

## Arbeit A

### Aufgabe 1 Wurfbewegungen

1. Eine Stahlkugel der Masse  $m = 0,20\text{kg}$  befindet sich in der Anfangshöhe  $h_0 = 4,0\text{m}$  über einer horizontal gelagerten Stahlplatte. Folgende vier Gedankenexperimente werden durchgeführt.

Versuch 1: Die Kugel fällt frei nach unten.

Versuch 2: Die Kugel wird mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_1 = 6,0\text{m/s}$  aus der Anfangshöhe senkrecht nach unten geworfen.

Versuch 3: Die Kugel wird mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_2 = 6,0\text{m/s}$  aus der Anfangshöhe senkrecht nach oben geworfen.

Versuch 4: Die Kugel wird mit der Anfangsgeschwindigkeit  $v_3 = 6,0\text{m/s}$  aus der Anfangshöhe waagrecht abgeworfen.

- a) Mit welcher Endgeschwindigkeit trifft die Kugel in den Versuchen 1 bis 3 auf die Stahlplatte?

Vergleichen Sie die Endgeschwindigkeiten von Versuch 2 und 3, und interpretieren Sie das Ergebnis!

Wie hoch springt die Kugel in Versuch 1 nach dem ersten Aufprall zurück, wenn dabei 15% der Energie in Wärme umgewandelt wird?

- b) Berechnen Sie die Koordinaten von mindestens sechs Bahnpunkten der Wurfparabel aus Versuch 4!

Stellen Sie die Parabel in einem geeigneten Diagramm dar!

Wie weit ist der Auftreffpunkt der Kugel im Versuch 4 von dem in Versuch 1 entfernt?

Berechnen Sie den Betrag der Geschwindigkeit, den die Kugel beim Auftreffen in Bewegungsrichtung besitzt!

2. Für den waagerechten Wurf kann die Bahnkurve auch experimentell aufgenommen werden.

Beschreiben Sie eine mögliche Meßanordnung und das Verfahren anhand einer Skizze!

## Aufgabe 2 Mechanische Wellen

1. Definieren Sie den Begriff mechanische Welle!

Stellen Sie eine harmonische Welle ( $\hat{y} = 2,5\text{cm}$ ,  $f = 0,75\text{Hz}$ ,  $v = 0,40\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

jeweils in einem  $y(t)$ - und einem  $y(x)$ -Diagramm dar!

Berechnen und kennzeichnen Sie Schwingungsdauer und Wellenlänge!

Zeigen Sie, daß die Gleichung für die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle aus der Definition der Geschwindigkeit folgt!

2.a) Nennen Sie drei Phänomene, die bei der Ausbreitung mechanischer Wellen beobachtet werden können! Erläutern Sie ein Phänomen!

b) Ein Lautsprecher ist dicht über der Luftsäule eines Standzylinders befestigt. Die Frequenz der Lautsprecherschwingung kann bei gleicher Amplitudeneinstellung stufenlos von 20 Hz auf 1000 Hz vergrößert werden. Man nimmt bei einer bestimmten Frequenz erstmals einen deutlich lauterem Ton wahr.



Abb. 1

Erklären Sie die beobachtete Erscheinung!

Berechnen Sie diese Frequenz, wenn der Standzylinder 28,0cm hoch ist und die Schallgeschwindigkeit 330m/s beträgt!

3. Für die Grundfrequenz  $f$  einer schwingenden Gitarrensaite gilt die Gleichung

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{F}{\rho \cdot A}}$$

a) Berechnen Sie die Spannkraft  $F$ , die erforderlich ist, um eine Saite aus Stahl (Dichte  $\rho = 7,83\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) mit dem Durchmesser  $d = 0,510\text{mm}$  und der Länge  $l = 0,628\text{m}$  auf den Ton g ( $f = 196\text{Hz}$ ) zu stimmen!

b) Interpretieren Sie die Gleichung!

