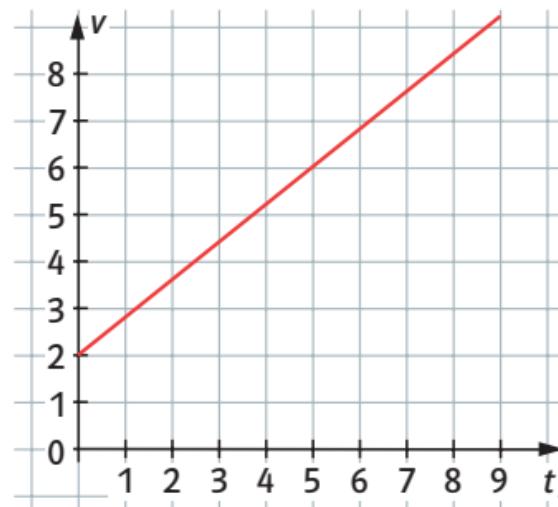


Bei Bewegungen unterscheidet man zwischen der gleichförmigen und der gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Im folgenden t - v -Diagramm ist eine dieser Bewegungsarten dargestellt.



1. Um welche Art der Bewegung handelt es sich und welche Eigenschaften hat sie?
2. Stellen Sie das zum Diagramm gehörende Zeit-Geschwindigkeit-Gesetz auf.
3. Zeichnen Sie das zugehörige t - a -Diagramm.
4. Wie kann ein mögliches t - s -Diagramm aussehen?



Ein Stein fällt aus der Ruhe in einen 100 m tiefen Brunnen.

1. Nach welcher Zeit kommt er am Boden an und welche Geschwindigkeit hat er unmittelbar vor dem Aufschlag?
2. Nach welcher Zeit hört man den Stein am Boden auftreffen? (Schallgeschwindigkeit $t = 330 \text{ m/s}$).
3. Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Stein auf dem Boden auf, wenn man ihn mit 15 m/s nach unten abwirft ?



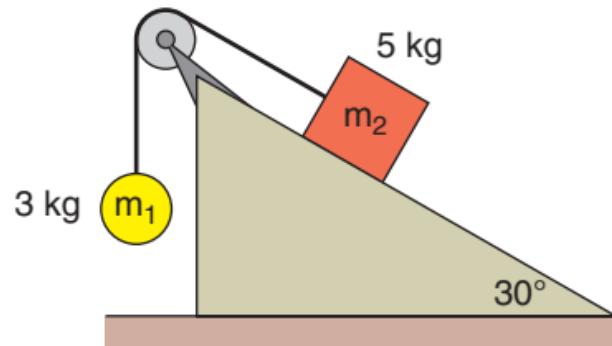
Eine Kugel der Masse $m = 7\text{ kg}$ wird vom Boden aus mit einer Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 12\text{ m/s}$ schief abgeworfen. Nach einer Flugzeit von $1,6\text{ s}$ trifft sie wieder auf den Boden. (Vom Luftwiderstand ist abzusehen.)

1. Unter welchem Winkel wurde die Kugel abgeworfen?
2. Wie weit wurde die Kugel geworfen?
3. Wie hoch ist die Kugel geflogen?



Auf einer schießen Ebene mit einem Neigungswinkel von 30° befindet sich ein Körper der Masse $m_2 = 5 \text{ kg}$. Durch einen Faden, der über eine Rolle geführt wird, ist er mit einem zweiten Körper der Masse $m_1 = 3 \text{ kg}$ verbunden. Zunächst befinden sich beide Körper in Ruhe.

1. Welche Kräfte wirken auf die beiden Körper? Zeichnen Sie für jeden Körper ein Kräfteparallelogramm.
2. In welche Richtung bewegen sich die beiden Körper, wenn man von Reibungskräften absieht?
3. Wie verändert sich die Bewegung der beiden Körper, wenn man Reibungskräfte mit einbezieht? Die Haftreibungszahl sei 0,1.

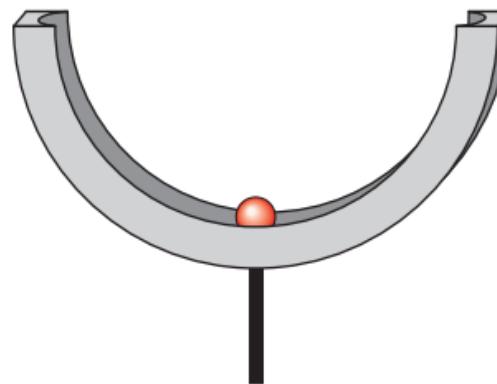


?

Bei einer Kugelschwebe handelt es sich um eine halbkreisförmige Rinne mit einem Radius von 15 cm. In ihr befindet sich eine Holz- oder Metallkugel.

Dreht man die Rinne langsam um ihre eigene Achse, so bleibt die Kugel am tiefsten Punkt liegen. Versetzt man sie dagegen in schnelle Rotation, so steigt die Kugel in der Rinne empor und bleibt an der Wand in einer Höhe liegen.

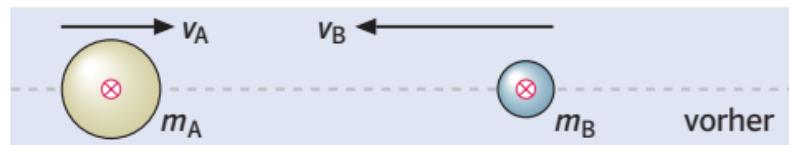
1. Welche Kräfte wirken auf die Kugel?
2. Warum bleibt die Kugel bei schneller Rotation auf einer Höhe h liegen?
3. Wovon hängt die Steighöhe ab?
Leiten Sie eine Beziehung her.



?

Wenn zwei Körper zentral zusammenstoßen, so kann dies auf zwei Arten passieren.
Der Stoß kann elastisch oder unelastisch sein.

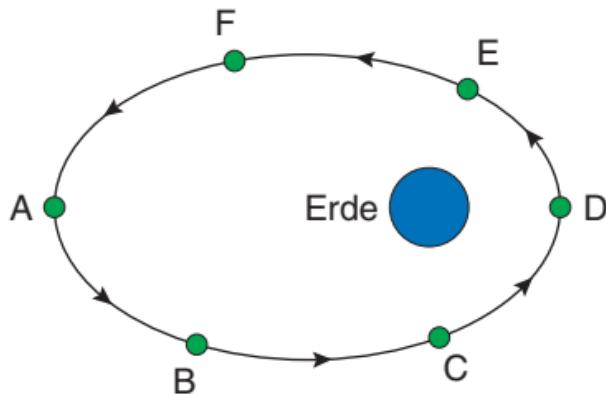
1. Worin unterscheiden sich der zentrale elastische und unelastische Stoß?
2. Die beiden Körper der Masse m_A und m_B stoßen mit den Geschwindigkeiten v_A und v_B zentral elastisch zusammen. Wie bewegen sich die beiden Körper nach dem Stoß und wie groß ist dann ihre Geschwindigkeit?



3. Wie verändert sich die Formel, wenn zwei gleich schwere Körper aufeinander treffen?



Auch Satelliten bewegen sich auf elliptischen Bahnen um die Erde, wobei die Erde in einem Brennpunkt der Ellipse steht.

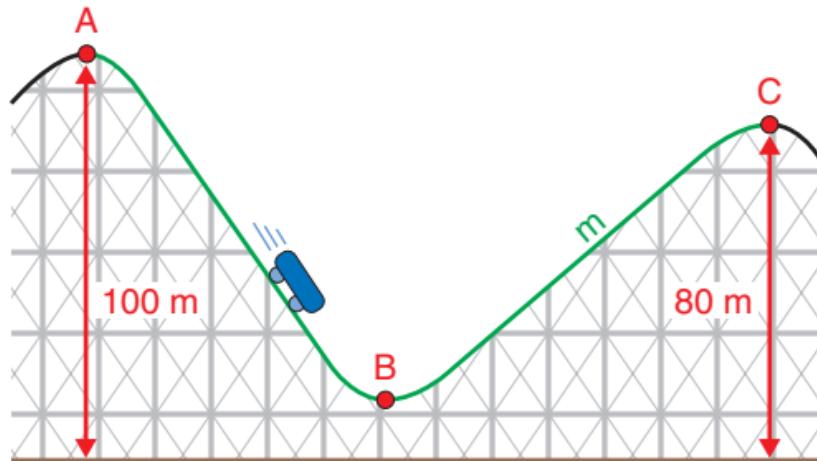


1. Zeichnen Sie für die verschiedenen Bahnpositionen die Gravitationskraft ein.
2. Welche Kraftkomponente ist für die Änderung des Betrages und welche für die Änderung der Richtung der Geschwindigkeit des Satelliten verantwortlich?
Auf welcher Strecke wird der Satellit schneller, auf welcher langsamer ?



Die Abbildung zeigt die Achterbahnhfahrt eines Waggons der Masse $m = 400 \text{ kg}$.
Im Punkt A startet die Fahrt, dort hat der Waggon die Geschwindigkeit $v = 0$.
Im Punkt C endet die Fahrt.

1. Welche mechanischen Energieformen treten bei dieser Fahrt auf?
Beschreiben Sie die Umwandlung der Energieformen ineinander, wenn man annimmt, dass der Waggon reibungsfrei fährt.
2. Welche Geschwindigkeit hat der Waggon in den Punkten B und C?



?

Alle Körper enthalten elektrische Ladung, positive und negative.

1. Wie kann man diese elektrische Ladung nachweisen? Nennen Sie zwei Beispiele.
2. Was bedeutet, wenn man sagt: „Ein Körper ist elektrisch neutral“ ?
3. Worin liegt der Unterschied beim Ausgang des folgenden Versuches?
 - a) Wir nähern einem ungeladenen Elektroskop einen positiv geladenen Körper. (Abb. 1)
 - b) Wir berühren ein ungeladenes Elektroskop mit einem positiv geladenen Körper. (Abb. 2)

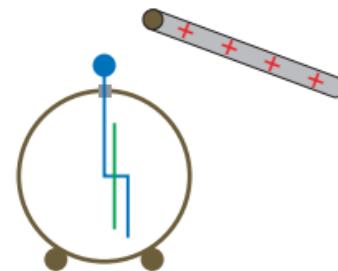


Abb. 1

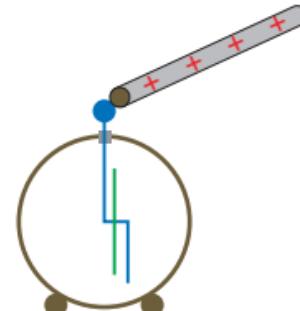


Abb. 2

?

Jeder elektrisch geladene Körper ist von einem elektrischen Feld umgeben.

1. Nennen Sie eine Möglichkeit, wie man Feldlinien sichtbar machen kann.
2. Zeichnen Sie die Feldlinienbilder zwischen den beiden Punktladungen:



3. Berechnen Sie die elektrische Feldstärke einer geladenen Kugel mit der Ladung $Q = 5\text{nC}$ und einem Durchmesser von 5 cm.

Zusatzinfo: Elektrische Feldkonstante $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-2} \frac{\text{C}^2}{(\text{N} \cdot \text{m}^2)}$



Will man elektrische Ladungen trennen, so muss man elektrische Arbeit aufbringen. Um eine Ladung $Q = 1\text{mC}$ vom Ort A zum Ort B zu transportieren, ist die elektrische Arbeit $E_{AB} = 2\text{J}$ notwendig.

1. Wie groß ist die elektrische Spannung zwischen den beiden Punkten A und B?
2. Am Ort A beträgt die potentielle Energie $E_A = 8\text{ J}$. Wie groß ist sie am Ort B?
3. Um die Ladung von A nach B zu transportieren, braucht man die Zeit $t = 10\ \mu\text{s}$. Welche Leistung muss dazu aufgebracht werden ?



Ein Kondensator ist ein elektrisches Bauteil, das elektrische Ladung und elektrische Energie speichern kann. Die Größe, die angibt, wie viel elektrische Ladung bzw. Energie der Kondensator speichern kann, nennt man die Kapazität des Kondensators.

1. Wovon hängt die Kapazität eines Plattenkondensators ab?
2. Ein Plattenkondensator ist mit einer Gleichspannungsquelle verbunden. Nun wird der Plattenabstand auf das n -Fache vergrößert.

Wie ändert sich die Kapazität C , der Betrag der Ladung Q , die Spannung U und die Feldstärke E zwischen den Platten, wenn die Vergrößerung des Plattenabstandes bei

- a) angeschlossener Spannungsquelle,
 - b) abgetrennter Spannungsquelle
- erfolgt ?



Kondensatoren können wie Widerstände parallel oder in Reihe geschalten werden.
Gegeben sind drei Kondensatoren gleicher Kapazität.

1. Welche Möglichkeiten der Schaltung dieser drei Kondensatoren gibt es?
Skizzieren Sie ihre Möglichkeiten.
2. Berechnen Sie für jede der Möglichkeiten die Gesamtkapazität.



Elektronen erfahren im elektrischen Feld eine Kraft. Diese Kraft wirkt auf die Elektronen unterschiedlich, je nachdem, ob sie parallel oder senkrecht zu den Feldlinien eintragen.

1. Wie kann man im Vakuum freie Elektronen erzeugen?
2. Wie bewegt sich ein Elektron, wenn es parallel zu den Feldlinien in ein elektrisches Feld eintritt?
3. Wie bewegt sich ein Elektron, wenn es senkrecht zu den Feldlinien in ein elektrisches Feld eintritt?
4. An einem Plattenkondensator mit dem Plattenabstand $d = 1\text{ cm}$ liegt die Spannung $U = 50\text{ V}$. Nun tritt ein Elektron mit der Geschwindigkeit $v_0 = 1 \cdot 10^7\text{ m/s}$ senkrecht zu den Feldlinien in den Plattenkondensator ein.

Wie lang müssen die Kondensatorplatten sein, damit das Elektron beim Verlassen des Kondensators um 4 mm in y-Richtung abgelenkt wurde ?

Zusatzinfo: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$; $e = 1,602 \cdot 10^{-19}\text{ C}$



In einer Elektronenstrahlröhre (Abb. s. „Wissen“) wurde der Elektronenstrahl so abgelenkt, dass er im rechten oberen Quadrat als Punkt auf den Leuchtschirm trifft.

1. Wie müssen die Ablenkplatten gepolt sein, damit eine solche Ablenkung stattfindet?
2. Wie kann man die Helligkeit des Punktes auf dem Leuchtschirm erhöhen?
3. Bei der Elektronenstrahlröhre in einem Fernseher liegt zwischen der Anode und der Kathode die Spannung $U_B = 1,5 \text{ kV}$.
Wie schnell verlassen die Elektronen die Anode?
4. Nun werden die Elektronen durch 5 cm lange vertikale Ablenkplatten mit dem Abstand $d = 12 \text{ mm}$ abgelenkt. Der Elektronenstrahl wird um 2 cm abgelenkt.
Wie groß war die Ablenkspannung U_y ?

