft im Ballon bei  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Ergebnis zur Kontrolle:  $m \approx 3500 \text{ kg}$

- 3.2 Durch Zünden des Gasbrenners wird die Temperatur auf  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  erhöht.

Berechnen Sie die Masse der dadurch ausströmenden Luft.

- 3.3 Zeigen Sie durch Rechnung, dass der Ballon mit einer Zuladung von  $300 \text{ kg}$  noch aufsteigen kann.

Begründen Sie, warum trotz konstanter Lufttemperatur im Innern der Ballonhülle dieser nur eine bestimmte Höhe erreichen kann.

### 4 Das pneumatische Feuerzeug

Rudolf Diesel soll als Schüler von einem Experiment mit einem pneumatischen Feuerzeug so beeindruckt gewesen sein, dass er versuchte, die beim Expandieren des Gases auftretende Energie technisch zu nutzen.

Ein pneumatisches Feuerzeug (Bild 2) besteht aus einem einseitig verschlossenen Glasrohr, in dem ein dicht schließender Kolben reibungsfrei verschoben wird. Im Rohr befindet sich Watte, die z. B. mit Äther (Zündtemperatur  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ ) getränkt ist. Wird die Luft im Kolben sehr schnell zusammengedrückt, so entzündet sich der Äther.

In einem speziellen Fall befindet sich in einem zylindrischen Glasrohr Luft ( $p = 10^5 \text{ Pa}$ ,  $\vartheta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Sie wird auf ein Zehntel des ursprünglichen Volumens zusammengedrückt. Dabei entzündet sich der Äther.

Es handelt sich hierbei um eine adiabatische Zustandsänderung.

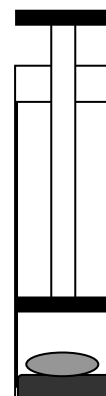


Bild 2

- 4.1 Was versteht man unter einer adiabatischen Zustandsänderung? Wenden Sie den ersten Hauptsatz der Thermodynamik auf diese an. Geben Sie Möglichkeiten der näherungsweise Realisierung an.

Geben Sie einen weiteren Vorgang in Natur oder Technik an, den man als adiabatische Zustandsänderung betrachten kann.

- 4.2 Für den Kompressionsvorgang werden folgende Werte ermittelt:

|                         |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V in cm <sup>3</sup>    | 33,60 | 30,00 | 25,00 | 20,00 | 15,00 | 10,00 | 5,00  | 3,36  |
| p in 10 <sup>5</sup> Pa | 1,00  | 1,17  | 1,51  | 2,07  | 3,09  | 5,46  | 14,40 | 25,12 |

Zeichnen Sie das p(V) - Diagramm und ermitteln Sie aus der grafischen Darstellung die beim Zusammendrücken zugeführte Arbeit.

Weisen Sie nach, dass bei der Kompression der Luft die Zündtemperatur des Äthers überschritten wird. Nehmen Sie dazu an, dass es sich um ein zweiatomiges Gas handelt.

**Thema G2: Kondensatoren****1 Grundlagen**

Im homogenen Feld eines Plattenkondensators, an dem die Gleichspannung  $U$  anliegt, hängt eine sehr kleine negativ geladene Kugel mit der Ladung  $q$  und mit der Masse  $m$  an einem Faden (Bild 1). Es stellt sich der Auslenkwinkel  $\alpha$  ein.

Vereinfachend wird angenommen, dass die Kugel die Platten niemals berührt, keine Selbstentladung stattfindet und dass der Faden masselos ist.

- 1.1 Stellen Sie die auf die Kugel wirkenden Kräfte in einer Skizze dar.

Immer von diesem Zustand ausgehend werden mehrere Veränderungen vorgenommen.

Geben Sie jeweils an, wie sich der Auslenkwinkel  $\alpha$  verändert. Begründen Sie Ihre Aussagen.