**Aufgabe 3 Es ist eine der drei folgenden Aufgaben 3.1 bis 3.3 zu bearbeiten!****Aufgabe 3.1. Kernphysik**

1. Kerne des Radiumisotops Ra-226 zerfallen spontan unter Aussendung von  $\alpha$ -Teilchen und  $\gamma$ -Strahlung. Es werden  $\alpha$ -Teilchen der kinetischen Energie  $E = 4,781\text{MeV}$  registriert.

Masse des Radiumnuklids Ra-226	225,97713u
Masse des Folgekerns	221,97039u
Masse des $\alpha$ -Teilchens	4,00151u
atomare Masseneinheit u	$1,660552 \cdot 10^{-27}\text{kg}$

- a) Stellen Sie die Zerfallsgleichung auf!
- b) Zeigen Sie rechnerisch, daß die kinetische Energie eines  $\alpha$ -Teilchens annähernd aus der Energiebilanz des Zerfalls folgt!  
Wie kann die Differenz zum Meßwert  $E = 4,781\text{MeV}$  erklärt werden?
2. Ein Hersteller radioaktiver Präparate muß gewährleisten, daß jedes Präparat zum Zeitpunkt der Auslieferung eine vorgeschriebene Aktivität besitzt. Für einen Na-22-Strahler beträgt diese  $A = 74\text{kBq}$ . Das Natriumisotop sendet beim Zerfall  $\beta^+$ - und  $\gamma$ -Strahlung aus und hat eine Halbwertszeit von 2,2 Jahren. Mit einem Zählrohr wird direkt an der Öffnung der Strahlenquelle eine mittlere Zählrate von  $\bar{Z}_1 = 2400\text{s}^{-1}$  gemessen.
- a) Vergleichen Sie die physikalischen Größen Aktivität und Zählrate!
- b) Begründen Sie anhand des Aufbaus (Schnittdarstellung in Abb. 2 nicht maßstäblich) eines solchen radioaktiven Präparates, warum die gemessene Zählrate stark unter der Aktivität liegen muß!

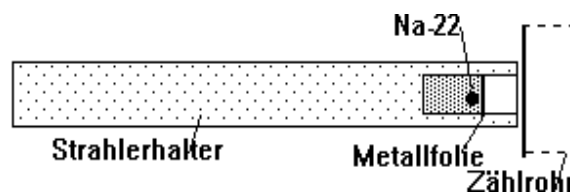
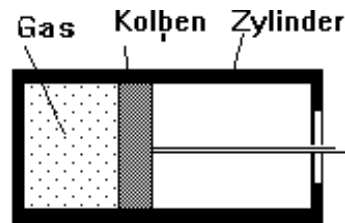


Abb. 2

- c) Neben dem neugelieferten Präparat existiert noch gleiches, das aber älter ist. Bei diesem mißt man unter gleichen Bedingungen eine mittlere Zählrate von  $\bar{Z}_2 = 350\text{s}^{-1}$ .  
Wie alt ist dieses zweite Präparat etwa?

### Aufgabe 3.2. Thermodynamik



1. In einem von der Umgebung thermisch isolierten Zylinder befindet sich Helium ( $M_{\text{He}} = 4,0\text{g/mol}$ ), das als ideales Gas betrachtet wird. Bei einer Temperatur  $\vartheta = 30^\circ\text{C}$  und dem Druck  $p = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  beträgt das Volumen  $V = 2,0\text{dm}^3$ . Der Kolben ist festgestellt.
  - a) Nennen Sie die Merkmale des Modells ideales Gas!
  - b) Ermitteln Sie die Teilchenzahl  $N$  und die Masse  $m$  des eingeschlossenen Gases!
  - c) Die mittlere Geschwindigkeit der Gasteilchen kann mit der Gleichung  $\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot p \cdot V}{m}}$  berechnet werden. Leiten Sie diese aus der Grundgleichung der kinetischen Gastheorie her! Skizzieren Sie den Graphen  $\bar{v}(p)$  der beschriebenen Gasmenge im Intervall  $1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa} \leq p \leq 3,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ !
  - d) Welche Wärme muß dem Gas zugeführt werden, damit seine Temperatur um 10K steigt?
2. Die Arretierung des Kolbens wird nun gelöst. Der Kolben kann sich reibungsfrei bewegen.
 