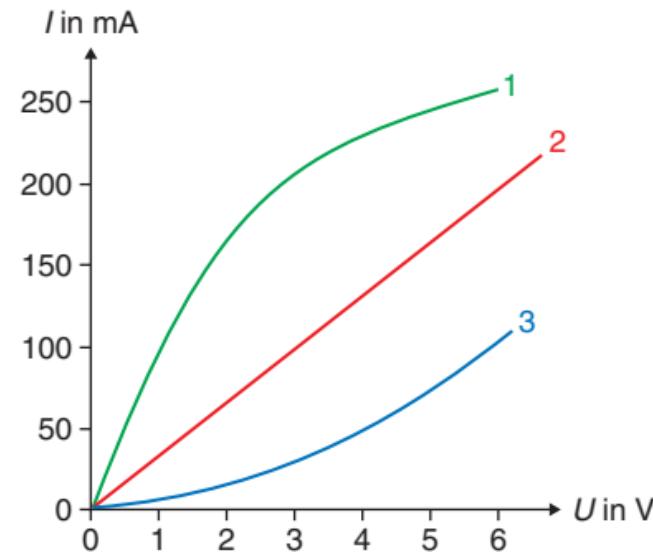
Zusatzinfo: Masse des Elektrons: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Elementarladung: $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



Aussagen über einen elektrischen Widerstand sind möglich, wenn man seine Kennlinie aufnimmt.

1. Beschreiben Sie einen Versuch, mit dem man diese Kennlinie aufnehmen kann. Fertigen Sie zusätzlich eine Schaltskizze an.
2. Das Diagramm zeigt die Kennlinien verschiedener Widerstände. Interpretieren Sie diese Kurven. Aus welchen Materialien könnten die Widerstände bestehen?



Robert Andrews Millikan bestimmte die Elementarladung e . Dazu sprühte er in einen Plattenkondensator Öltröpfchen, die durch die Reibung elektrisch geladen werden. Ohne Spannung am Kondensator fallen die Tröpfchen je nach Größe mit unterschiedlicher Geschwindigkeit. Legt man eine Spannung an, sinken einige Tröpfchen schneller, aber gleichförmig, andere steigen gleichförmig nach oben. Durch geschicktes Einstellen der Spannung kann man sogar erreichen, dass die Tröpfchen schweben.

1. Leiten Sie die Formel zur Berechnung des Tröpfchenradius für den Fall her, dass am Plattenkondensator keine Spannung liegt. (Zusatzinfo: Stoke'sches Gesetz:
 $F_R = 6\pi \cdot \eta \cdot r \cdot v$)
2. Leiten Sie die Formel für die Ladung q für den Fall her, dass das Tröpfchen schwebt. Verwenden Sie die Formel aus 1.
3. Betrachtet man für jeweils zwei Fälle, „Fallen ohne Spannung und Schweben“ oder „Fallen und Steigen mit Spannung“, die Kräfte auf das Teilchen, so kann man die Elementarladung e berechnen. Warum ist der Fall „Fallen und Steigen mit Spannung“ dem Fall „Fallen ohne Spannung und Schweben“ zur Berechnung von q bzw. e vorzuziehen?



Jeder magnetische Körper ist von einem magnetischen Feld umgeben.

1. Wie kann man magnetische Feldlinien sichtbar machen?
2. Was versteht man unter Weiss'schen Bezirken? Veranschaulichen Sie Ihre Antwort mittels Skizzen.
3. Wie verlaufen die magnetischen Feldlinien um den folgenden stromdurchflossenen Leiter?



?

Um die Stärke eines magnetischen Feldes zu beschreiben, benutzt man die magnetische Flussdichte.

1. Was versteht man unter der magnetischen Flussdichte?
 - a) Durch welche Art der Wirkung ist die magnetische Flussdichte definiert worden?
 - b) Handelt es sich bei ihr um eine vektorielle oder skalare Größe?
 - c) Welche Größe zur Beschreibung des elektrischen Feldes kommt ihr am nächsten?
2. Ein gerader Leiter der Länge $s = 10 \text{ cm}$ wird von einem Strom der Stärke 4 A durchflossen. Dieser Leiter wird von einem Magnetfeld der Stärke $B = 0,1 \text{ T}$ senkrecht durchsetzt. Wie groß ist die Kraft, die auf ihn wirkt?
3. Eine 20 cm lange luftdurchsetzte Spule ($n = 500$) wird von einem Strom der Stärke 3 A durchflossen. Wie groß ist magnetische Flussdichte im Inneren der Spule?
4. Wie kann man die magnetische Flussdichte der Spule vergrößern? Erläutern Sie, was passiert.

Zusatzinfo: Magnetische Feldkonstante: $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \text{ (Vs)/(Am)}$
 Permeabilitätszahlen: $\mu_r (\text{Luft}) = 1$



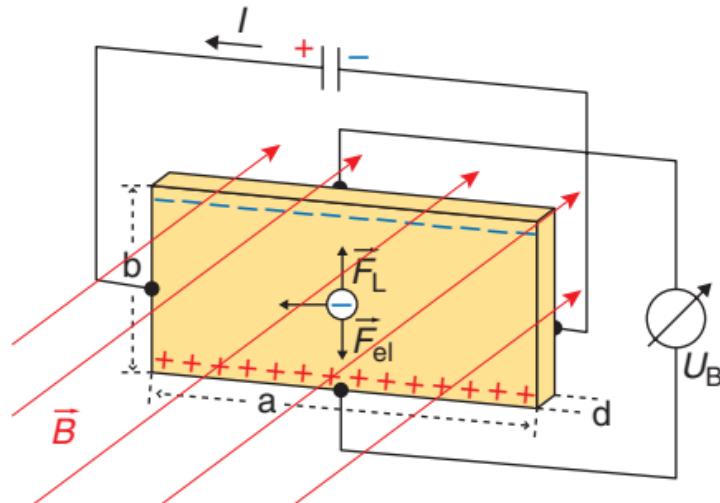
Im Fadenstrahlrohr erfahren Elektronen im Magnetfeld die Lorentzkraft.

1. Erklären Sie mithilfe der Lorentzkraft, warum sich geladene Teilchen, die senkrecht in das homogene Magnetfeld eintreten, auf einer Kreisbahn bewegen.
2. Wie bewegen sich die Elektronen im homogenen Magnetfeld, wenn sie schräg dazu eintreten?
3. Wie bewegen sich die Elektronen, wenn sie schräg in ein inhomogenes Magnetfeld eintreten?
4. Auf die Elektronen im Fadenstrahlrohr wirkt ein Magnetfeld der Stärke 0,75 mT. Ihre Beschleunigungsspannung beträgt 200 V.
Leiten Sie eine Beziehung zur Berechnung des Radius des Kreises her und bestimmen Sie ihn.

Zusatzinfo: $\frac{e}{m} = 1,7588 \cdot 10^{11} \frac{\text{C}}{\text{kg}}$



Die folgende Abbildung zeigt einen Versuchsaufbau zum Halleffekt.



1. Was versteht man unter dem Halleffekt ?
2. Erläutern Sie das Zustandekommen der Hallspannung.
3. In der Formelsammlung findet man für die Hallspannung folgende Formel:

$$U_H = \frac{V}{N \cdot e} \cdot \frac{I \cdot B}{d} = R_H \cdot \frac{I \cdot B}{d}.$$

Leiten Sie diese Formel aus der Formel $U_H = v_D \cdot B \cdot b$ her.



Durch Ändern der vom Magnetfeld durchsetzten Fläche einer Spule oder durch Ändern des Magnetfeldes bei konstanter Spulenfläche kann eine Induktionsspannung hervorgerufen werden.

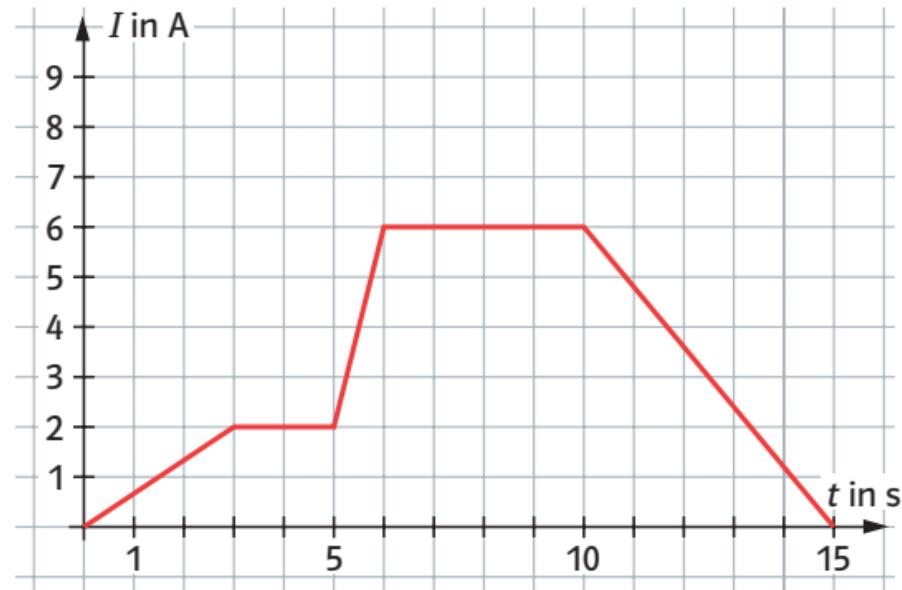
1. Beschreiben Sie für beide Fälle jeweils zwei experimentelle Möglichkeiten, die eine Induktionsspannung hervorrufen.
2. Erläutern Sie, wie die Formeln $U_{\text{ind}} = B \cdot d \cdot v$ und $U_{\text{ind}} = n \cdot B \cdot \frac{\Delta A_s}{\Delta t}$ auseinander hervorgehen.



Eine langgestreckte zylindrische Spule ($n = 100$, $l = 30 \text{ cm}$) wird von einem Strom durchflossen, bei dem sich die Stromstärke zeitlich ändert.

Im Inneren der Feldspule befindet sich eine zweite Spule ($n = 200$, $A = 10 \text{ cm}^2$), deren Querschnittsfläche senkrecht zum Erregerfeld ausgerichtet ist.

Berechnen Sie den zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung und stellen Sie ihn in einem Diagramm dar.



Zusatzinfo:

Magnetische Feldkonstante: $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Vs}}{\text{Am}}$
Permeabilitätszahl: μ_r (Luft) = 1



In einem Stromkreis befindet sich eine Spule mit Schalter und eine Spannungsquelle mit $U = 50\text{V}$. Parallel zur Spule ist eine Glimmlampe geschaltet, die erst bei mindestens 80V aufblitzt.

1. Stellen Sie die Schaltung in einem Schaltbild dar.
2. Ist der Schalter geschlossen, so fließt ein Strom von $I = 0,15\text{A}$ durch die Spule.

Öffnet man nun den Schalter, so blitzt die Glimmlampe kurz auf.

Wie groß ist die Induktivität der Spule mindestens, wenn der Ausschaltvorgang 1ms beträgt.

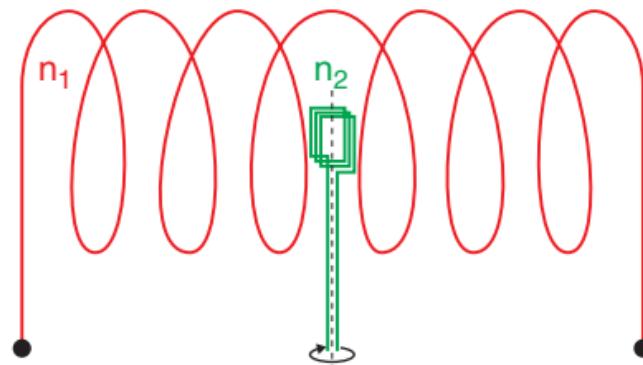
Wieso leuchtet die Glimmlampe erst beim Ausschalten auf?



Eine drehbar gelagerte Induktionsspule ($n_2 = 200$, $A_2 = 25 \text{ cm}^2$) befindet sich im homogenen Feld einer langen Spule ($n_1 = 1200$; $l_1 = 30 \text{ cm}$) mit der Flussdichte 5 mT . Die Achsen der beiden Spulen stehen senkrecht zueinander.

Durch Drehung der Induktionsspule wird eine sinusförmige Wechselspannung mit dem Effektivwert 25 mV erzeugt.

1. Leiten Sie ein Gesetz für die induzierte Spannung $U_{\text{ind}}(t)$ her. Wählen Sie für $t = 0$ eine geeignete Anfangsstellung der Induktionsspule.
2. Berechnen Sie die Drehfrequenz.



?

In einem Wechselstromkreis befinden sich ein Glühlämpchen, eine Spule und ein Kondensator.

1. Erläutern Sie warum man eine Reihenschaltung aus diesen drei Bauteilen Siebkreis nennt.
(Abb. 1)
2. Leiten Sie die Formel zur Berechnung des Scheinwiderstandes Z für die abgebildete Reihenschaltung her.
3. Erläutern Sie warum man eine Parallelschaltung aus diesen drei Bauteilen Sperrkreis nennt.
(Abb. 2)
4. Leiten Sie die Formel zur Berechnung des Scheinwiderstandes Z für die abgebildete Parallelschaltung her.

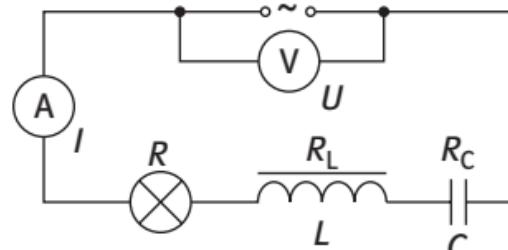


Abb. 1

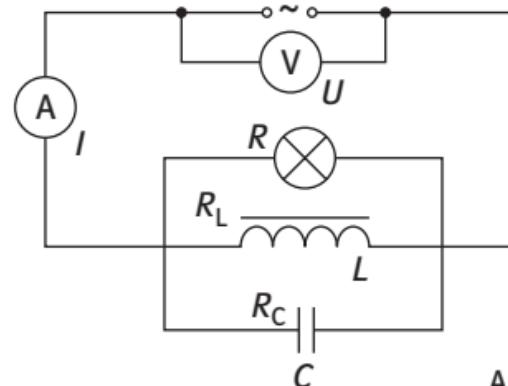


Abb. 2



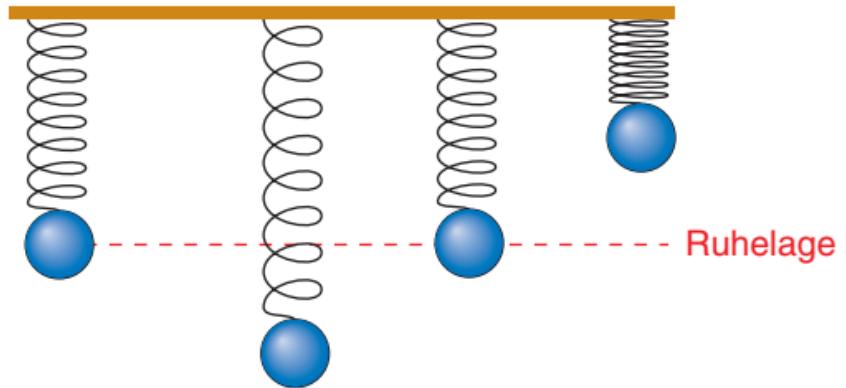
Die Primärspule eines Transformators (Primärspule $n_1 = 1200$ Windungen, Sekundärspule $n_2 = 300$ Windungen) wird an eine Wechselspannungsquelle mit dem Effektivwert 220 V angeschlossen. Der Wirkungsgrad des Transformators beträgt 80 %.

- a) Welche Spannung wird an der Sekundärspule induziert?
- b) Mit dem Transformator soll ein Gerät G ($U = 30\text{V}$, $I = 3\text{A}$) betrieben werden. Berechnen Sie einen geeigneten Vorwiderstand und fertigen Sie eine Schaltskizze an.
- c) Berechnen Sie die Stromstärke, die dann in der Primärspule besteht.