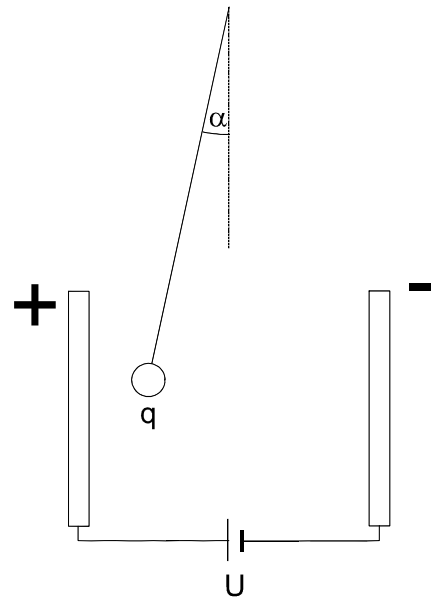


Bild 1

- (a) Die Spannung  $U$  am Kondensator wird verringert.  
 (b) Der Betrag der Ladung der Kugel wird vergrößert.  
 (c) Der Plattenabstand wird bei konstanter Spannung vergrößert.  
 (d) Der Kondensator wird von der Spannungsquelle getrennt und der Plattenabstand wird vergrößert.

- 1.2 Für einen konkreten Kondensator gelten folgende Daten:

|                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| Plattenabstand:     | $d = 30 \text{ cm}$   |
| Kapazität:          | $C = 5,0 \text{ pF}$  |
| Dielektrikum:       | $\epsilon_r = 1,0006$ |
| angelegte Spannung: | $U = 100 \text{ kV}$  |
| Probeladung:        | $q = 2,0 \text{ nC}$  |
| Masse der Kugel:    | $m = 0,5 \text{ g}$   |

Berechnen Sie den Auslenkwinkel  $\alpha$  und die Plattenfläche  $A$ .

- 1.3 Vergrößert man den Plattenabstand eines von der Spannungsquelle getrennten Kondensators, nimmt die Energie  $E_{\text{el}}$  des elektrischen Feldes im Kondensator zu.

Für  $E_{\text{el}}$  gilt:  $E_{\text{el}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{Q^2}{C}$ .

Bestimmen Sie das Verhältnis der Energien  $\frac{E_{\text{el nach}}}{E_{\text{el vor}}}$  des Plattenkondensators, wenn der Plattenabstand verdoppelt wird.

Erklären Sie, woher diese Energiezunahme kommt.

## 2 Kondensatormikrofon

In der Bühnen- und Studiotechnik sind Kondensatormikrofone weit verbreitet. Ein Kondensatormikrofon ist ein geladener luftgefüllter Plattenkondensator. Eine Platte des Kondensators ist als bewegliche Membran ausgeführt. Sie besteht aus einer Metallfolie. Durch die auf die Membran treffenden Schallwellen wird diese ausgelenkt. Die Gegenelektrode wird durch eine massive feststehende Platte gebildet (Bild 2).

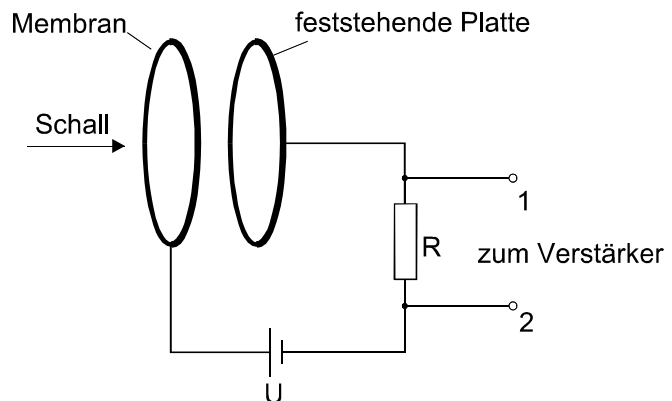


Bild 2

2.1 Erklären Sie anhand der Abbildung das Funktionsprinzip eines Kondensatormikrofons.

2.2 Für ein spezielles Kondensatormikrofon gilt:

|                    |                          |
|--------------------|--------------------------|
| Arbeitswiderstand: | $R = 10 \text{ k}\Omega$ |
| Spannung:          | $U = 40 \text{ V}$       |
| Plattenabstand:    | $d = 0,2 \text{ mm}$     |
| Plattenfläche:     | $A = 10 \text{ cm}^2$ .  |

Berechnen Sie die Ladung auf den Platten.

