



SACHSEN-ANHALT

Kultusministerium

SCHRIFTLICHE ABITURPRÜFUNG 2008

PHYSIK (Leistungskursniveau)

Einlesezeit: 30 Minuten
Bearbeitungszeit: 300 Minuten

Aus jedem Themenblock ist ein Thema auszuwählen und anzukreuzen.

Gewählte Themen:

Themenblock Grundlagen

Thema G1	Äußerer lichtelektrischer Effekt	<input type="checkbox"/>
Thema G2	Erforschung des Weltalls	<input type="checkbox"/>

Themenblock Vertiefungen

Thema V1	Ablenkung von Elektronen	<input type="checkbox"/>
Thema V2	Elektromagnetische Induktion (Themaufgabe)	<input type="checkbox"/>
Thema V3	Modellexperiment zur Geschwindigkeitsverteilung	<input type="checkbox"/>

Unterschrift des Prüflings:

Thema G1: Äußerer lichtelektrischer Effekt

1 Grundlagen

In einem Aufsatz mit dem Titel „Über die Strahlung des Lichtbogens“ schrieb Wilhelm Hallwachs Ende des 19. Jahrhunderts über Experimente mit bestrahlten Metallplatten.

Im Jahr 1887 wurde das klassische und auch nach ihm benannte Experiment zum äußeren lichtelektrischen Effekt durchgeführt. Er bestrahlte dabei eine kurz zuvor geladene polierte Zinkplatte mit Licht und beobachtete ein angeschlossenes, gut geerdetes Elektroskop (Bild 1).

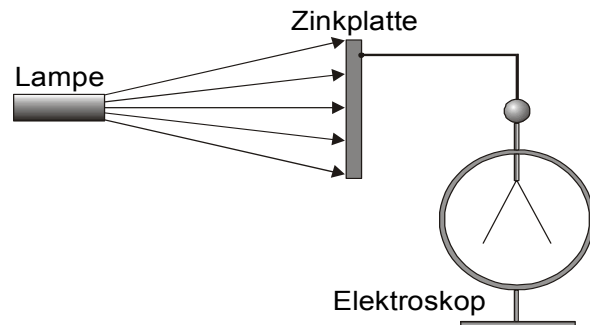


Bild 1

1.1 Einige Experimente zum äußeren lichtelektrischen Effekt werden von zwei Schülern an einem Projekttag in abgewandelter Form noch einmal durchgeführt. Vorher schreiben sie sich die Durchführungen von sechs Telexperimenten auf.

- Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit dem Licht einer handelsüblichen Infrarotlampe bestrahlt.
- Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit grünem Filterlicht bestrahlt.
- Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit dem ultravioletten Licht einer Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt.
- Die Zinkplatte wird negativ aufgeladen und anschließend mit dem Licht einer Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt, wobei sich eine Glasplatte zwischen Lampe und Platte befindet.
- Das Telexperiment (c) wird wiederholt, aber der Abstand zwischen Lampe und Zinkplatte wird deutlich vergrößert.
- Die Zinkplatte wird positiv aufgeladen und anschließend mit dem Licht einer Quecksilberhochdrucklampe bestrahlt.

Notieren Sie die zu erwartenden Beobachtungen am Elektroskop für die einzelnen Telexperimente. Begründen Sie Ihre Aussagen mithilfe des äußeren lichtelektrischen Effekts.

1.2 Zur genaueren Untersuchung des Fotoeffektes werden u. a. Vakuumfotозellen eingesetzt. Es soll davon ausgegangen werden, dass bei den Experimenten monochromatisches Licht verwendet wird.

Beschreiben Sie anhand einer Skizze den Aufbau, die Durchführung und die Auswertung eines Experiments, mit welchem die kinetische Energie der schnellsten Fotoelektronen bestimmt werden kann.