Aus Alltagserfahrungen wissen wir, dass Uhrenpendel oder Kinderschaukeln eine periodische Hin- und Herbewegung um eine Ruhe-/Gleichgewichtslage ausführen. Solche Bewegungen nennt man eine Schwingung. Schwingungsfähige Systeme nennt man Oszillatoren. In der Physik kann man eine Schwingung durch eine Feder, an der ein Gewichtsstück befestigt ist, darstellen.

1. Durch welche weiteren Größen wird eine Schwingung beschrieben?
2. Was versteht man unter einer harmonischen Schwingung?
3. Was versteht man unter dem linearen Kraftgesetz?
4. Um einen Oszillator zum Schwingen anzuregen, muss man ihm Energie zuführen. Beschreiben Sie die Energieumsetzung beim harmonischen Oszillatoren.

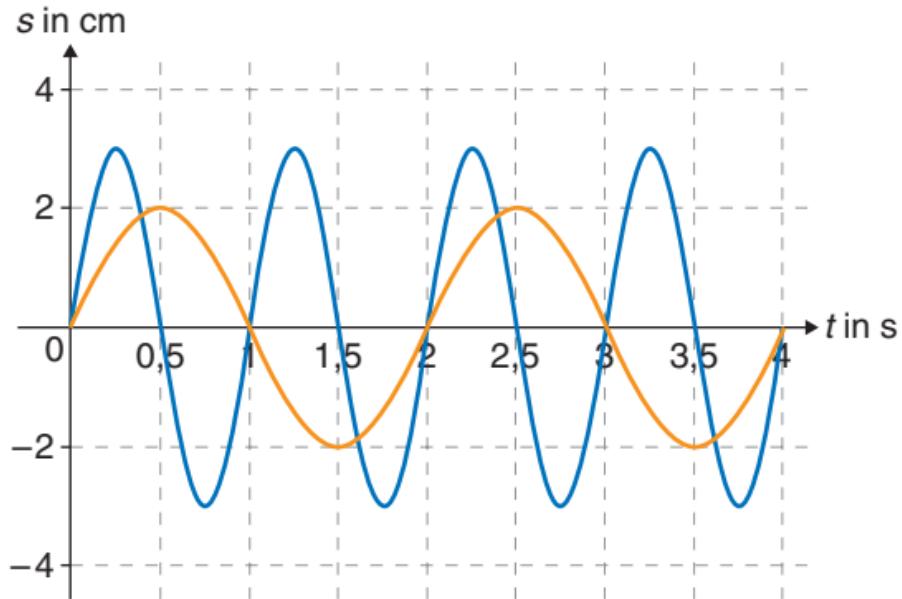


?

Schwingungen kennen wir auch aus der Musik. Dort nehmen wir eine Überlagerung mehrerer Töne im Trommelfell nur als eine Schwingung wahr.

Im folgenden Bild sind zwei Schwingungen dargestellt. Die erste Schwingung s_1 (schwarz) wird durch folgende Gleichung beschrieben: $s_1(t) = 2 \text{ cm} \cdot \sin(\pi t)$.

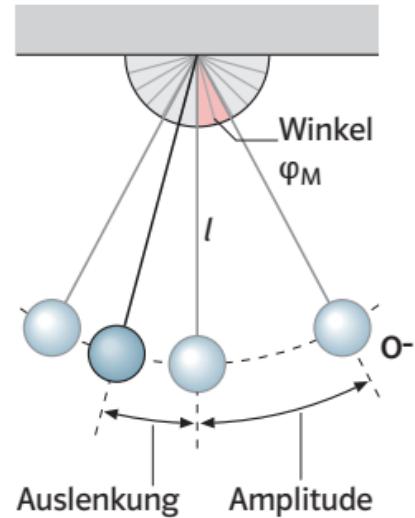
1. Geben Sie die Gleichung der zweiten Schwingung (blau) an.
2. Konstruieren Sie das t - s -Diagramm der durch Überlagerung entstandenen Schwingung.
3. Konstruieren Sie das t - s -Diagramm der durch Überlagerung von s_2 entstandenen Schwingung, wenn die überlagernde Schwingung gegenphasig zur ersten Schwingung ist.



Lenkt man einen Körper, der an einem Faden aufgehängt ist, um einen bestimmten Winkel aus, so erhält man ein Fadenpendel.

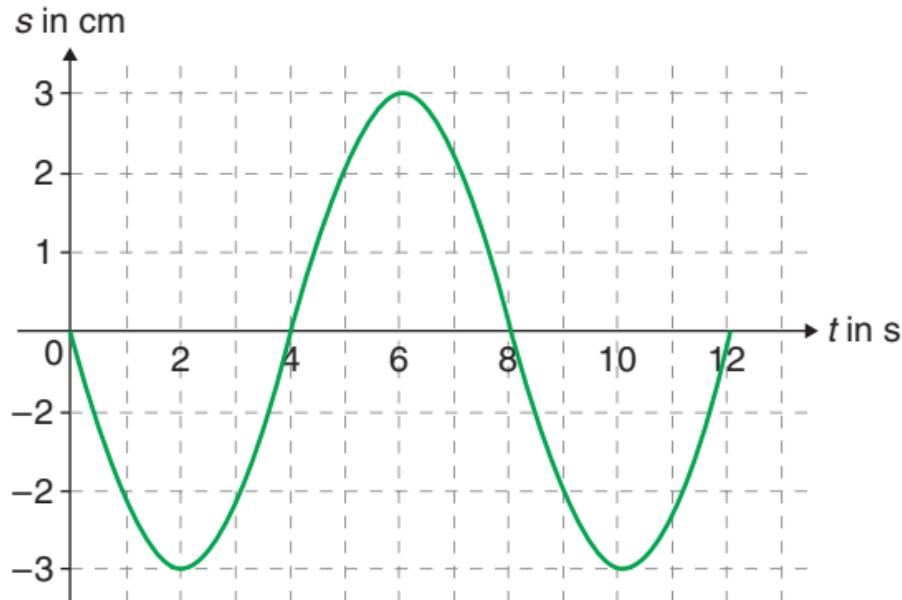
1. An einem Fadenpendel können wir die Auslenkung, die Länge des Fadens und das Gewicht des Körpers verändern. Welche dieser Größen führt zu einer Veränderung der Periodendauer?
2. Zeigen Sie, warum ein Fadenpendel nur bei kleinen Auslenkungen harmonisch schwingt.
3. Wie berechnet man bei kleinen Auslenkungen die Periodendauer des Fadenpendels?

Zur Bestimmung welcher Größe kann man diese Formel noch verwenden?



?

1. Worin unterscheiden sich Längs- und Querwellen? Nennen Sie jeweils ein Beispiel.
2. Was versteht man unter einer mechanischen Welle?
3. Eine Welle ist immer durch zwei Diagramme gekennzeichnet, das t - s - und das x - s -Diagramm.
Diskutieren Sie das Diagramm.
4. Welche weiteren Angaben benötigen Sie, damit Sie das s - x -Diagramm zeichnen können.



?

Das folgende Bild zeigt zwei Kreiswellen gleicher Frequenz, die von zwei punktförmigen Erregern ausgehen.

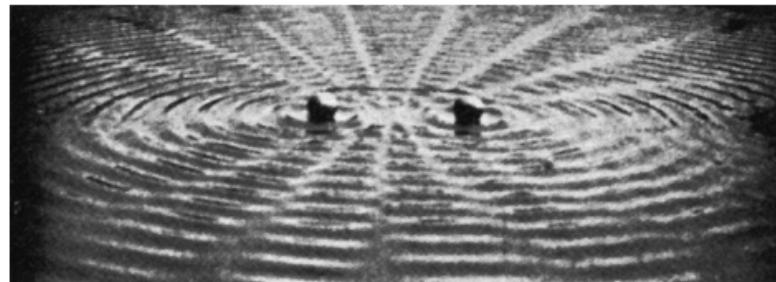


Foto: Klett-Archiv, Stuttgart

1. Erklären Sie, was man beobachten kann.
2. Erläutern Sie einen Versuch aus der Akustik, der diese Beobachtungen auch zeigt.



Überlagern sich zwei gleichfrequente Wellen, die auf einander zulaufen, so entsteht dabei eine stehende Welle.

Auf einer Wellenmaschine erzeugt man eine stehende Welle durch Reflexion.

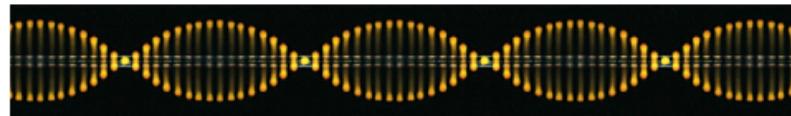


Foto: Klett-Archiv, Stuttgart

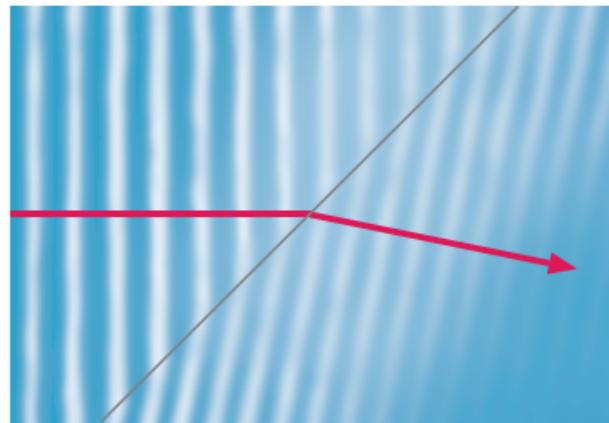
1. Wie unterscheidet sich die Reflexion am festen Ende von der am losen Ende?
2. Machen Sie eine Gegenüberstellung zwischen fortschreitender und stehender Welle.



Treffen Wellenfronten auf flacheres oder tieferes Wasser, so ändert sich ihre Geschwindigkeit und ihre Richtung. Die Wellenfront wird gebrochen.

Eine gerade Wellenfront breitet sich mit der Geschwindigkeit $c_1 = 0,39 \text{ m/s}$ aus und trifft unter einem Winkel von 50° auf die Grenzfläche zu einem flacheren Teil. Dabei ändert sich die Ausbreitungsgeschwindigkeit auf $c_2 = 0,3 \text{ m/s}$.

1. Wie groß ist der Brechungswinkel?
2. Wie groß sind Wellenlänge und Frequenz im flacheren Wasser, wenn die Wellenlänge vorher $1,8 \text{ cm}$ betrug?



?

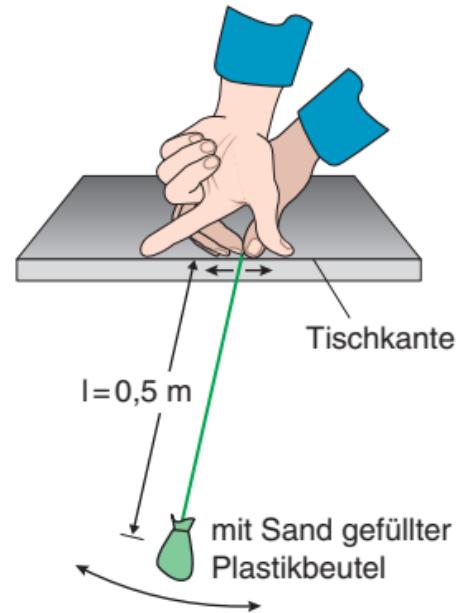
Ein Fadenpendel besteht aus einem mit Sand gefüllten kleinen Plastikbeutel, der an einem Faden befestigt ist. Die Pendellänge beträgt etwa 0,50 m. Dieses Fadenpendel wird an einem Ende festgehalten und entlang der Tischkante bewegt.

Die gespreizten Finger zeigen, in welchem Bereich das Pendel bewegt wird. Es wird aus der Ruhelage mit konstanter Frequenz angeregt.

Bei mehrfacher Durchführung des Experimentes soll nur die Frequenz f variiert werden.

f_0 sei die Eigenfrequenz des Pendels bei ungedämpfter Schwingung.

1. Berechnen Sie die Resonanzfrequenz des Pendels.
2. Beschreiben Sie für folgende drei Fälle die Bewegung des Pendels.
 - a) $f \ll f_0$
 - b) $f \approx f_0$
 - c) $f \gg f_0$



Ein Kondensator mit der Kapazität $C = 47 \mu F$ wird über eine Spannungsquelle ($U = 10 V$) aufgeladen. Anschließend wird er von dieser getrennt und über eine Spule mit der Induktivität $L = 33 mH$ entladen (der gesamte ohmsche Widerstand ist vernachlässigbar).

1. Geben Sie die zugehörige Schwingungsgleichung $U(t)$ an.
2. Skizzieren Sie für zwei Perioden das $U(t)$ -Diagramm.

Die Entladung des Kondensators beginnt zum Zeitpunkt $t = 0$.



Ein Schwingkreis besteht aus einem verstellbaren Kondensator, der in einem Bereich von 4 pF bis 6 pF variiert werden kann und einer Spule mit der Induktivität $L = 0,5\text{ }\mu\text{H}$. Dieser Schwingkreis dient einem UKW-Radio zur Aussendung von elektromagnetischen Wellen durch eine Stabantenne.

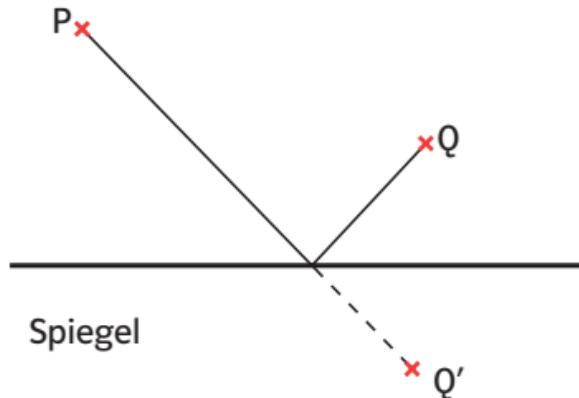
1. In welchem Frequenz- und Wellenlängenbereich sendet die Antenne?
2. Die optimale Energieübertragung vom Schwingkreis auf die Antenne ist bei einer Frequenz von 97 MHz . Wie lang muss die Antenne sein?



Ein Naturwissenschaftler, der sich mit der Frage nach der Natur des Lichtes auseinandersetzte, war Newton. Er vertrat das Teilchenmodell. Er ging davon aus, dass jeder leuchtende Körper kleine Teilchen aussendet, auf die abstoßende und anziehende Kräfte wirken. Sendet also eine Lichtquelle Teilchen aus, so fliegen diese mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig durch den Raum. An den Körperoberflächen verhalten sie sich wie Körper beim elastischen Stoß.

1. Beschreiben Sie mithilfe von Newtons Teilchentheorie die Reflexion von Licht.
2. Beschreiben Sie nach Newton das Phänomen der Totalreflexion.
3. Begründen Sie mit Hilfe des Fermat'schen Prinzips das Reflexionsgesetz.

Benutzen Sie dazu die Skizze.



?

Spiegelbilder entstehen durch Reflexion, der blaue Himmel (Abendrot) durch Streuung von Licht.

1. Welche Eigenschaften haben Spiegelbilder?
2. Erläutern Sie, warum man einem sonnigen klaren Sommertag den Himmel in blauer Farbe sieht.