Berechnen Sie die unter dieser Bedingung notwendige Wärme für einen Temperaturanstieg um 10K unter den Ausgangsbedingungen der Teilaufgabe 1!

Vergleichen Sie mit der in Teilaufgabe 1.d berechneten Wärme, und erklären Sie den Unterschied!

### Aufgabe 3.3 Spezielle Relativitätstheorie

1. In einem Teilchenbeschleuniger werden Protonen durch elektrische Felder auf die Geschwindigkeit  $v = 0,999997c$  beschleunigt.
- Geben Sie die relativistische Masse eines Protons als Vielfaches seiner Ruhemasse an!
  - Berechnen Sie die relativistische Gesamtenergie eines solchen Protons in GeV!
2. Bei einem Experiment wird der Protonenstrahl auf ein Target<sup>1</sup> gelenkt. Dabei entstehen sehr kurzlebige Elementarteilchen, die sogenannten  $\pi$ -Mesonen oder Pionen. Die Eigenschaften der Pionen werden in einer Blaskammer untersucht, die in einer Entfernung  $s = 60,0\text{m}$  vom Target aufgestellt ist. Die Tabelle enthält die zur Zeit  $t'$  im Eigensystem  $S'$  der Pionen gemessene Anzahl  $N$  der noch unzerfallenen Pionen.

$t'$ in ns	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200
$N$ in %	100	77	58	45	34	26	20	16	12	9	7	0,5

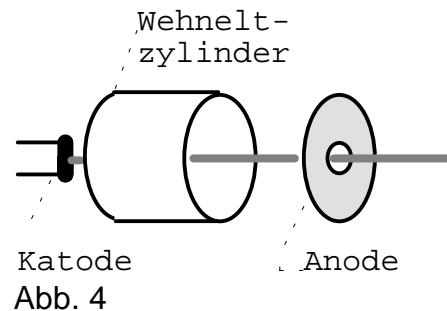
- Zeichnen Sie das entsprechende  $N(t')$ -Diagramm!  
Entnehmen Sie dem Diagramm die Halbwertszeit  $T'_{1/2}$  der Pionen, und erläutern Sie diese Angabe!
- In welcher Zeit  $t$  durchfliegen Pionen der Geschwindigkeit  $v = 0,995c$  die Strecke zwischen Target und Blaskammer im Laborsystem  $S$ ?  
Welcher prozentuale Anteil der Pionen könnte die Blaskammer dann etwa erreichen?
- Im Experiment erreichen ca. 50% der Pionen die Blaskammer.  
Zeigen Sie, daß ein relativistischer Ansatz diesen Wert ebenfalls liefert!

<sup>1</sup> Target (engl.: Zielscheibe): Substanz, auf die energiereiche Strahlung gelenkt wird, um in ihr Kernreaktionen zu erzielen

## Arbeit B

### Aufgabe 1 Elektronen in elektrischen und magnetischen Feldern

1. Elektronenstrahlsysteme werden vielfältig, u.a. bei Fernseh-, Monitor- und Oszillographenbildröhren, angewandt. Die Abbildung 4 zeigt das Prinzip der Strahlerzeugung in einer solchen Vakuumröhre.



Zwischen Katode und Anode, die hier einen Abstand von  $s = 8,0\text{cm}$  haben, besteht eine Spannung von  $U_B = 4,0\text{kV}$ .