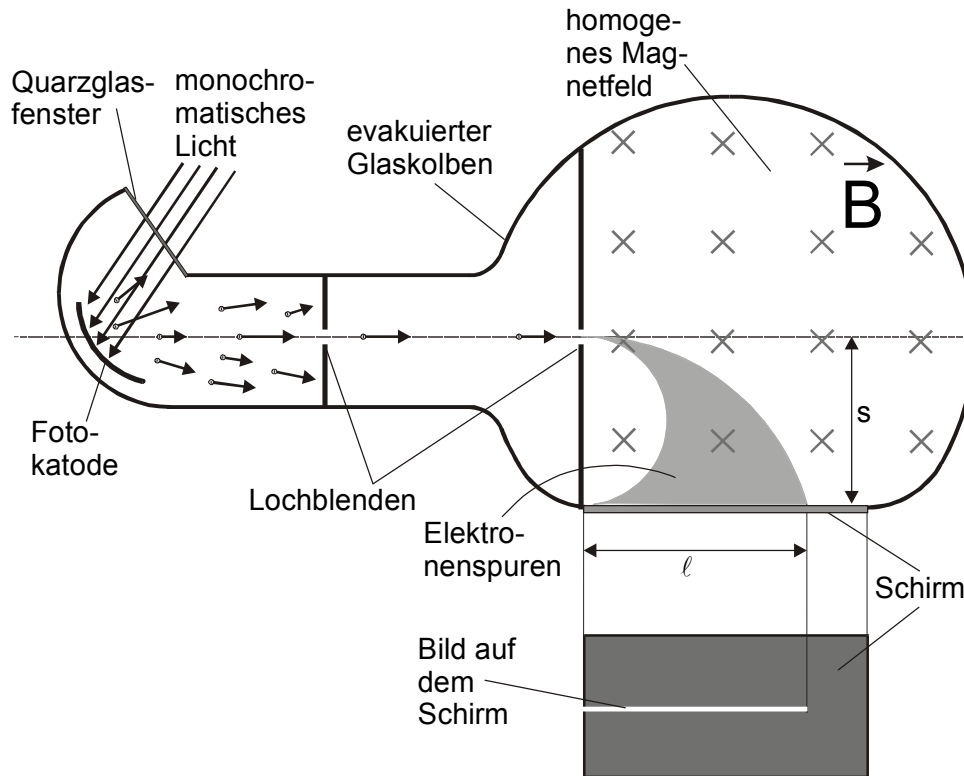
1.3 Die Katode einer Vakuumfotозelle ist mit Kalium bedampft ($W_A = 2,0 \text{ eV}$). Unter Verwendung eines Filters wird diese Katode mit monochromatischem Licht der Wellenlänge $\lambda = 400 \text{ nm}$ bestrahlt.

Berechnen Sie die kinetische Energie und die Geschwindigkeit der energiereichsten Fotoelektronen.

Begründen Sie, dass die Geschwindigkeitsberechnung auf klassischem Weg erfolgen kann.

2 Anwendungen

In einem anderen Experiment wird eine evakuierte Röhre (Bild 2) für weitere Untersuchungen zum Photoeffekt genutzt. Hierbei trifft monochromatisches Licht hoher Intensität auf die Fotokatode. Ein Teil der freigesetzten Photoelektronen gelangt über zwei Lochblenden in ein homogenes Magnetfeld der Flussdichte B und wird auf dem Schirm sichtbar. Dieser ist $s = 4,0 \text{ cm}$ von der Mittelebene entfernt. Die für die auf dem Schirm auftreffenden Elektronen eingezeichneten Spuren sind in der Realität nicht sichtbar. Das Bild auf dem Schirm ist eine Linie, deren Länge ℓ von der Farbe des einfallenden Lichtes abhängig ist.



(Zeichnung nicht maßstabsgerecht)

Bild 2

- 2.1 Erklären Sie das Zustandekommen der Linie auf dem Schirm.
- 2.2 Sind die magnetische Flussdichte B und der Radius r_{\max} des äußeren Kreises der Elektronenspur bekannt, und werden die Masse m sowie die Ladung e der Photoelektronen als konstant vorausgesetzt, so kann daraus die maximale kinetische Energie der Photoelektronen mit der Gleichung $E_{\text{kin,max}} = \frac{e^2 \cdot B^2 \cdot r_{\max}^2}{2 m}$ berechnet werden.