Foto: Corel Corporation, Unterschleißheim

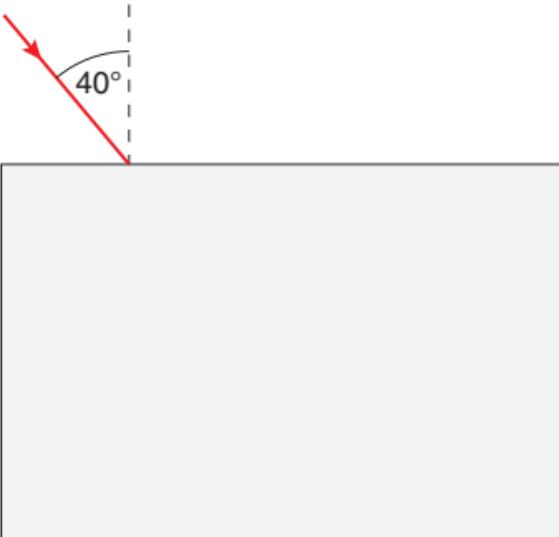
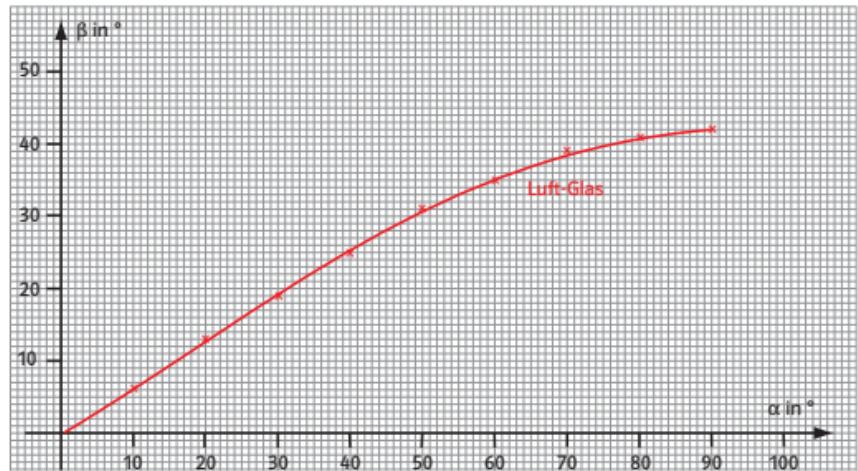


Foto: Fotalia LLC, New York/Jacinda Richmann



Licht fällt unter einem Winkel von 40° auf eine 3 cm dicke Glasplatte ($n = 1,61$).

1. Zeichnen Sie den Strahlenverlauf mit Hilfe des folgenden Diagramms und entnehmen Sie der Zeichnung die Ablenkung des Lichtes aus seiner ursprünglichen Richtung.



2. Berechnen Sie mittels des Brechungsgesetzes die Ablenkung des Lichtes aus seiner ursprünglichen Richtung.



In der Fotografie gibt es zwei Größen, die ein Objektiv charakterisieren, die Brennweite und die Lichtstärke.

Um ein gewünschtes Foto zu erhalten, ist es wichtig die Brennweite des Objektivs zu kennen.

Dabei gilt: Lange Brennweiten erfassen einen relativ kleinen Motivausschnitt und bilden ihn groß auf dem Foto ab, bei kurzen Brennweiten wird ein großer Ausschnitt ziemlich klein abgebildet.

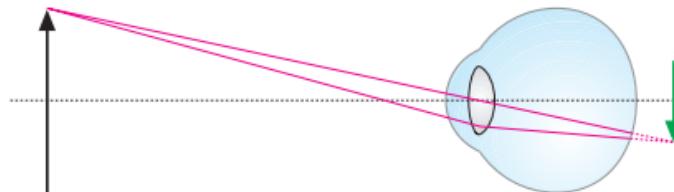
Wie kann man die Brennweite eines Objektives bzw. einer Sammellinse experimentell bestimmen?



Die Akkommodation hilft uns verschieden weit entfernte Gegenstände scharf zu sehen.

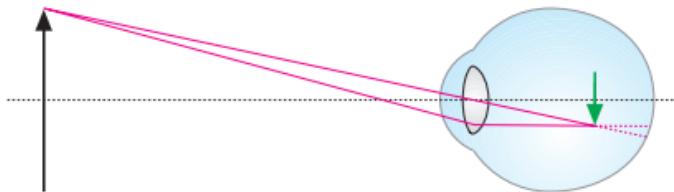
1. Ist jedoch der Augapfel zu kurz, so liegt das scharfe Bild hinter der Netzhaut. Das auf der Netzhaut entstehende Bild ist unscharf.

- a) Welche Art von Fehlsichtigkeit liegt vor und wie kann man sie korrigieren?
 - b) Die Skizze zeigt die Situation ohne Korrektur. Wie verändert sich die Skizze mit einer Sehhilfe? Zeichnen Sie die Skizze.



2. Ist hingegen der Augapfel zu lang, so entsteht das scharfe Bild vor der Netzhaut.

- a) Welche Art von Fehlsichtigkeit liegt vor und wie kann man sie korrigieren?
 - b) Die Skizze zeigt die Situation ohne Korrektur. Wie verändert sich die Skizze mit einer Sehhilfe? Zeichnen Sie die Skizze.



Das astronomische Fernrohr und das Mikroskop sind in ihrem Aufbau sehr ähnlich. Dennoch werden sie für unterschiedliche Zwecke eingesetzt.

1. Wie unterscheiden sich das astronomische Fernrohr und das Mikroskop in ihrem Aufbau?
2. Wozu nutzt man diese beiden optischen Geräte?
3. Ein Mikroskop soll ein zu betrachtendes Objekt um das 200fache vergrößern. Die Brennweite des Objektivs beträgt 12 mm, die des Okulars 20 mm.
Welchen Abstand müssen die beiden Linsen haben?
4. Welchen Abstand muss das Objekt vom Objektiv haben, damit man es mit entspanntem Auge betrachten kann? Verwenden Sie die Werte aus Aufgabe 3.



Ein Doppelspalt wird mit parallelem monochromatischen Licht der Wellenlänge 546 nm beleuchtet. Die beiden Spaltöffnungen sind so eng, dass man sie als Zentren von Elementarwellen ansehen kann.

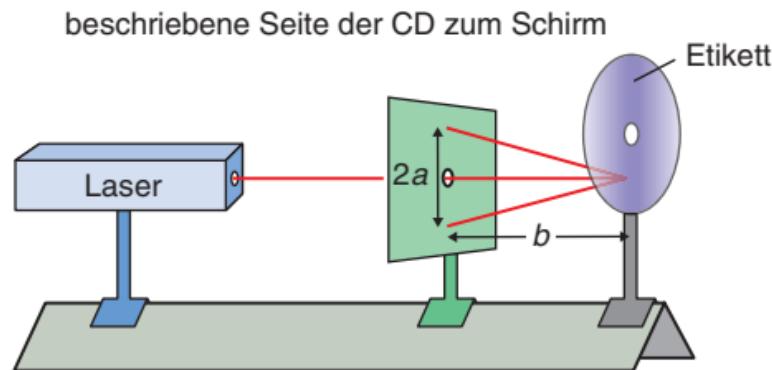
Auf einem Schirm, der 2 m entfernt ist, zeigt sich ein Interferenzbild. Die beiden Minima 4. Ordnung sind dabei 2 cm voneinander entfernt.

1. Welchen Abstand haben die beiden Spaltmitten?
2. Wie verändert sich der Abstand der Minima, wenn man den Abstand der Spaltmitten verkleinert oder vergrößert?
3. Wie viele Maxima kann man auf einem 30cm breiten Schirm beobachten?



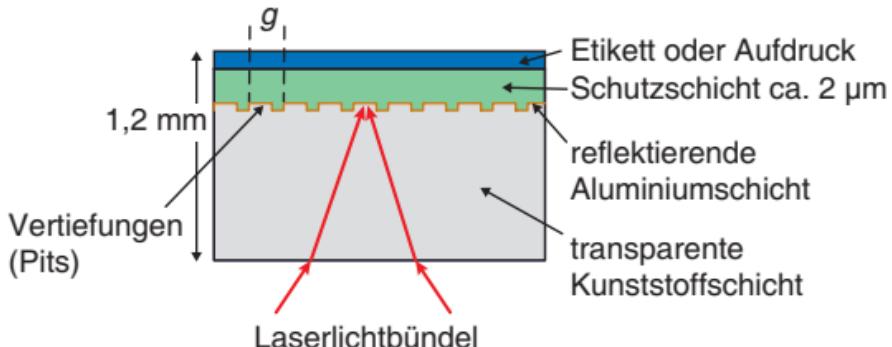
Bestrahlt man eine CD mit Laserlicht ($\lambda = 633 \text{ nm}$), so funktioniert sie wie ein Reflexionsgitter. Das Licht gelangt durch einen Spalt im Schirm auf die CD und wird dort reflektiert. Man beobachtet ein vom Doppelspalt her bekanntes Interferenzmuster.

Abb. 1: Versuchsaufbau



b = Abstand Schirm - CD; a = Abstand von der Spaltmitte zum 1. Maximum.

Abb. 2: Querschnitt der CD.



1. Leiten Sie die Formel her, mit der man den Abstand g der Vertiefungen berechnen kann.
2. Berechnen Sie g , wenn $b = 9,5 \text{ cm}$ und $a = 4 \text{ cm}$ beträgt. Vergleichen Sie es mit dem von der deutschen Norm angegeben Wert für $g = (1,6 \pm 0,1) \mu\text{m}$.



Weißes Licht trifft senkrecht auf eine Seifenhaut ($n = 1,35$) der Dicke 750 nm. Welche Wellenlängen aus dem Spektrum des sichtbaren Bereichs (400 nm – 800 nm) werden bei der Reflexion verstärkt, welche ausgelöscht?



Foto: Klett-Archiv, Stuttgart
Zuckerfabrik Digital

?

Die Polarimetrie ist ein Verfahren, mit der man die Konzentration gelöster Stoffe unter Ausnutzung ihres optisch aktiven Verhaltens bestimmen kann.

Eine Substanz ist optisch aktiv, wenn die Polarisationsebene des Lichtes gedreht wird. Aus der Größe der Drehung kann man die Konzentration der Substanz, die gelöst wurde, bestimmen. Dabei ist der Drehwinkel proportional zur durchstrahlten Schichtdicke und zur Konzentration der Lösung.

Beschreiben Sie einen Versuch, mit dem untersucht werden kann, ob eine Lösung optisch aktiv ist.



1. Nennen Sie drei Möglichkeiten, um gelbes Licht herzustellen.
2. Welche Farbe muss man mit Blau mischen, damit Grün herauskommt?
3. Bei einem Tintenstrahldrucker trägt man transparente Farbschichten in bestimmter Reihenfolge und Intensität übereinander auf. Diese filtern aus dem weißen Licht bestimmte Farbanteile, so dass die gedruckte Stelle in der Komplementärfarbe erscheint.

Die subtraktiven Grundfarben Gelb, Cyan und Magenta dienen als Filterfarben. Die reflektierten Farben werden durch additive Farbmischung am Ende wieder zusammengefügt. Füllen Sie die folgende Tabelle aus, die erste Zeile dient als Beispiel:

Farbschicht	Absorbierte Farbe	Reflektierte Farben	Ergebnis
Magenta	grünes Licht	blaues + rotes Licht	Magenta
Cyan			
Gelb			
Magenta+Cyan			
Magenta+Gelb			
Cyan+Gelb			

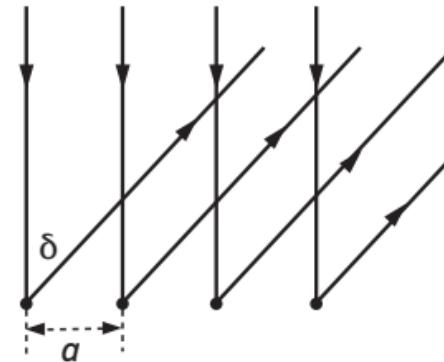


De Broglie stellte 1924 in seiner Dissertation die Hypothese auf, dass jedem bewegten Teilchen eine Welle mit der Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{p}$ zugeordnet werden kann. 1927 gelang Davisson und Germer in Amerika und G.P. Thomson in Schottland die Beugung von Materiewellen an Kristallgittern.

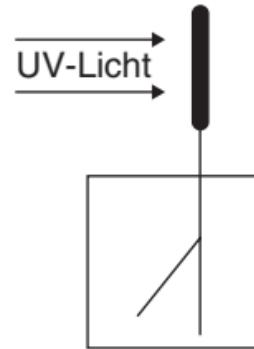
Elektronen durchlaufen eine Spannung von 54,0V und treffen auf die Oberfläche eines Nickelkristalls mit der Gitterkonstanten $a = 215\text{ pm}$.

1. Berechnen Sie die De-Broglie-Wellenlänge.
2. Zeigen Sie: Treffen Wellen der Wellenlänge λ auf die Oberfläche eines Kristalls, dann entstehen bei einem Gangunterschied $\Delta s = k \cdot \lambda = a \cdot \sin \delta$ Interferenzmaxima.
3. Berechnen Sie die Wellenlänge, falls das erste Maximum bei 50° gemessen wird. Vergleichen Sie das Ergebnis mit 1.

Zusatzinfo: Ruhemasse des Elektrons: $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$
Elementarladung: $e = 1,60 \cdot 10^{-19}\text{ C}$



1. Nennen Sie wichtige experimentelle Ergebnisse des Photoeffektes.
2. Beschreiben Sie das Photonenmodell des Lichts.
3. W. Hallwachs (1887) belichtete eine mit einem empfindlichen Elektroskop verbundene Metallplatte mit UV-Licht. Er beobachtete eine sofort einsetzende Aufladung bis zu einer maximalen Spannung U_{\max} . Dieser Wert änderte sich bei weiterer Bestrahlung mit dem gleichen Licht nicht mehr.
 - Erklären Sie dieses Ergebnis.
 - Wie ändert sich das Versuchsergebnis, wenn man die Lichtintensität oder die Frequenz des Lichtes ändert?
 - Berechnen Sie die maximale Spannung für Licht der Wellenlänge 250 nm, falls die Austrittsarbeit 2,25 eV beträgt.



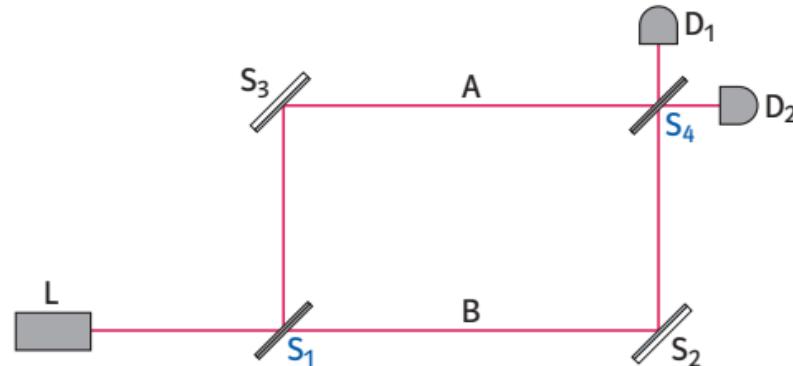
?

Laserlicht der Wellenlänge $\lambda = 632 \text{ nm}$ trifft auf einen Doppelspalt mit dem Spaltmittenabstand $b = 0,5 \text{ mm}$. Parallel zum Doppelspalt befindet sich in einer Entfernung von $e = 2 \text{ m}$ eine Fotoplatte.