- a) Erläutern Sie eine Möglichkeit, Elektronen aus dem Katodenmaterial freizusetzen!
- b) Das elektrische Feld zwischen Katode und Anode wird als homogen angesehen. Berechnen Sie die auf ein Elektron wirkende Kraft sowie die Geschwindigkeit, mit der das Elektron die Anode durchfliegt!
2. Elektronen eines Strahls sollen in einer Oszillographenröhre senkrecht zur Feldrichtung mittig in das homogene elektrische Feld eines horizontal angeordneten Ablenkplattenpaares (Plattenabstand  $d = 1,5\text{cm}$ , Länge  $l = 3,0\text{cm}$ ) mit der Geschwindigkeit  $v = 5,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  eintreten.
- a) Skizzieren Sie die Ablenkanordnung!
- b) Berechnen Sie die Zeit, die ein Elektron für die Durchquerung des Plattenpaares ohne Ablenkbild benötigt!
- c) Das Elektron soll nun im elektrischen Feld so nach oben abgelenkt werden, daß es das Plattenpaar  $5,0\text{mm}$  von der Mittellinie entfernt verläßt. Tragen Sie in Ihre Skizze die Polung der Ablenkspannung, die Feldlinien und die Bahnkurve ein! Berechnen Sie die Komponente der Geschwindigkeit des Elektrons am Ende des Plattenpaares parallel zu den Feldlinien! Welche elektrische Feldstärke ist für diese Ablenkung erforderlich?
3. Bei Fernsehbildröhren erfolgt die Ablenkung in magnetischen Feldern. Wir betrachten einen Strahl aus Elektronen der Geschwindigkeit  $v = 5,0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ , der ein homogenes magnetisches Feld der Flußdichte  $B$  und der Breite  $b = 3,0\text{cm}$  senkrecht zur Feldrichtung passiert.
- a) Berechnen Sie die erforderliche Flußdichte für eine Ablenkung um den Winkel  $\alpha = 5,0^\circ$ , wenn dafür die Gleichung  $\sin \alpha = \frac{e \cdot b \cdot B}{m_e \cdot v}$  gilt!
- b) Erklären Sie die Ablenkung der Elektronen im Magnetfeld!

## Aufgabe 2 Wellenoptik (mit Schülerexperiment)

1. Erläutern Sie anhand der Skizze einer geeigneten Experimentieranordnung die physikalische Erscheinung der Interferenz durch Beugung an einem Doppelspalt! Gehen Sie auch auf erforderliche Bedingungen ein!
2. Bestimmen Sie experimentell die Wellenlänge von rotem und von blauem Filterlicht mit Hilfe eines Doppelkeilspaltes!

Für das Schülerexperiment wird Ihnen die nachfolgend beschriebene Meßanordnung zur Verfügung gestellt.

Wenn man den mit monochromatischem Licht durchleuchteten Doppelkeilspalt aus größerer Entfernung direkt durch ein optisches Gitter betrachtet, kann man in der Ebene des Doppelkeilspaltes Interferenzfiguren, ähnlich denen der Abbildung 5, wahrnehmen. Das Interferenzbild entsteht hierbei im Auge.

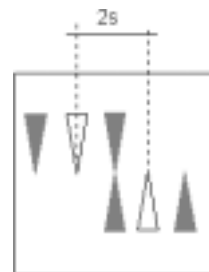


Abb. 5

Man verschiebt nun das Gitter entlang der optischen Achse bis sich die Maxima 1. Ordnung der beiden Spaltbilder, wie in der nebenstehenden Abbildung 5 dargestellt, genau gegenüberstehen. Die Entfernung von Gitter und Doppelkeilspalt ist  $e$ , der Abstand der Originalkeile  $2s$  und es gilt

$$\frac{\lambda}{b} = \frac{s}{e}$$

( $b$  ...Gitterkonstante, wird vorgegeben)

Fertigen Sie dazu ein Meßprotokoll an, das eine Skizze der Experimentieranordnung mit dem Eintrag der zu messenden Größen, erforderliche Meßwerttabellen und die Auswertung enthält! Wiederholen Sie die Messungen mehrfach, und nehmen Sie eine geeignete Mittelwertbildung vor!

**Aufgabe 3** Es ist eine der auf Seite 3, 4 und 5 aufgeführten Aufgaben 3.1 bis 3.3 zu bearbeiten!