Leiten Sie diese Gleichung her.

Zeigen Sie, dass für diese Anordnung gilt: $r_{\max} = \frac{\ell^2 + s^2}{2 s}$.

- 2.3 Bei einer konkreten Versuchsreihe wird mit einer Flussdichte von $B = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$ gearbeitet. Die zu vorgegebenen Frequenzen f experimentell ermittelten Längen ℓ sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

f in 10^{14} Hz	6,8	7,1	7,4	7,7
ℓ in cm	1,5	2,4	3,0	3,4

Berechnen Sie für die einzelnen Frequenzen die kinetischen Energien der schnellsten Fotoelektronen.

Stellen Sie die Werte in einem $E_{\text{kin, max}}(f)$ - Diagramm graphisch dar.

Bestimmen Sie die Grenzfrequenz, die Austrittsarbeit für die verwendete Fotokatode und das Planck'sche Wirkungsquantum.

(Ergebnis zur Kontrolle: $W_A \approx 2,5 \text{ eV}$)

- 2.4 Ermitteln Sie das Frequenzintervall, für welches aus der Katode zwar Elektronen emittiert werden, aber auf dem Schirm noch kein Bild entsteht.
- 2.5 Entscheiden Sie, wie sich die Länge ℓ des Bildes auf dem Schirm verändern würde, wenn man bei ein und derselben Lichtfarbe
- (a) die Flussdichte bei Benutzung der oben beschriebenen Röhre verkleinert,
 - (b) bei gleicher Flussdichte die ursprüngliche Katode durch Caesium ersetzt.
- Begründen Sie Ihre Entscheidungen.

Thema G2: Erforschung des Weltalls

Die Entdeckungen von Johannes Kepler und Isaac Newton sowie die Erstellung der Grundgleichung des Raketenantriebs durch Konstantin Ziolkowski bildeten wichtige Grundlagen dafür, dass sich Menschen 1969 auf den Weg zum Mond machten. Am 21. Juli 1969 betrat erstmals ein Mensch den Erdtrabanten.

1 Erkundung des Gravitationsfeldes

Unbemannte Messstationen, die sich außerhalb des Mondes befanden, untersuchten u. a. lange vor dem ersten bemannten Mondflug die Gravitationsfeldstärke G^* des Mondes.

1.1 Bei solchen Untersuchungen ergaben sich folgende Messwerte:

Entfernung r vom Mittelpunkt des Mondes in km	1738	1849	1938	2238	2738
G^* in $N \cdot kg^{-1}$	1,62	1,43	1,30	0,98	0,65

Zeichnen Sie ein $G^* \left(\frac{1}{r^2} \right)$ -Diagramm entsprechend der Daten der Tabelle.

Begründen Sie mit dieser Darstellung, dass $G^*(r) = k \cdot \frac{1}{r^2}$ gilt.

Bestimmen Sie die Konstante k aus der grafischen Darstellung.

(Ergebnis zur Kontrolle $k = 4,9 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2}$)

Berechnen Sie aus diesem Ergebnis für k die Masse des Erdmondes.

1.2 Das Diagramm (Bild 1) zeigt idealisiert die Kraftwirkung auf einen Probekörper mit der Masse $m = 1 \text{ kg}$ in Abhängigkeit von seinem Aufenthaltsort zwischen Erde und Mond.

Beschreiben und erklären Sie den Verlauf des Graphen. Gehen Sie dabei auch auf den Punkt P ein.