Die Membran werde in der Zeit  $\Delta t = 0,25 \mu\text{s}$  um die Strecke  $\Delta s = 0,005 \text{ mm}$  nach rechts bewegt.

Berechnen Sie die mittlere Spannung zwischen den Anschlüssen 1 und 2 während der Bewegung.

## 3 Entladen eines Kondensators (Schülerexperiment)

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

### Auftrag

Untersuchen Sie experimentell die Veränderung der Stromstärke beim Entladevorgang eines Kondensators.

### Vorbetrachtungen

Ein Kondensator soll aufgeladen und anschließend über einen Widerstand entladen werden.

- 1 Zeichnen Sie einen geeigneten Schaltplan.
- 2 Für den Entladevorgang gilt, dass nach einer bestimmten Zeit  $t_H$  (Halbwertszeit) die Stromstärke jeweils auf die Hälfte sinkt. Diese Eigenschaft lässt sich durch die Gleichungen  $I = I_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_H} t}$  bzw.  $I = I_0 \cdot e^{-\frac{1}{RC} t}$  beschreiben.

Geben Sie den Einfluss des Widerstandes  $R$  und der Kapazität  $C$  auf den Entladevorgang an. Begründen Sie Ihre Aussagen.

**Ablauf des Experimentes**

Bauen Sie die Schaltung nach Ihrem Schaltplan auf.

Laden Sie den Kondensator auf und entladen Sie ihn über einen Widerstand. Messen Sie die Entladestromstärke in Abhängigkeit von der Zeit.

**Auswertung**

- 1 Stellen Sie Ihre Messwerte in einem  $I(t)$  - Diagramm dar.  
Bestimmen Sie die Halbwertszeit mithilfe des Diagramms.
- 2 Berechnen Sie zur Kontrolle die Halbwertszeit aus den Größen der Bauelemente  $R$  und  $C$ . Diese werden Ihnen von der Lehrkraft mitgeteilt.
- 3 Bestimmen Sie die Entladegeschwindigkeit  $\frac{dI}{dt}$  zur Zeit  $t_H$  und einem weiteren selbst gewählten Zeitpunkt  $t_1$  durch Berechnung des Differenzialquotienten oder mithilfe geeigneter Tangenten an die Entladekurve.  
Begründen Sie die unterschiedlichen Entladegeschwindigkeiten.
- 4 Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

**Thema V1: Der schräge Wurf in der Physik und in der Technik**

- 1 Schräge Würfe werden in der Physik häufig idealisiert und mithilfe einer Wurfparabel beschrieben.

Zeigen Sie, dass die Wurfbahn eines mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  unter dem Winkel  $\alpha$  zur Horizontalen aus der Höhe  $y_0$  schräg nach oben abgeworfenen Körpers mit der Gleichung

$$y(x) = -\frac{g}{2 \cdot v_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + (\tan \alpha) \cdot x + y_0$$

beschrieben werden kann. Gehen Sie dabei von den Teilbewegungen  $x(t)$  und  $y(t)$  aus.

Geben Sie bei Ihrer Herleitung die idealisierten Voraussetzungen an.

- 2 In einer Sporthalle mit einer Deckenhöhe von  $h_{\text{Decke}} = 7,5 \text{ m}$  wird eine Wurfmaschine für Tennisbälle getestet (Bild 1). Der vorher eingestellte Wert für die Abwurfgeschwindigkeit beträgt  $v_0 = 45 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ . Der Abwurfwinkel  $\alpha$  ist frei wählbar. Die Abwurfhöhe des Gerätes wird mit  $h_0 = 40 \text{ cm}$  als konstant angenommen. Für den Test der Genauigkeit wird ein Sensor in einer Höhe  $h_1 = 3,0 \text{ m}$  an der Wand montiert, welcher das Auftreffen des Tennisballs registriert. Der Abwurf erfolgt im Abstand  $s = 6,5 \text{ m}$  von der Wand.