1. Skizzieren Sie die belichtete Fotoplatte nach dem Entwickeln und berechnen Sie die Abstände a der Intensitätsmaxima.
2. Die Intensität des Lichts wird sehr stark reduziert. Im Mittel befindet sich jeweils nur noch ein Photon zwischen Doppelspalt und Fotoplatte.
Skizzieren Sie die Fotoplatte, wenn sie
 - nur sehr kurz belichtet wurde,
 - sehr lange belichtet wurde.
3. Photonen sind keine Wellen und auch keine klassischen Teilchen. Erläutern sie diese Aussage.



Im Mach-Zehnder-Interferometer können Photonen zwei Detektoren D_1 bzw. D_2 über zwei unterschiedliche Wege A bzw. B erreichen. In der Skizze sind S_1 und S_4 zwei halbdurchlässige Spiegel. Ideale Spiegel sind S_2 und S_3 .



1. Das Licht des Lasers L gelangt in das Interferometer. Berechnen Sie die Gangunterschiede für beide Detektoren.
Sprechen beide Detektoren an?
2. Was erwarten Sie, wenn man beide Detektoren durch je einen Schirm ersetzt?
3. Der Weg A wird durch ein Hindernis blockiert. Wie ändern sich die beiden vorherigen Ergebnisse?
4. In beide Wegen wird je ein Polarisator gebracht. Die beiden Polarisatoren stehen genau senkrecht zu einander (-45° ; $+45^\circ$). Beschreiben Sie, wie sich das Versuchsergebnis aus 2. ändert.



Nach der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation ist es nicht möglich, gleichzeitig den Ort x und den Impuls p eines Quantenobjektes mit beliebiger Genauigkeit zu bestimmen. Für die Unbestimmtheiten Δx des Ortes und des Impulses Δp_x gilt:

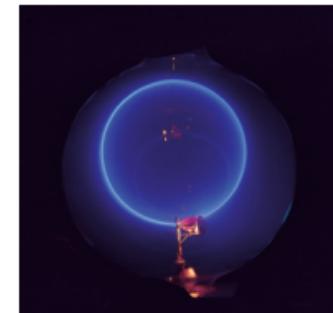
$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{4\pi}.$$

1. Ein Ball der Masse $m = 200 \text{ g}$ und ein Elektron bewegen sich jeweils mit der Geschwindigkeit 250 m/s . Die Unbestimmtheit der Geschwindigkeit ist $0,01\%$. Berechnen Sie Δx für beide Objekte. Vergleichen Sie die Ergebnisse.

2. Im Fadenstrahlrohr bewegen sich Elektronen auf einer Kreisbahn. Berechnen Sie den Impuls p eines Elektrons bei einer Beschleunigungsspannung $U_B = 200 \text{ V}$.

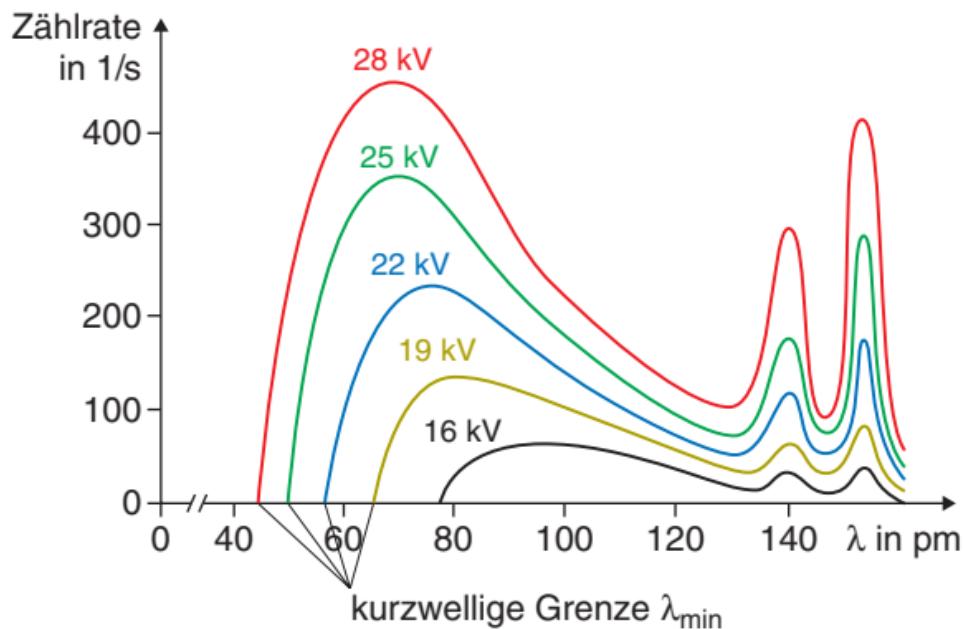
Durch die Anode wird ein Strahl der Breite $b = 1 \text{ mm}$ ausgeblendet. Ermitteln Sie Δp_x . Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Impuls p . Welche Bedeutung hat die Unbestimmtheitsrelation für dieses Experiment?

Zusatzinfo: $\hbar = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$; $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$; $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



Die Röntgenstrahlung kann als Umkehrung des Fotoeffektes aufgefasst werden.

1. Erläutern Sie die abgebildeten Röntgenspektren. Gehen sie dabei auf die kurzwellige Grenze und auf die Maxima ein.
2. Berechnen Sie die kurzwellige Grenze für $U_B = 25,0 \text{ kV}$.



Zusatzinfo: Planck'sches Wirkungsquantum: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
Elementarladung: $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

?

1. Beschreiben Sie Compton's Beobachtungen bei der Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Kohlenstoff unter Anfertigung einer Skizze.

2. Die rechnerische Untersuchung des Compton-Effektes liefert:

$$\Delta\lambda = \lambda_c \cdot (1 - \cos(\theta)) \text{ mit } \lambda_c = \frac{h}{m_0 c}.$$

- Erläutern Sie die in der Gleichung vorkommenden Größen.
- Zeichnen Sie ein Impulsdigramm für die Streuung der Photonen

3. γ -Strahlung der Wellenlänge $\lambda = 2,4 \cdot 10^{-12}$ m wird unter 120° gestreut.

- Berechnen Sie die Wellenlänge λ_s der gestreuten Strahlung.
- Ermitteln Sie die Energie der Compton-Elektronen.

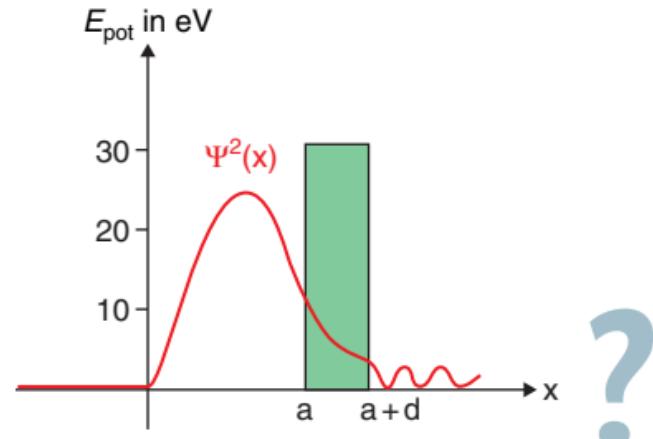


1. Beschreiben Sie Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung von drei Experimenten, die sich zur Bestimmung der Planck'schen Konstanten h eignen.
2. Welche Bedeutung hat die Planck'sche Konstante in der Quantenphysik?
3. Nennen Sie einige Konsequenzen, falls die Planck'sche Konstante wesentlich größer wäre.

?

Die Eigenschaften von Quantenobjekten lassen sich mit den anschaulichen Vorstellungen als Teilchen oder Wellen nur unzureichend erfassen. Es bleibt nur eine mathematische Beschreibung. Man ordnet einem Quantenobjekt eine Zustandsfunktion (man sagt auch Wellenfunktion, Wahrscheinlichkeitsamplitude oder ψ -Funktion) zu. Im folgenden werden nur lineare zeitunabhängige Vorgänge betrachtet. Die Zustandsfunktion $\psi(x)$ ist dann eine reelle Funktion in Abhängigkeit des Ortes x .

1. Beschreiben Sie die physikalische Bedeutung von $\psi(x)$ und $\psi^2(x_0) \cdot \Delta x$.
2. Erläutern Sie, wie ein Doppelspaltexperiment ablaufen muss, damit dieses durch
$$\Psi_{12}^2 = (\psi_1(x) + \psi_2(x))^2$$
 oder durch
$$\Psi_{12}^2(x) = \psi_1^2(x) + \psi_2^2(x)$$
 richtig beschrieben wird.
3. Das Diagramm zeigt eine Wahrscheinlichkeitsdichte für ein Elektron in einem Potentialtopf. Welche Aussagen lassen sich über das Elektron machen?

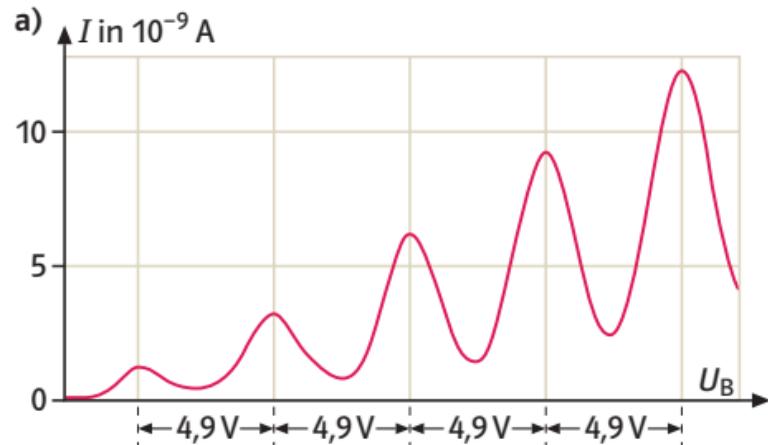


1. Nennen Sie die wesentlichen Aussagen des Rutherford'schen Atommodells und erläutern Sie, aus welchen experimentellen Beobachtungen sie folgen.
2. Ein α -Teilchen der Energie $E_{\text{kin}} = 8,0 \text{ MeV}$ bewegt sich aus größerer Entfernung kommend auf einen Goldkern $^{197}_{79}\text{Au}$ zu und wird um 180° abgelenkt. Schätzen Sie aus diesen Daten den Durchmesser des Atomkerns ab.

Konstanten: $h = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C/(Vm)}$ $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



1. Fertigen Sie eine Schaltskizze zum Franck-Hertz-Versuch an und beschreiben Sie kurz die Versuchsdurchführung.
2. Das Franck-Hertz-Rohr ist mit Quecksilberdampf gefüllt. Erläutern Sie die Vorgänge im Rohr mit Hilfe des U_B - I -Diagramms.



?

- Bohr fügte dem Rutherford'schen Atommodell weitere Grundannahmen an. Formulieren Sie die Bohr'schen Postulate.
- Für das He^+ -Atom (Kernladungszahl $Z = 2$ und ein Elektron in der Hülle) erhält man mit dem Bohr'schen Atommodell die folgenden zulässigen Bahnradien, Bahngeschwindigkeiten und Energieterme

$$r_n = \frac{\hbar^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2} \cdot n^2, \quad V_n = \frac{e^2}{2 \epsilon_0 h} \cdot \frac{1}{n} \quad \text{und} \quad E_{r_n} = -\frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \cdot \frac{e^2}{r_n}$$

- Zeigen Sie, dass $E_n = -54,4 \text{ eV} \cdot 1/n^2$ gilt.
- Ermitteln Sie die Ionisierungsenergie.
- Zeichnen Sie ein Energieschema.
- Berechnen Sie den Radius und die Bahngeschwindigkeit für den Grundzustand. Beurteilen Sie die Ergebnisse mit der Heisenberg'schen Unbestimmtheitsrelation.

Konstanten: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$
 $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

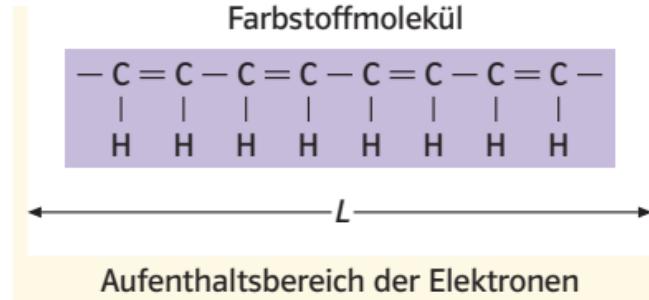
$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ C/Vm}$



1. Ein auf einer Strecke L eingeschlossenes Elektron kann nur diskrete Energieniveaus annehmen. Zeigen Sie, dass $E_n = \frac{h^2}{8L^2m_e} \cdot n^2$ gilt.

2. Farbstoffe, die aus einer langen Kette von C-Atomen aufgebaut sind, lassen sich durch das Modell des Potenzialtopfes mit der Länge $L = 1,0 \text{ nm}$ beschreiben. Innerhalb dieses Bereiches können sich die acht Valenzelektronen nahezu frei bewegen. Im Grundzustand sind die ersten vier Niveaus mit je zwei Elektronen besetzt.

Licht mit einem kontinuierlichen Spektrum trifft auf den Farbstoff. Beim Übergang von $n = 4$ zu $n = 5$ wird Licht absorbiert. Berechnen Sie die Wellenlänge des absorbierten Lichts.



$$h = 4,14 \cdot 10^{-14} \text{ eVs} = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}; \ m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}; \ e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$



In einer Spektralröhre wird Wasserstoff zum Leuchten gebracht. Mit einem Gitter werden die Wellenlängen bestimmt.

Für die zugehörigen Frequenzen fand der Baseler Mittelschullehrer Johann Jakob Balmer 1885 die folgende Gesetzmäßigkeit.

$$f = f_R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right) \text{ mit } m = 3, 4, 5, \dots$$

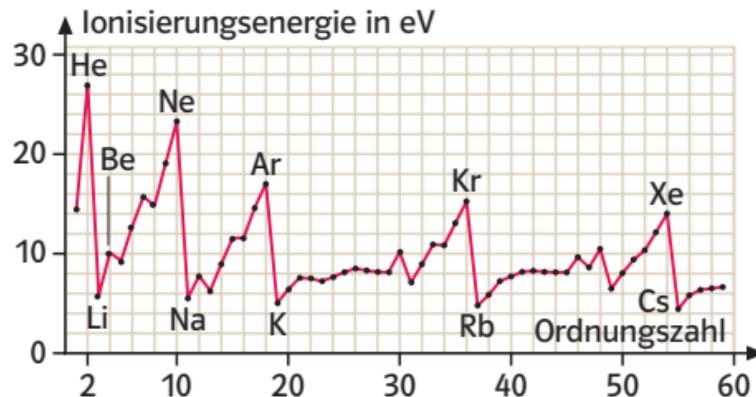
rot	grün	blau	violett
655 nm	490 nm	435 nm	410 nm

1. Ermitteln Sie aus der Messreihe die konstante Frequenz f_R . Diese Frequenz heißt Rydbergfrequenz.
2. Berechnen Sie aus $E_n = -13,6 \text{ eV} \cdot \frac{1}{n^2}$ den theoretischen Wert von f_R . Vergleichen Sie beide Ergebnisse.