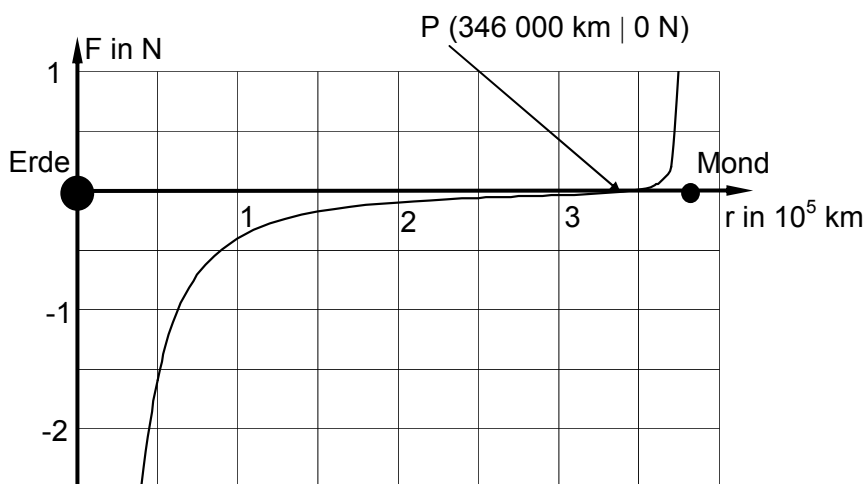


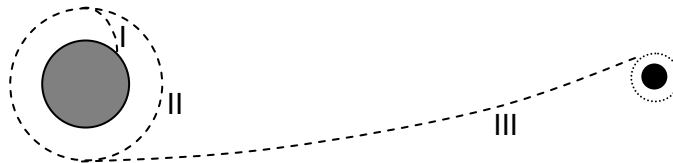
Bild 1

2 Flug zum Mond

Von den drei Astronauten, die sich 1969 in Apollo 11 auf den Weg zum Mond begaben, betrat Neil Armstrong als erster Mensch den Mond, gefolgt von Edwin Aldrin. Während dieser Zeit verblieb Michael Collins im Orbit um den Mond.

- 2.1 Im Bild 2 sind drei Abschnitte des Fluges eines Raumflugkörpers zum Mond dargestellt.

Geben Sie für jeden der Abschnitte I bis III die Bewegungsart an. Entscheiden Sie darüber hinaus, ob in den einzelnen Abschnitten die Triebwerke genutzt werden.



(Zeichnung nicht maßstabsgerecht)

Bild 2

- 2.2 Collins umkreiste in einer Höhe von 111 km den Mond, während die beiden anderen Astronauten mit der Landefähre „Eagle“ den Orbit verließen.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der Collins im Raumschiff in dieser Höhe über der Mondoberfläche den Mond umkreist hat, und die Zeit, die er für eine Mondumkreisung benötigte.

3 Bestimmung der Fallbeschleunigung g (Schülerexperiment)

In dieser Aufgabe ist ein Experiment durchzuführen und auszuwerten. Beantworten Sie dazu die Fragen zur Vorbetrachtung und führen Sie das Experiment durch. Die Auswertung erfolgt nach den angegebenen Vorgaben. Fertigen Sie ein vollständiges Protokoll an.

Auftrag

Bestimmen Sie die Größe der Fallbeschleunigung g an Ihrem Schulort mithilfe eines Fadenpendels.

Vorbetrachtungen

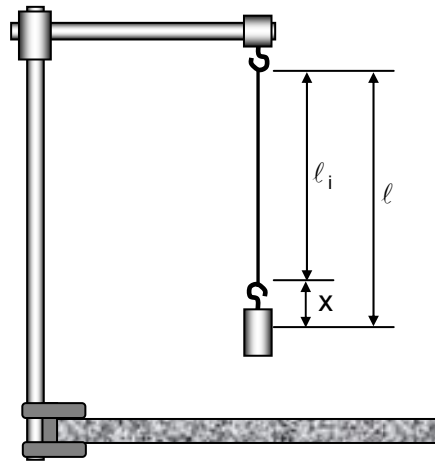
- 1 Begründen Sie, warum an verschiedenen Orten der Erde die Fallbeschleunigung unterschiedliche Werte haben kann.
- 2 Zur Bestimmung der Fallbeschleunigung g kann die Gleichung für die Periodendauer eines Fadenpendels benutzt werden.

Bei der Herleitung dieser Gleichung wurden vereinfachende Annahmen gemacht.

Nennen Sie zwei dieser Annahmen.

Vergleichen Sie den Einfluss der zu messenden Größen auf die Genauigkeit der Bestimmung von g . Begründen Sie Ihre Aussagen.