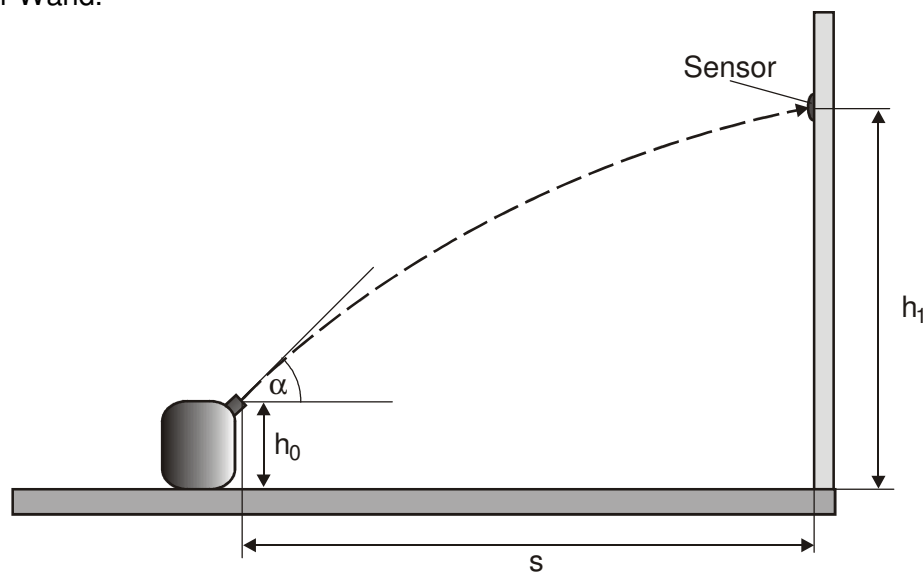


Bild 1

Berechnen Sie den an der Wurfmaschine einzustellenden Abwurfwinkel  $\alpha$ , so dass der Ball den Sensor unter den vorher festgelegten Bedingungen treffen kann.

Nutzen Sie dazu die Beziehung:  $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \tan^2 \alpha$ .



**Thema V2: Die Newton'schen Axiome (Themaufgabe)**

In einem seiner Hauptwerke *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (*Mathematische Prinzipien der Naturphilosophie*) formulierte Isaac Newton seine bekannten Grundsätze der Bewegung – die so genannten Newton'schen Axiome.

Stellen Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die Bedeutung der Newton'schen Axiome innerhalb der Mechanik dar.

Gehen Sie dabei u. a. auf die folgenden Schwerpunkte ein:

- Erläuterung der Newton'schen Axiome anhand geeigneter Beispiele,
- Analyse von Wechselwirkung und Kräftegleichgewicht am vorgegebenen Beispiel (Material).

Material:

Bei einem Experiment wird erst ein mit Wasser gefülltes Glas auf eine Waage gestellt (Bild 1). Danach wird ein Hakenkörper, der an einem Federkraftmesser hängt, so in das Wasser getaucht, dass er den Boden des Glases nicht berührt.