Konstanten: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$



1. Ein Atom wird durch vier Quantenzahlen beschrieben. Wie heißen diese? Beschreiben Sie kurz ihre Bedeutung.
2. Formulieren Sie das Pauli-Prinzip.
3. Berechnen Sie die maximale Anzahl der Elektronen auf der M-Schale ($n = 3$)
4. Um Neon oder Argon zu ionisieren, benötigt man hohe Energien im Vergleich zum Natrium. Erklären Sie dies.



1. Für wasserstoffähnliche Atome gilt für die Energiestufen $E_n = -13,6 \text{ eV} \cdot Z^2/n^2$. Erläutern Sie, wie man hieraus das Moseley'sche Gesetz für die K_α -Linie folgern kann.
2. Die Frequenz einer K_α -Linie sei $f_{K_\alpha} = 1,93 \cdot 10^{18} \text{ Hz}$. Berechnen Sie die Ordnungszahl des zugehörigen Elements.
3. Allgemein gilt für die charakteristische Röntgenstrahlung $\Delta E = 13,6 \text{ eV} \cdot (Z - a)^2 (1/m^2 - 1/n^2)$ mit dem Abschirmfaktor a .
Die Tabelle enthält die Frequenzen der K_β -Strahlung einiger Elemente.
Zeichnen Sie ein $\sqrt{f_{K_\beta}}$ -Z-Diagramm.

Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms den Abschirmfaktor. Warum erwartet man einen Wert größer als 1?

Element	Calcium	Titan	Eisen	Kupfer
Kernladungszahl Z	20	22	26	29
f_{K_β} in 10^{18} Hz	1,0	1,2	1,7	2,2

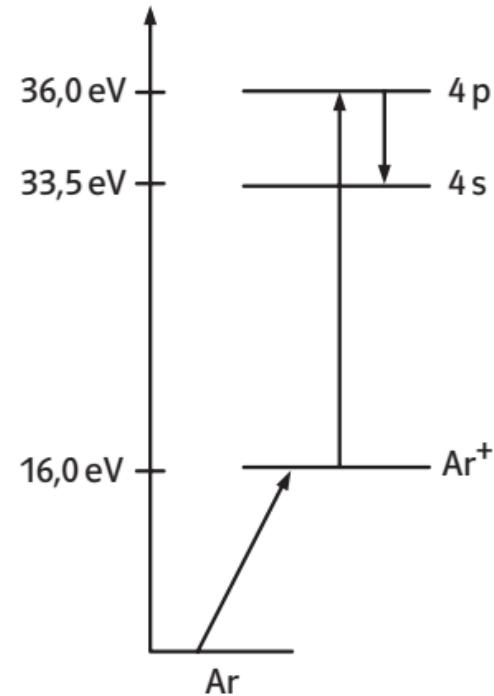


1. Erläutern Sie die Begriffe spontane Emission, gestimulierte Emission, metastabile Zustände, Besetzungsinvolution.

2. Argon-Ionen lassen sich zur Erzeugung von Laserlicht verwenden. Durch Elektronenstoß werden die Argon-Atome zunächst ionisiert und anschließend durch einen weiteren Stoß auf das 4 p Niveau gehoben. Das Laserlicht entsteht beim Übergang vom 4 p- in den 4 s-Zustand.

a) Berechnen Sie die Geschwindigkeit, die ein Elektron mindestens haben muss, um ein Argon-Ion auf das Laserniveau zu heben.

b) Ermitteln Sie die Wellenlänge des Laserlichtes.



Konstanten: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$
 $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
 $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



1. Beschreiben Sie kurz die folgenden Bindungstypen.
 - a) metallische Bindung
 - b) kovalente Bindung
 - c) ionische Bindung
2. Was versteht man unter „Fermi-Energie“?
3. Licht einer Glühlampe wird in seine Spektralfarben zerlegt. In den Lichtweg bringt man unterschiedliche Metallfolien bzw. Halbleiterplättchen. Es wird jeweils das Absorptionsspektrum gemessen.
Man beobachtet:
 - Die Metallfolien absorbieren stets das gesamte sichtbare und infrarote Spektrum.
 - Die Halbleiterplättchen sind für einen Teil des Spektrums durchlässig.

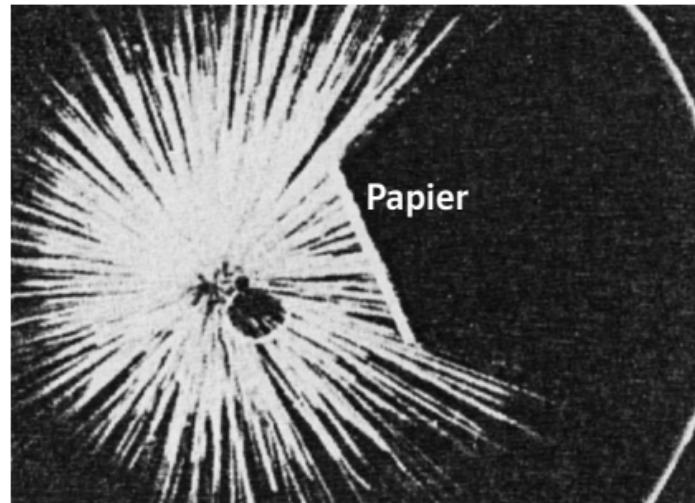


vollständige Absorption durch eine Metallfolie
vollständiges Spektrum
Spektrum nach einem Se-Kristal

Zusatzinfo: $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eVs}$ $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
 $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



1. Fertigen Sie eine Schaltskizze zum Geiger-Müller-Zählrohr an. Erklären Sie seine Funktionsweise.
2. Mit einer Nebelkammer lassen sich Spuren radiaktiver Strahlung sichtbar machen. Wie entsteht ein solches Bild und welche Aussagen kann man über die radioaktive Strahlung machen?
3. Nennen Sie drei weitere Nachweisgeräte.



Ernst Klett Verlag, Archiv

?

Radioaktive Strahlung kann Atome oder Moleküle der umgebenden Stoffe ionisieren.

1. Was versteht man unter α -, β - bzw. γ -Strahlung? Welche Eigenschaften haben sie (Energie, Reichweite, Absorption)?
2. Ein schmales Bündel radioaktiver Strahlung geht senkrecht zu den Feldlinien durch ein starkes Magnetfeld. Beschreiben Sie, wie sich die Strahlung verhält.
3. Beschreiben Sie einige biologische Folgen radioaktiver Strahlung.



1. Die Zählrate z eines radioaktiven Präparates nimmt mit der Zeit ab. Mit dem Geiger-Müller-Zählrohr wurde die folgende Messreihe aufgenommen. Die Nullrate ist bereits berücksichtigt.

t in s	0	60	120	180	240	300	360	420	480
z in s^{-1}	41	28	22	18	13	10	9	6	5

- Zeichnen Sie ein t - $\ln(z/z_0)$ -Diagramm und begründen Sie, dass die Zählrate nach einem Exponentialgesetz abnimmt.
- Bestimmen Sie mit Hilfe des Diagramms die Halbwertszeit $T_{1/2}$ und die Zerfallskonstante λ .
- Geben Sie das Zerfallsgesetz an.

2. In der Medizin, Technik und Forschung wird Co57 als γ -Strahler eingesetzt. Die Halbwertszeit beträgt 270 Tage. Für einen Einsatz wird eine Anfangsaktivität von $5,0 \cdot 10^6$ Bq benötigt. Wie lange kann man mit dem Präparat arbeiten, bis die Aktivität auf $4,0 \cdot 10^6$ Bq gefallen ist?



1. Beschreiben Sie mit Hilfe einer Skizze das Potenzialtopfmodell des Atomkerns.
2. Erläutern Sie im Potenzialtopfmodell den α -, β - und γ -Zerfall. Geben Sie die zugehörigen Zerfallsgleichungen an.

?

1. Zeigen Sie, dass die Beziehung $1uc^2 = 931,5 \text{ MeV}$ gilt.
2. Erläutern Sie am Beispiel des Heliumkerns Massendefekt und Bindungsenergie.
3. Erläutern Sie anhand der Abbildung, warum bei der Spaltung schwerer Kerne in zwei mittelschwere Kerne Energie freigesetzt wird.

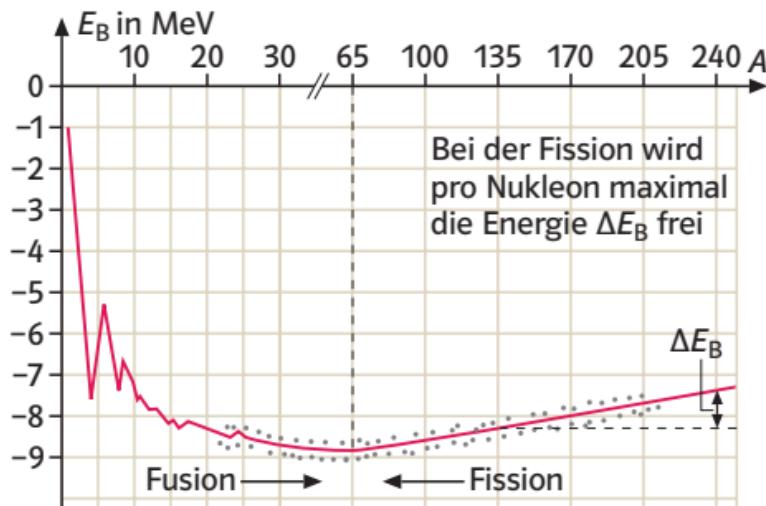
Zusatzinfo:

Atomare Masseneinheit:

$$u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

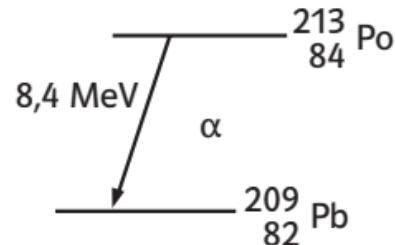
Vakuum-Lichtgeschwindigkeit:

$$c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



?

Polonium 213 ist ein α -Strahler. Die Abbildung zeigt das zugehörige Energieschema.



1. Das α -Teilchen befindet sich nach dem Zerfall im elektrischen Feld des neu entstandenen Kerns.
Ermitteln Sie die kinetische Energie, die das α -Teilchen in großer Entfernung vom neuen Kern haben müsste. Die Ausdehnung des α -Teilchens dürfen Sie vernachlässigen.
2. Vergleichen Sie das Ergebnis aus 1 mit dem Energieschema. Stellen Sie dar, wie der α -Zerfall erklärt werden kann.



Das Niobisotop $^{95}_{41}\text{Nb}$ ist nicht stabil, es geht unter Anwendung von β -Strahlung in ein Molybdänisotop über. Der Molybdän-Kern befindet sich im angeregten Zustand von 0,768 MeV. Anschließend geht er durch das Aussenden eines Gammaquants in den Grundzustand über.

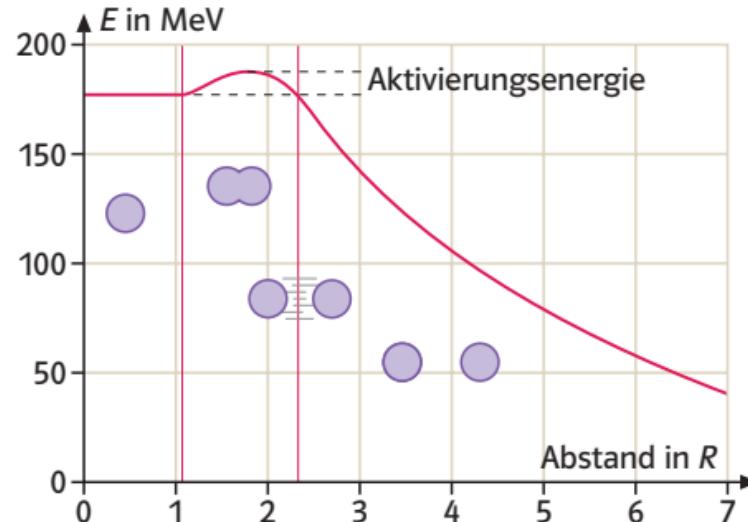
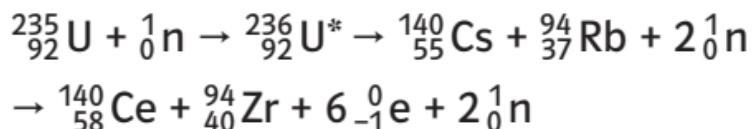
1. Zeichnen Sie das zugehörige Energieschema und geben Sie die Zerfallsgleichung an.
2. Zeigen Sie, wie man aus den Kernmassen die maximale Energie der Elektronen der β -Strahlung berechnen kann.
3. Berechnen Sie aus der Differenz der Kernmassen die maximale Energie der Elektronen der β -Strahlung:

$$m\left(^{95}_{41}\text{Nb}\right) - m\left(^{95}_{42}\text{Mo}\right) = 1,542 \cdot 10^{-3} \text{ u.}$$

Begründen Sie, warum die meisten Elektronen eine geringere Energie erhalten, als diese Rechnung ergibt.



- Erläutern Sie anhand der Abbildung die Kernspaltung im Tröpfenmodell des Kerns. Gehen Sie dabei auch auf die Aktivierungsenergie ein.
- U-235 kann durch langsame Neutronen, U-238 dagegen nur durch schnelle Neutronen gespalten werden. Begründen Sie dies.
- Die Zerfallsgleichung stellt ein Beispiel für eine Kernspaltung dar. Beschreiben Sie die Vorgänge und berechnen Sie die freiwerdende Bindungsenergie.



	U-233	U-235	U-238
Aktivierungsenergie	5,2 MeV	5,8 MeV	6,3 MeV
Bindungsenergie des angelagerten Neutrons	6,7 MeV	6,4 MeV	4,8 MeV

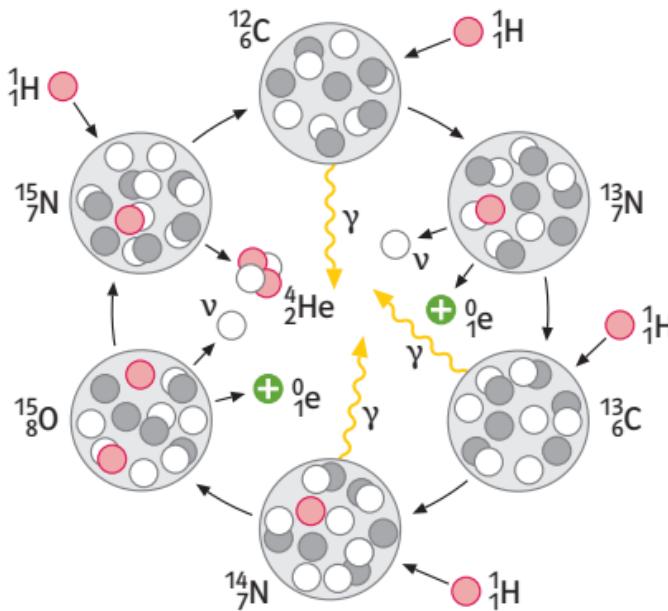


1. Die Sonne gewinnt ihre Energie aus der Fusion von Protonen. Diese läuft nach dem Bethe-Weizsäcker-Zyklus ab.

Geben Sie alle Kernumwandlungen des Zyklus an. Zeigen Sie, dass

$$4 \cdot {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + 2 \cdot {}_{-1}^0\text{e} + 3\gamma + 2\nu + 24,7 \text{ MeV}.$$

Beginnen Sie mit ${}_{\text{6}}^{\text{12}}\text{C} + {}_{\text{1}}^{\text{1}}\text{H} \rightarrow {}_{\text{7}}^{\text{13}}\text{N} + \gamma$.