- 3 Die Länge eines Fadenpendels ℓ lässt sich nur ungenau bestimmen, da der Massenmittelpunkt des Pendelkörpers aufgrund seiner Form schwer zu ermitteln ist. Aus diesem Grund kann man die Berechnung von g unter Berücksichtigung der Differenzen der Fadenlängen ℓ_1 und ℓ_2 sowie der Schwingungsdauern T_1 und T_2 durchführen und die entsprechenden Messungen vornehmen.



Erläuterungen:

x ist der Abstand vom unteren Ende des Fadens bis zum Massenmittelpunkt des Hakenkörpers.

$i = 1; 2$

Bild 3

Zeigen Sie, dass g mit der Gleichung $g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot (\ell_1 - \ell_2)}{T_1^2 - T_2^2}$ berechnet werden kann.

Durchführung des Experiments

- 1 Bauen Sie die Experimentieranordnung entsprechend Bild 3 auf.
- 2 Ermitteln Sie für zwei verschiedene Fadenlängen ℓ_1 und ℓ_2 jeweils die zugehörige Schwingungsdauer T_1 bzw. T_2 . Führen Sie die Messungen mehrfach durch.

Auswertung

- 1 Berechnen Sie aus den Messwerten die Fallbeschleunigung g .
- 2 Vergleichen Sie den von Ihnen ermittelten Wert mit dem Tabellenwert für g .
- 3 Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch.

Thema V1: Ablenkung von Elektronen

1 Elektrisches Feld

In einer Elektronenstrahlröhre, die in Oszilloskopen Verwendung findet, werden Elektronen auf eine Geschwindigkeit v_0 beschleunigt. Sie treten senkrecht zum elektrischen Feld genau in der Mitte der Ablenkplatten ein. Der Leuchtschirm befindet sich $s = 250 \text{ mm}$ hinter den Ablenkplatten (Bild 1).

Daten:

$$v_0 = 6,0 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\ell = 40 \text{ mm}$$

$$d = 48 \text{ mm}$$

$$U_K = 240 \text{ V}$$

Zeigen Sie, dass für die Ablenkung im Kondensator gilt:

$$y = -\frac{e \cdot U_K}{2d \cdot v_0^2 \cdot m_e} x^2.$$

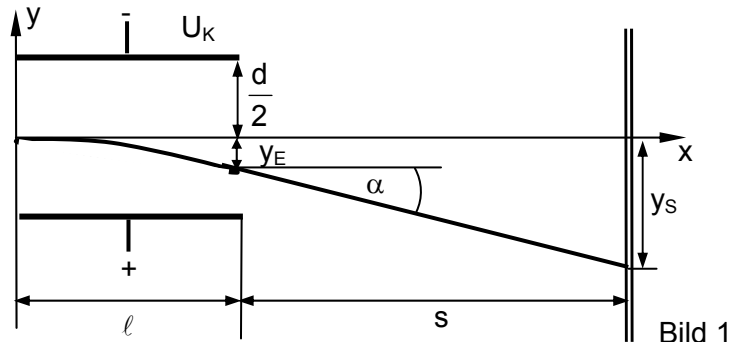


Bild 1

Berechnen Sie die Strecke y_E , um die der Elektronenstrahl zur Horizontalen abgelenkt wird, und den Austrittswinkel α .

(Ergebnis zur Kontrolle: $y_E = -19,5 \text{ mm}$, $\alpha = -44,3^\circ$)

2 Magnetisches Feld

Bei einer Elektronenstrahlröhre eines Fernsehgerätes erfolgt die Ablenkung des Elektronenstrahls in einem eng begrenzten homogenen Magnetfeld der magnetischen Flussdichte B .

In einem konkreten Fall werden Elektronen im elektrischen Feld zwischen Katode und Anode auf die Geschwindigkeit $v_0 = 6,0 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ beschleunigt. Sie treten anschließend genau senkrecht in das Magnetfeld der Breite $b = 40 \text{ mm}$ ein (Bild 2).

Berechnen Sie die Flussdichte B , die notwendig ist, damit der Elektronenstrahl mit der Geschwindigkeit v_0 um die Strecke $y_B = -19,5 \text{ mm}$ abgelenkt wird.