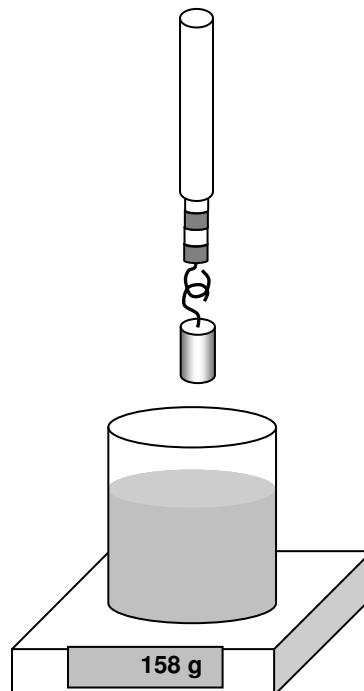


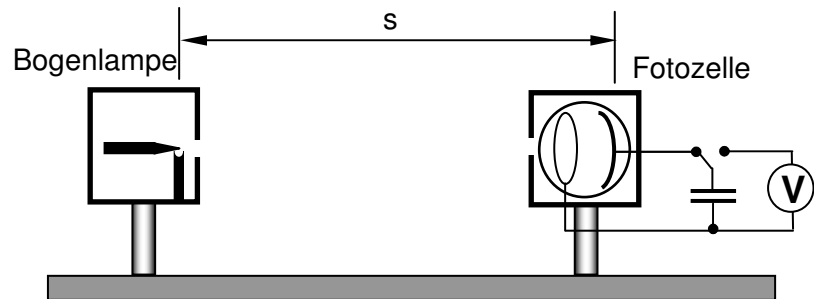
Bild 1

### Thema V3: Experimente zum äußeren lichtelektrischen Effekt

Der deutsche Physiker Phillip Lenard führte im Jahre 1899 mehrere Experimente zur Untersuchung des äußeren lichtelektrischen Effekts durch, die im Folgenden mit heutigen Geräten nachvollzogen werden. Die verwendete Bogenlampe erzeugt einen sehr hellen Lichtbogen zwischen zwei Kohleelektroden.

#### Experiment 1:

Die Barium-Fotозelle wird in einem vorgegebenen Abstand  $s$  aufgestellt. Nach Einschalten der Bogenlampe lädt sich der Kondensator auf (Bild 1). Durch das Umlegen des Kippschalters kann die Endspannung  $U$  am Kondensator ermittelt werden. Das Experiment wird bei veränderten Abständen  $s$  wiederholt.



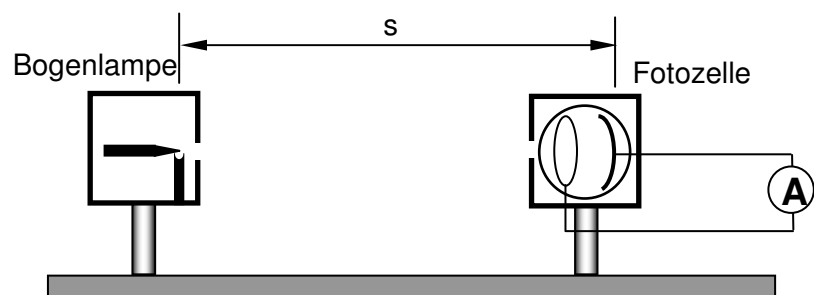
Messwerte:

Bild 1

|         |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|
| s in cm | 2,0  | 3,0  | 5,0  | 7,5  | 10,0 | 20,0 | 30,0 |
| U in V  | 2,70 | 2,73 | 2,72 | 2,69 | 2,74 | 2,71 | 2,73 |

#### Experiment 2:

Die Barium-Fotозelle wird wieder in einem vorgegebenen Abstand aufgestellt. Nach Einschalten der Bogenlampe wird der Fotostrom gemessen (Bild 2). Auch dieses Experiment wird bei veränderten Abständen wiederholt.



Messwerte:

Bild 2

|         |      |      |      |     |      |      |      |
|---------|------|------|------|-----|------|------|------|
| s in cm | 2,0  | 3,0  | 5,0  | 7,5 | 10,0 | 20,0 | 30,0 |
| I in nA | 8710 | 3872 | 1390 | 617 | 348  | 87   | 39   |

Für diese Untersuchung wird angenommen, dass die Beleuchtungsstärke  $E$  sich mit dem Quadrat der Entfernung  $s$  verkleinert:  $E \sim \frac{1}{s^2}$ .

#### Aufgaben:

- 1 Erklären Sie für einen Abstand  $s$ , dass sich der Kondensator beim Experiment 1 bis zu einer bestimmten Spannung auflädt.
- 2 Bestimmen Sie die Frequenz der energiereichsten Photonen, die von der Bogenlampe erzeugt werden.
- 3 Begründen Sie, dass die Messdaten des Experiments 1 nicht mit dem Wellenmodell für das Licht verträglich sind.
- 4 Zeichnen Sie mithilfe der Messwerte des Experiments 2 ein  $I\left(\frac{1}{s^2}\right)$ -Diagramm.

Schließen Sie daraus auf den Zusammenhang zwischen dem Fotostrom  $I$  und der Beleuchtungsstärke  $E$ .

Begründen Sie diesen experimentell gefundenen Zusammenhang auch theoretisch.