2. Zur Realisation einer Fusion müssen die Kerne gegen die abstoßende Coulombkraft in den Wirkungsbereich der Kernkräfte gelangen. Die dafür benötigte Energie beträgt etwa 0,40 MeV. Aus der kinetischen Gastheorie folgt für die mittlere Energie der Gasteilchen $E_{\text{kin}} = 3/2 \cdot k \cdot T$ (k ist die Boltzmann-Konstante). Berechnen Sie die Temperatur, die zum Erreichen der 0,40 MeV notwendig ist.

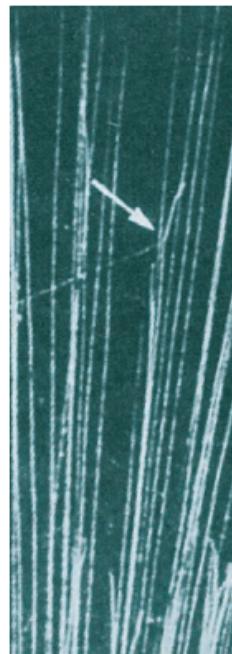
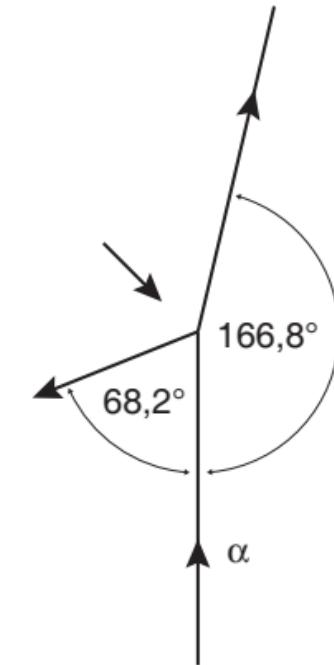
$$m_p = 1,0072765 \text{ u}; m_{\text{He}} = 4,0015064 \text{ u}; m_e = 0,00054858 \text{ u}$$



Rutherford schickte 1919 in eine mit Stickstoff gefüllte Nebelkammer α -Teilchen. Hierbei entdeckte er eine Spur, die sich in eine lange dünne und eine kurze dicke gabelte. Er fand heraus, dass die dünne Spur zu einem Proton gehörte.

Das α -Teilchen stößt mit dem Stickstoffkern zusammen. Es bildet sich der Kern eines Fluor isotops. Dieser zerfällt in ein Proton und einen Sauerstoffkern.

1. Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf. Berechnen Sie die Mindestenergie, die ein α -Teilchen haben muss, damit die Kernumwandlung möglich ist.

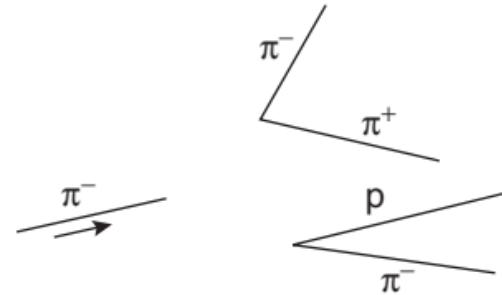


2. Aus Reichweitemessungen weiß man, dass die Energie des α -Teilchens vor dem Stoß 3,9 MeV betrug. Berechnen Sie mit den Winkelangaben Impuls und kinetische Energie der wegfliegenden Teilchen. Vergleichen Sie die Energien. Geben Sie eine Erklärung für die Differenz an.



1. Die Abbildung stellt schematisch einen Ausschnitt aus einer Blasenkammeraufnahme dar.

- Betrachten Sie die beiden Stellen, an denen zwei Teilchen entstehen. Warum müssen diese aus mindestens einem dritten Teilchen entstanden sein?
- Die Spur des dritten Teilchens ist nicht sichtbar. Auf welche Teilcheneigenschaft kann man schließen?
- Bei der Blasenklammeraufnahme handelt es sich um die folgenden Zerfälle:
 $K^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+$ und $\Lambda \rightarrow \pi^- + p$



Zeichnen Sie die unsichtbaren Bahnen gestrichelt ein und bezeichnen Sie diese.

- Bei der Entdeckung des K^0 -Zerfalls war das Kaon 3 cm vom Entstehungsort entfernt. Das Kaon bewegt sich fast mit Lichtgeschwindigkeit. Berechnen Sie seine ungefähre Lebensdauer.

2. Welche Bedingungen müssen für eine Paarerzeugung $\gamma \rightarrow e^+ + e^-$ erfüllt sein?

3. Warum ist es nicht möglich, dass aus einem Photon nur ein Elektron entsteht?



1. Außer der Gravitation gibt es drei weitere Wechselwirkungen. Welche Wechselwirkungen sind dies?
Nennen Sie die Austauschteilchen.
Geben Sie je ein Beispiel an.
2. Geben Sie zum Teilchenprozess $e^- + e^- \rightarrow e^- + e^-$ das Feynman-Diagramm an und erläutern Sie dies.
3. Berechnen Sie die Masse, die ein Austauschteilchen mit der Reichweite $r \approx 10^{-15} \text{ m}$ haben müsste.

Konstanten: $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ und $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$



1. Das Standardmodell besteht aus 12 elementaren Bausteinen. Ergänzen Sie die Tabelle

Generation	I (leicht)	II (mittelschwer)	III (schwer)
Quarks	up-Quark u		
Leptonen			tauon Neutrino
		Müon μ^-	

2. Was sind Fermionen, was sind Bosonen?

3. Beschreiben Sie den Aufbau eines Neutrons im Standardmodell.

4. Zeichnen Sie für den β^- Zerfall ein Feynman-Diagramm.



1. Nennen Sie die Grundannahmen für das Modell des idealen Gases.
2. Eine Stahlflasche ist mit 100 l Stickstoff gefüllt. Bei einer Temperatur von 20,0°C beträgt der Druck 23,0 MPa. Die Stahlflasche ist bis zu einem Maximaldruck von 28,0 MPa zugelassen.
 - a) Ermitteln Sie die maximal zugelassene Temperatur, bei der die gefüllte Flasche gelagert werden darf.
 - b) Berechnen Sie die Masse der 100 l Stickstoff. Die relative Molekülmasse beträgt 28,0.

Konstanten: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ $R = 8,31 \text{ J/(K \cdot mol)}$ $1 u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$



1. Ein Wasserstoffgas hat die Temperatur $500\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es verhält sich wie ein ideales Gas. Die Masse eines Wasserstoffmoleküls beträgt $3,347 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$.
 - Berechnen Sie die mittlere kinetische Energie, die mittlere Geschwindigkeit und den mittleren Impuls eines Wasserstoffmoleküls.
Es darf die Näherung $\bar{v}^2 = \bar{v}^2$ benutzt werden.
 - Ermitteln Sie den Impuls, den ein Teilchen bei einem senkrechten elastischen Stoß im Mittel auf die Wand überträgt.

2. Die Geschwindigkeiten der einzelnen Teilchen eines idealen Gases sind statistisch verteilt. Die Abbildung zeigt qualitativ eine Geschwindigkeitsverteilung.
Erläutern Sie, warum man zwischen häufigster und mittlerer Geschwindigkeit unterscheiden muss.



Konstanten: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}\text{ J/K}$

1. Erläutern Sie den Begriff „innere Energie“.
2. Was versteht man unter spezifischer Wärmekapazität?
3. 100 m³ Wasser soll als Energiespeicher für die Sonnenenergie dienen. Berechnen Sie die Energie, die benötigt wird, um die Temperatur des Wassers um 30 °C zu erhöhen. Wie lange reicht diese Energie für die Heizung eines Hauses bei einer Heizleistung von 20 kW ($c_{\text{Wasser}} = 4,2 \text{ kJ/(kg} \cdot \text{K)}$; $\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ g/cm}^3$)?
4. Bei Gasen unterscheidet man zwischen der spezifischen Wärmekapazität c_v bei konstantem Volumen und der spezifischen Wärmekapazität c_p bei konstantem Druck. Begründen Sie, warum c_p größer als c_v sein muss.



1. Der erste Hauptsatz der Thermodynamik lautet:

$$\Delta U = Q + W$$

- Beschreiben Sie die Bedeutung der in der Gleichung vorkommenden Größen.
- Geben Sie für die folgenden Fälle je ein Beispiel an:

$W = 0$ und $Q > 0$,

$W = 0$ und $Q < 0$,

$W > 0$ und $Q = 0$,

$W < 0$ und $Q = 0$.

2. Eine abgeschlossene Gasmenge wird isotherm vom Volumen $V_1 = 20 \text{ dm}^3$ auf

$V_2 = 5 \text{ dm}^3$ komprimiert. Der Anfangsdruck beträgt $p_1 = 1000 \text{ hPa}$.

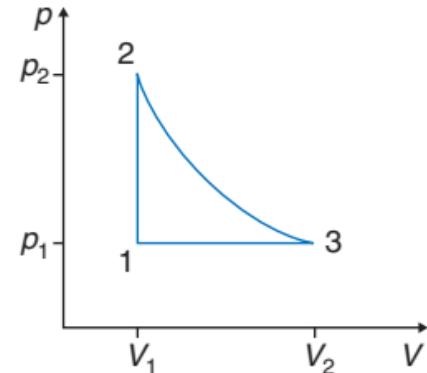
Berechnen Sie die zur Kompression des Gases notwendige Arbeit.



1. Erläutern Sie, was man unter einem reversiblen bzw. einem irreversiblen Vorgang versteht.
2. Der in der Abbildung dargestellte Kreisprozess wird von einem idealen Gas ($m = 200 \text{ g}$, $c_p = 0,52 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$, $c_v = 0,31 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$) im Uhrzeigersinn durchlaufen. Dabei gilt:

Zustand 1	Zustand 2	Zustand 3
100 kPa	150 kPa	100 kPa
150 dm ³	150 dm ³	200 dm ³
300 K	450 K	450 K

Die Zustandsänderung von 2 nach 3 verläuft isotherm



Ermitteln Sie den Wirkungsgrad dieses Kreisprozesses.



1. Erläutern Sie die Funktionsweise einer Wärmepumpe.
2. Eine Wärmepumpe nutzt Grundwasser der Temperatur $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Nutzwärme wird bei $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ übertragen.
Berechnen Sie den theoretischen Wirkungsgrad.
3. Ein Benzinmotor eines Autos verbraucht stündlich 22 kg Benzin mit einem Heizwert von 42 MJ/kg . Die Motorleistung beträgt 66 kW .
Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Motors.
4. Der Motor aus Aufgabe 3 hat ein Verdichtungsverhältnis von $12:1$.
Berechnen Sie den theoretischen Wirkungsgrad, falls $\kappa = 1,4$ ist.
Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem Wirkungsgrad aus 3.



1. Formulieren Sie den zweiten Hauptsatz mit Hilfe der Entropie.
2. Bei welchen Vorgängen kann die Entropie eines abgeschlossenen Systems
 - zunehmen,
 - abnehmen,
 - weder zu- noch abnehmen?
3. Zwei Körper der Temperatur T_1 und T_2 mit $T_1 > T_2$ werden miteinander in Kontakt gebracht. Berechnen Sie die Entropieänderung ΔS des Systems (bei konstanten Temperaturen T_1 und T_2) und zeigen Sie, dass $\Delta S > 0$ ist.
4. Die Temperatur des Wassers einer Warmwasserheizung beträgt 60° . Um eine konstante Raumtemperatur von 20°C zu erhalten, muss die Heizung je Sekunde eine Energie von 120 J an den Raum abgeben. Ermitteln Sie die Energieentwertung.

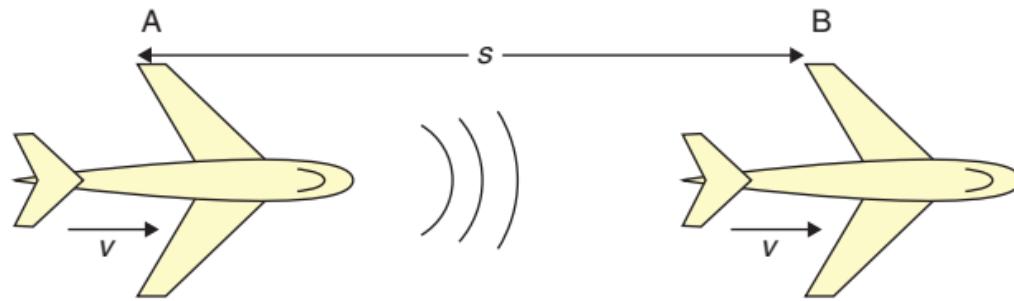


1. Erläutern Sie, was man unter einem schwarzen Körper versteht.
2. Die Sonne hat ihre maximale Strahlungsleistung bei einer Wellenlänge von $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$. Ermitteln Sie die ungefähre Temperatur der Sonnenoberfläche.
3. 30 % der eingestrahlten Sonnenleistung wird von der Erde sofort reflektiert, 70 % tragen zur Erwärmung der Atmosphäre und der Erdoberfläche bei. Die Solarkonstante ist $S = 1370 \text{ W/m}^2$. Welche mittlere Temperatur für die Erde ergibt sich aus diesen Daten? Die tatsächliche Durchschnittstemperatur liegt bei etwa 15 °C. Erklären Sie den Unterschied zum berechneten Wert.



1. Erläutern Sie, was man unter einem Intertialsystem versteht. Nennen Sie Beispiele für Inertialsysteme und beschleunigte Bezugssysteme.

2. Zwei Flugzeuge A und B fliegen mit derselben Geschwindigkeit v relativ zur ruhenden Luft. Ein Schallsignal wird von A nach B gesandt, dort reflektiert und von A wieder empfangen.



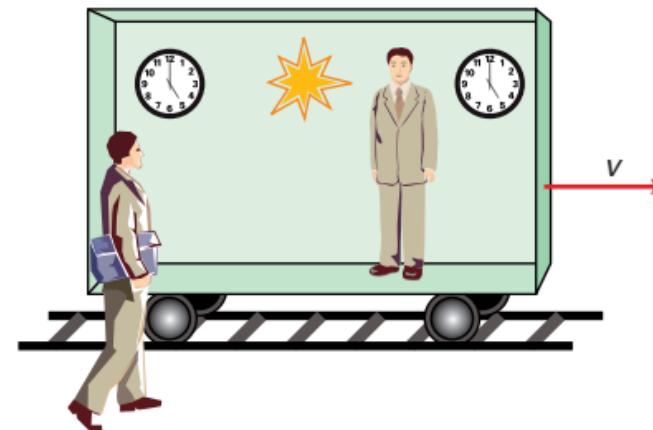
Berechnen Sie die Laufzeit für das Signal von A – B – A.

Argumentieren Sie aus der Sicht des Piloten im Flugzeug A und dann aus der Sicht eines Beobachters, der relativ zur Luft ruht.

3. Formulieren Sie die Einstein'schen Postulate.



1. Zwei Uhren, die sich an verschiedenen Orten A und B eines Inertialsystems befinden und nicht synchron gehen, sollen synchronisiert werden. Beschreiben Sie ein mögliches Verfahren.
2. Erläutern Sie, was man unter einem Minkowski-Diagramm versteht. Beschränken Sie sich auf eindimensionale Bewegungen.
3. Ein Zug fährt mit der konstanten Geschwindigkeit $v = 0,6 c$. In der Mitte eines Wagens wird ein Lichtblitz gezündet, dieser wird von Uhren an den Wagenenden registriert. Erläutern Sie den Vorgang aus der Sicht eines Reisenden und aus der Sicht eines Beobachters am Bahndamm. Zeichnen Sie ein Minkowski-Diagramm für den Beobachter am Bahndamm.