Bestimmen Sie den Winkel β zur Horizontalen, unter dem der Elektronenstrahl das Magnetfeld verlässt. (Ergebnis zur Kontrolle: $\beta = -51,9^\circ$)

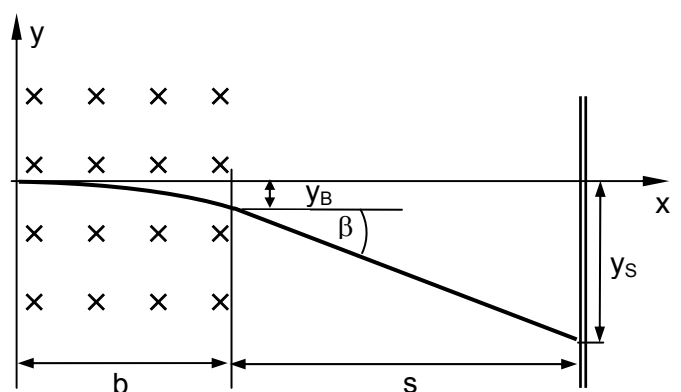


Bild 2

3 Vergleich

Diskutieren Sie für die Bedingung $y_E = y_B$ das Ablenkvermögen durch die elektrischen bzw. magnetischen Felder in Elektronenstrahlröhren unter Einbeziehung der Ergebnisse der Aufgaben 1 und 2 bezüglich der Größe der Bildschirme und der Röhrenlänge.

Thema V2: Elektromagnetische Induktion (Themaufgabe)

Michael Faraday (1791-1867) gehört zu den bedeutenden Physikern des 19. Jahrhunderts. Fasziniert wiederholte er Oersteds Versuch, bei dem sich gezeigt hatte, dass elektrischer Strom eine Magnetnadel ablenkt, und suchte mit viel Geduld nach dessen Umkehrung. In seinem Tagebuch soll sein Ziel durch die Worte „Verwandle Magnetismus in Elektrizität.“ beschrieben worden sein. Es gelang ihm 1831. Seine Erkenntnisse über die Vorgänge, denen er den Namen Induktion gab, gehören bis heute zu den wichtigsten Gesetzmäßigkeiten in der Physik.

Erläutern Sie in einer sprachlich geschlossenen und zusammenhängenden Form die Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten der elektromagnetischen Induktion.

Gehen Sie dabei u. a. auf folgende Schwerpunkte ein:

- Induktionsgesetz in qualitativer und quantitativer Form,
- Lenz'sches Gesetz,
- Selbstinduktion,
- Wirbelströme.

Beziehen Sie in Ihre Erläuterungen gegebenenfalls geeignete Experimente ein.

Thema V3: Modellexperiment zur Geschwindigkeitsverteilung

Bei der kinetisch-statistischen Betrachtungsweise in der Thermodynamik sind Kenntnisse über Teilchengeschwindigkeiten bzw. Geschwindigkeitsverteilungen bedeutsam. Diese lassen sich u. a. aus Real- sowie aus Modellexperimenten gewinnen. Im Folgenden wird ein Modellexperiment beschrieben.

Durchführung:

In das dargestellte Gerät (Bild 1) werden eine bestimmte Anzahl N gleichartiger kleiner Stahlkugeln gefüllt, die das Modellgas darstellen. Mittels einer beweglichen Bodenplatte wird den Kügelchen periodisch Energie zugeführt, die sie in ungeordnete Bewegungen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten versetzt. Im quaderförmigen Behälter befindet sich seitlich eine kleine Öffnung. Durch diese können die Kugeln nach außen gelangen.

Die Bewegung der austretenden Kugeln wird als waagerechter Wurf betrachtet.

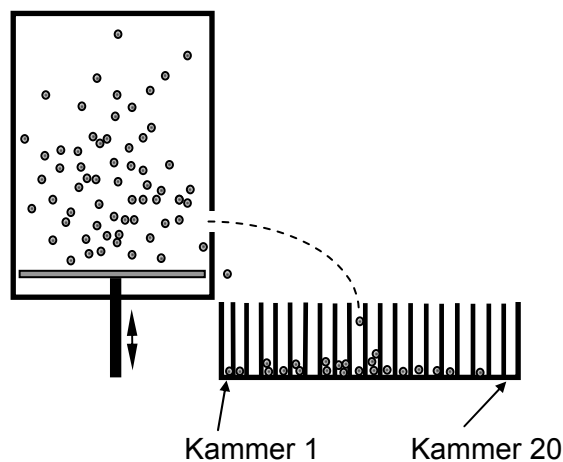


Bild 1

Die Wurfweite wird mit einer sektorenförmigen Auffangvorrichtung, die in zwanzig kreisringförmige Kammern mit gleicher Kammerbreite d aufgeteilt ist, ermittelt. Für jede Kammer wird die Anzahl N_i der aufgefangenen Kugeln bestimmt.

Aus der Höhe h (Abstand zwischen Öffnung und Oberkante der Auffangvorrichtung) und der Wurfweite in x -Richtung lässt sich die zugehörige Geschwindigkeit berechnen (Bild 2).

Während des Versuchs werden die Frequenz des Erregermechanismus sowie die Gesamtzahl N der Kugeln im Behälter konstant gehalten.

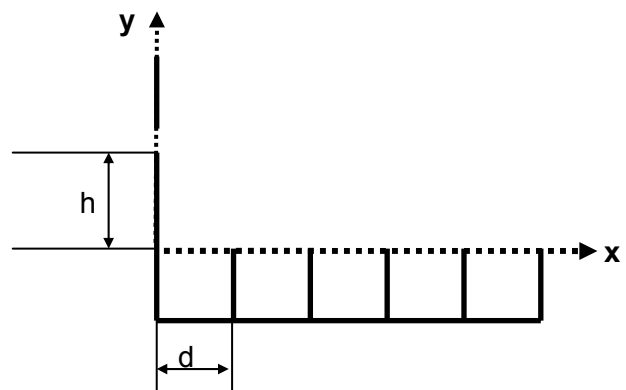


Bild 2

Messwerte:

Kammer Nr. i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Anzahl N_i	14	38	69	81	80	84	74	55	39	35
Kammer Nr. i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Anzahl N_i	31	27	16	13	10	11	8	7	5	3

Anzahl der aufgefangenen Kugeln $N_{\text{ges}} = 700$, $h = 4$ cm, $d = 1$ cm

Masse einer Kugel: $m = 0,2$ g

Aufgaben:

- 1 Zeichnen Sie ein $N_i(i)$ - Streifendiagramm (Histogramm).
- 2 In der Tabelle ist der Zusammenhang zwischen dem Auftreffort (Kammernummer) und der Austrittsgeschwindigkeit dargestellt.

Nr. i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
v_i in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	0,06	0,17	0,28	0,39	0,50	0,61	0,72	0,83	0,94	1,05
Nr. i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
v_i in $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	1,16	1,27	1,38	1,49	1,61	1,72	1,83	1,94	2,05	

- 2.1 Zeigen Sie, dass für die Berechnung der Geschwindigkeiten v_i die Gleichung $v_i = \left(\frac{d}{2} + (i-1)d\right) \cdot \sqrt{\frac{g}{2h}}$ gilt, wenn davon ausgegangen werden soll, dass die Kugeln nach dem waagerechten Wurf genau in der Kammermitte auftreffen.
Berechnen Sie die in der Tabelle noch fehlende Geschwindigkeit.
- 2.2 Stellen Sie die Geschwindigkeitsverteilung $N(v)$ in einem Diagramm dar.
Beschreiben Sie den Zusammenhang zwischen N und v mithilfe des Graphen.
Bestimmen Sie für dieses Experiment aus den Messwerten die wahrscheinlichste Teilchengeschwindigkeit und die mittlere kinetische Energie der Teilchen.
- 3 Erläutern Sie anhand zweier Versuchsbedingungen, wie Grundannahmen des idealen Gases bei diesem Modellexperiment möglichst gut erfüllt werden können.