1. Man kann die Lebensdauer t von Elementarteilchen bestimmen, indem man ihre Geschwindigkeit v und den während dieser Zeit zurückgelegten Weg s misst. Für ein π -Meson gilt z. B. $v = 0,75 c$ und $s = 8,5 \text{ m}$.
Berechnen Sie die Lebensdauer im Laborsystem und im Ruhesystem des Myons.
2. In einem Beschleuniger wird ein Elektron auf die Geschwindigkeit von $0,8c$ beschleunigt. Anschließend durchfliegt es eine Strecke von 10 m mit der konstanten Endgeschwindigkeit.
Berechnen Sie die Streckenlänge im Ruhesystem eines Elektrons.
3. Von welcher Größenordnung ist v/c für ein Auto im Stadtverkehr. Welche Konsequenzen hat das Ergebnis für die Relativitätstheorie?



1. Welche physikalische Bedeutung hat der Dopplerfaktor $k = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$?
2. Erläutern Sie, worin sich akustischer und optischer Dopplereffekt unterscheiden.
3. Im Spektrum des Spiralnebels Hydra findet man die H-Absorptionslinie bei einer Wellenlänge von $\lambda_0 = 475$ nm. Bei einer ruhenden Quelle hat diese Linie die Wellenlänge $\lambda_B = 394$ nm. Berechnen Sie die Fluchtgeschwindigkeit des Nebels in Einheiten der Lichtgeschwindigkeit.
4. Die mündliche Physikprüfung soll in diesem Jahr in einem Raumschiff stattfinden. Das Raumschiff entfernt sich mit einer Geschwindigkeit $v = \frac{12}{13}c$ von der Erde. Die Prüfung wird durch das Fernsehen zur Erde übertragen. Die Prüfungsdauer soll für die Prüfungskommission auf der Erde 20 Minuten betragen. Wie lang darf die Prüfung im Raumschiff sein?



1. Der Ausdruck $x^2 - c^2 t^2$ hat in allen Inertialsystemen den gleichen Wert.
Man sagt der Ausdruck ist invariant gegenüber Lorentz-Transformationen.
Welcher physikalische Sachverhalt fordert diese Invarianz?
2. Ein Raumfahrer verlässt in einer Silvesternacht um 24.00 Uhr mit $v = 0,5c$ die Erde in einer Rakete. Genau ein Jahr später (in seinem Raum-Zeit-System) zündet er ein Feuerwerk.
Wo befindet er sich in diesem Moment für die irdische Kontrollstation und wann hat das Ereignis für sie stattgefunden?
3. Ein Raumschiff entfernt sich mit der Geschwindigkeit $v = 0,5c$ von der Erde. Im Raumschiff befindet sich ein β -Strahler. Dieser sendet Elektronen mit der Geschwindigkeit $v = 0,5c$ in Flugrichtung aus.
 - Ermitteln Sie mit Hilfe eines Minkowski-Diagramms die Geschwindigkeit der Elektronen relativ zur Erde.
 - Bestimmen Sie die Geschwindigkeit rechnerisch.



$m = m(v)$ ist die von der Geschwindigkeit abhängige träge Masse eines Körpers.

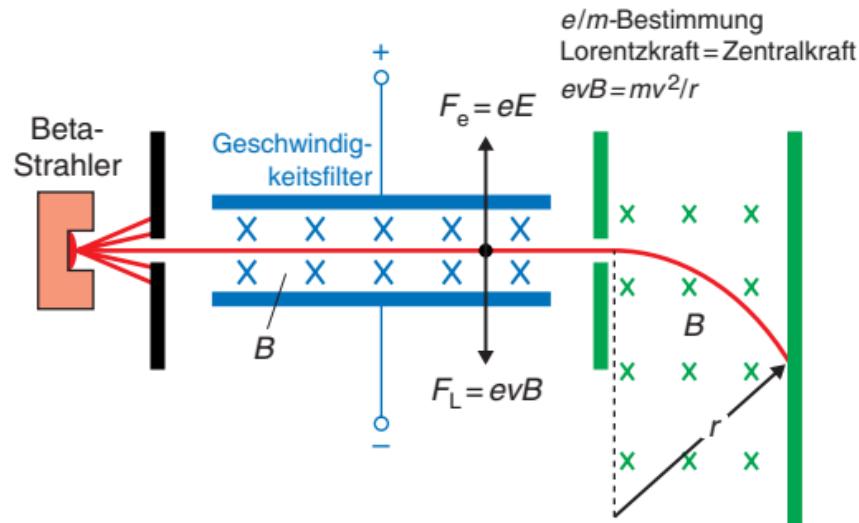
1. Beschreiben Sie das abgebildete Experiment. Aus welchem Ergebnis kann auf die Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse geschlossen werden?

Gegeben sind die folgenden experimentellen Daten: Elektrische Feldstärke $E = 7,2 \cdot 10^6 \text{ V/m}$, magnetische Flussdichte $B = 0,030 \text{ Vs/m}^2$ und $r = 7,6 \text{ cm}$.

Berechnen Sie die Masse m des Elektrons am Ende des Kondensators.

Berechnen Sie aus der Bedingung „Lorentzkraft = Zentralkraft“ die spezifische Ladung der Elektronen und vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit dem Tabellenwert $e/m_0 = 1,7588 \cdot 10^{11} \text{ C/kg}$.

2. Elektronen ($m_0 = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$) werden aus der Ruhe durch eine Spannung von 300 kV beschleunigt. Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit der Elektronen.



?

1. Nennen Sie die Definition für die Entfernungseinheit 1 Parsec.
2. Proxima Centauri im Sternbild Centauros hat die Parallaxe $\pi = 0,762''$. Bestimmen Sie seine Entfernung in pc und Lj.
3. Deneb (α Cyg) weist eine scheinbare Helligkeit von $m = 1,3$ auf. Seine absolute Helligkeit beträgt $M = -7,5$. Berechnen Sie seine Entfernung.
Kann von der Erde aus die Entfernung mit trigonometrischer Parallaxe bestimmt werden? Begründen Sie Ihre Antwort mit einer kurzen Rechnung.

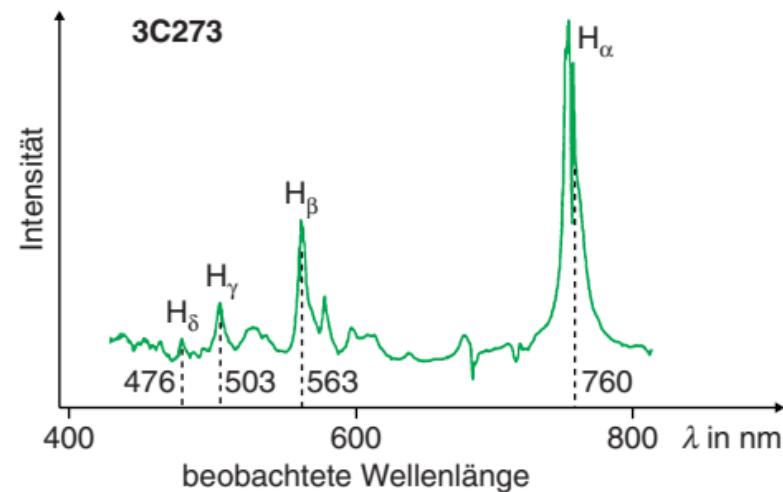


1. Astronomische Spektren sind entweder Emissions- oder Absorptionsspektren. Erläutern Sie, wie diese entstehen.

2. Die Abbildung zeigt das Spektrum des Quasars 3C 273.

a) Das Verhältnis der Wellenlängen der markierten Linien entspricht dem der Balmerserie. Überprüfen Sie dies.

Balmerserie			
rot	grün	blau	violett
656 nm	486 nm	434 nm	410 nm



b) Ermitteln Sie die Rotverschiebung.

c) Berechnen Sie die Fluchtgeschwindigkeit ($H = 65 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpc})$). Es genügt eine nicht-relativistische Rechnung.

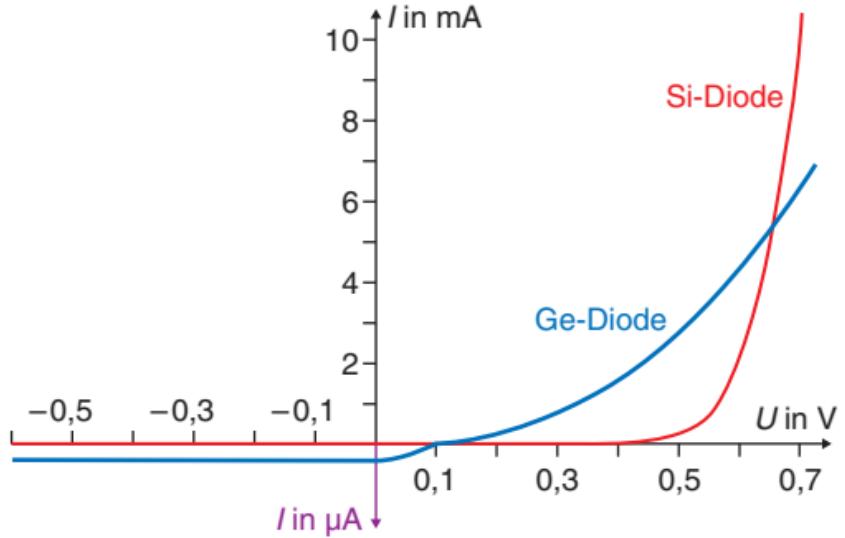
d) Berechnen Sie die Entfernung des Quasars.



1. Was versteht man unter der Leuchtkraft eines Sterns? Wie groß ist die Leuchtkraft der Sonne?
2. Skizzieren Sie ein Hertzsprung-Russel-Diagramm, in dem die üblichen Sterngebiete eingetragen sind. Tragen Sie in das Diagramm die folgenden Sterne ein:
Schedir (4100 K/ $200 L_{\odot}$), Sirius A (9500 K/ $22 L_{\odot}$), Wolf 395 (2800 K/ $0,001 L_{\odot}$).
3. Skizzieren Sie im Hertzsprung-Russel-Diagramm den weiteren Lebensweg von Wolf 395.
4. Beschreiben Sie in Stichworten den Lebensweg eines Hauptreihensterns mit einer Masse von etwa einer Sonnenmasse.
5. Stellen Sie in einer Tabelle die Endzustände der Sternentwicklung in Abhängigkeit von der Sternmasse zusammen.



Das folgende Diagramm zeigt die Kennlinien zweier Dioden.



1. Beschreiben Sie einen Versuch, mit dem man diese Kennlinien aufnehmen kann.
Skizzieren Sie den zugehörigen Schaltplan.
2. Interpretieren Sie die Kennlinien.



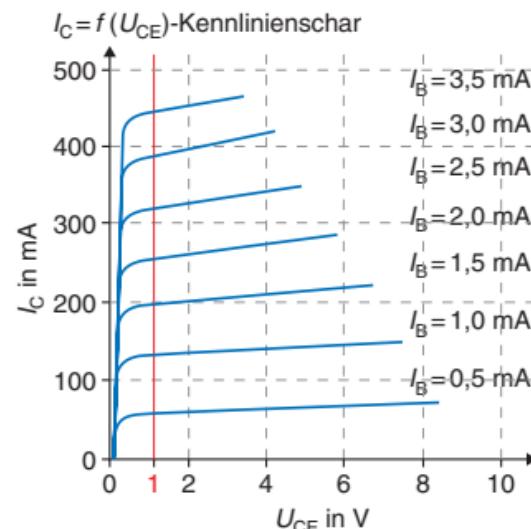
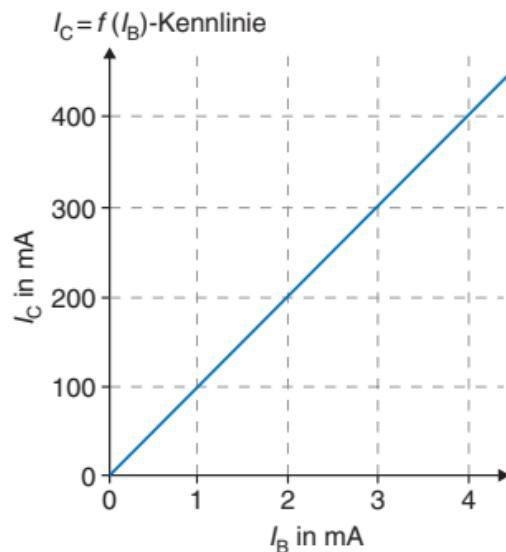
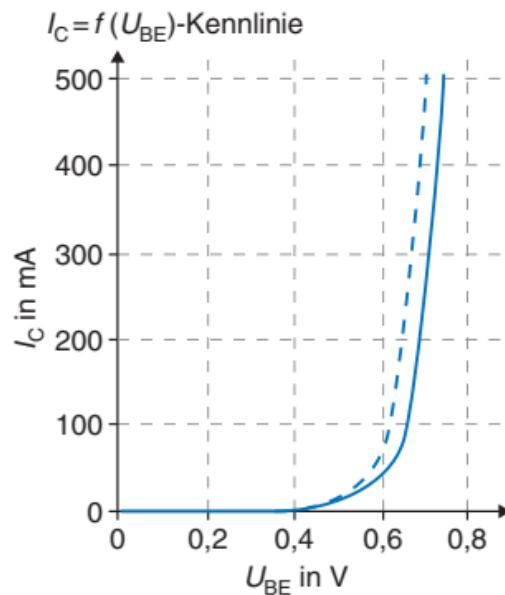
1. Halbleiter können gezielt verunreinigt werden, um die elektrische Leitfähigkeit des Halbleiters zu verändern. Dazu dotiert man die Halbleiter mit Fremdatomen der III. oder V. Hauptgruppe des Periodensystems.
Erläutern Sie anhand einer Skizze wie man sich die p-Leitung und n-Leitung im Kristallmodell vorstellt. Als Halbleiter soll Silicium verwendet werden.
2. Spezielle Halbleiter sind Thermistoren und Fotowiderstände (LDR). Die Thermistoren unterteilen sich in Heißleiter (NTC-Widerstand) und Kaltleiter (PTC-Widerstand).
Nennen Sie die typischen Eigenschaften dieser speziellen Halbleiter.



1. Beschreiben Sie einen Leiter im Bändermodell.
2. Der spezifische Widerstand berechnet sich nach der Formel: $\rho_{\text{Spezifisch}} = \frac{1}{n \cdot e \cdot \mu}$.
Dabei ist n die Dichte der Ladungsträger,
 μ die Beweglichkeit der Ladungsträger und e die Elementarladung.
 - a) Erklären Sie die physikalischen Größen $\rho_{\text{Spezifisch}}$ und μ .
 - b) Ein Mol Kupfer hat eine Masse von 65,546 g, eine Dichte von 8,93 g/cm³ und einen spezifischen Widerstand von 0,017 Ωmm²/m.
Berechnen Sie die Beweglichkeit der Ladungsträger.
(Avogadrozahl: $N_A = 6,022142 \cdot 10^{23}$)



Die folgenden Diagramme zeigen die Kennlinien für einen Transistor. Sie geben an, wie die einzelnen Werte miteinander im Verhältnis stehen, und zeigen, wie der Transistor funktioniert.



Interpretieren Sie die Kennlinien.

