

Aufgabenkatalog zum Physikalischen Praktikum

für Studierende der Medizin, Zahnmedizin und Biochemie/Molekularbiologie

Alle Aufgaben beziehen sich auf die physikalischen Grundlagen und Inhalte der Praktikumsversuche. Die Aufteilung der einzelnen Rubriken entspricht jedoch nicht in jedem Fall derjenigen der Versuchsinhalte. Die Klausuraufgaben werden aus diesem Katalog entnommen, oder entsprechen im Schwierigkeitsgrad den hier aufgeführten Aufgaben. Es ist es eine gute Idee, sich bereits während der Versuche mit den Aufgaben aus den entsprechenden Themenbereichen zu beschäftigen; damit ist bereits eine gute Vorbereitung auf die Klausuren gegeben und separate Vorbereitungen können zumeist entfallen. Frau Dr. D. Staiger hat dankenswerter Weise die Aufgaben auf ihren Sinngehalt für ein medizinisch orientiertes Studium durchgesehen und ergänzende Aufgaben beigetragen.

Frau Dipl.-Phys. U. Priebe hat freundlicherweise die Aufgabensammlung sowie Lösungen durchgesehen und notwendige Korrekturen vorgenommen.

DIESE AUFGABENSAMMLUNG DARF BEI DEN KLAUSUREN NICHT VERWENDET WERDEN.

Inhalt

<i>1. Mechanik</i>	<i>2</i>
<i>2. Erster Hauptsatz der Thermodynamik</i>	<i>4</i>
<i>3. Temperaturstrahlung</i>	<i>5</i>
<i>4. Archimedisches Prinzip</i>	<i>6</i>
<i>5. Mechanische Schwingungen</i>	<i>7</i>
<i>6. Schall, Ultraschall</i>	<i>8</i>
<i>7. Viskosität</i>	<i>9</i>
<i>8. Elektrolyse</i>	<i>10</i>
<i>9. Messen mit dem Oszilloskop</i>	<i>11</i>
<i>10. Einfache elektrische Schaltungen</i>	<i>12</i>
<i>11. Geometrische Optik, Mikroskop</i>	<i>14</i>
<i>12. Wellenoptik, Polarimeter</i>	<i>16</i>
<i>13. Prismenspektroskopie</i>	<i>17</i>
<i>14. Röntgenstrahlung</i>	<i>18</i>
<i>15. Radioaktivität</i>	<i>19</i>
<i>16. Praktische Aufgaben</i>	<i>20</i>
<i>Hinweise und Lösungen</i>	<i>23</i>
<i>Größen und Formeln aus den Versuchen</i>	<i>39</i>

1. Mechanik

Formeln

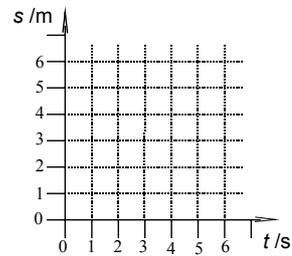
1.1 Ein Körper befindet sich innerhalb der irdischen Atmosphäre im freien Fall. Welche auf ihn wirkenden Kräfte sind im Gleichgewicht?

1.2 Welche Zeit t benötigt ein im Schwerfeld der Erde frei fallender Körper zum Durchfallen einer Höhe von $h = 10\text{m}$? (Luftwiderstand vernachlässigt; Anfangsgeschwindigkeit $v = 0\text{ms}^{-1}$)

$$s = \frac{v t}{2}$$

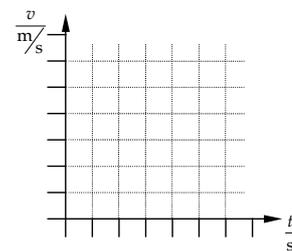
$$a = \frac{v}{t}$$

1.3a Zeichnen Sie in nebenstehendem Weg-Zeit-Diagramm die Kurve einer konstanten Geschwindigkeit von $v = 7,2\text{km/h}$ ein. oder



1.3b Stellen Sie in nebenstehendem Koordinatensystem prinzipiell dar:

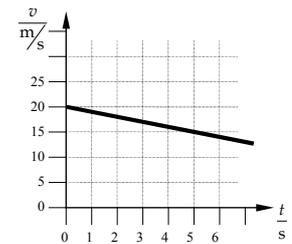
- a.) eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit $v \neq 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$,
- b.) eine (positiv) beschleunigte Bewegung,
- c.) eine verzögerte (negativ beschleunigte) Bewegung.



1.3c Stellen Sie in nebenstehendem Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm folgende Bewegungen prinzipiell dar:

- a.) konstante Geschwindigkeit $v \neq 0 \text{ms}^{-1}$,
- b.) eine (positiv) beschleunigte Bewegung,
- c.) eine verzögerte (negativ beschleunigte) Bewegung.

1.3d Welche Beschleunigung (mit Vorzeichen) ist durch die Gerade in nebenstehendem Koordinatensystem dargestellt?



- 1.4 a.) Misst eine Federwaage Kräfte oder Massen?
- b.) Was vergleicht man mit einer Balkenwaage aus physikalischer Sicht?

1.5 Eine Person der Masse von $m=70\text{kg}$ besteigt einen Berg der Höhe $h=1000\text{m}$. Wie viel Joule hat sie dabei mindestens aufgewendet?

$$W = m \cdot g \cdot h$$

1.6 Eine Person hebt eine 5kg schwere Kugel vom Boden auf und legt sie auf einen Tisch. Wie hoch wurde die Kugel gehoben, wenn an ihr eine Hubarbeit von $W = 36,8\text{J}$ verrichtet wurde?

$$P = \frac{W}{t}$$

1.7 Ein Mensch (Masse $m = 70\text{kg}$) steigt zu Fuß vom Erdgeschoss zu seiner Wohnung im 11. Stockwerk hinauf (Höhenunterschied $h = 33\text{m}$).

- a) Wie groß ist die von ihm verrichtete mechanische Hubarbeit ΔW_{mech} ? ($g = 9,81\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$)
- b) Wie groß ist die damit verbundene Leistung P , wenn er den Aufstieg in zwei Minuten schafft?

$$I = m v$$

1.8 Zwei Stahlkugeln mit den Massen $m_1=1\text{kg}$ und $m_2=2\text{kg}$ werden gleichzeitig aus einer Höhe von $h = 11\text{m}$ fallen gelassen. Wie groß sind nach einem Fallweg von $s = 10\text{m}$ für die beiden Kugeln

$$E_k = \frac{m}{2} v^2$$

- a) die Geschwindigkeiten v_1 und v_2 ?
- b) die Beschleunigungen a_1 und a_2 ?
- c) die Impulse I_1 und I_2 ?
- d) die kinetischen Energien E_{K1} und E_{K2} ?

Hinweise: Vernachlässigen Sie die Luftreibung. Erdbeschleunigung $g = 9,81\text{m/s}^2$.

	Formeln
1.9 Auf einen zylindrischen Stempel mit dem Radius $r = 1,5\text{dm}$ wirke die Kraft $F = 10\text{kN}$. Welchen Druck in Pascal erzeugt der Stempel?	$p = \frac{F}{A} = \frac{F}{r^2 \pi}$
1.10 Welche tangentielle Kraft entwickelt ein kleiner Elektromotor am Rande seiner Schwungradscheibe (Radius der Schwungradscheibe $r = 3\text{cm}$), wenn er ein Drehmoment von $M = 5\text{kN}\cdot\text{cm}$ entwickelt?	$M = r \cdot F \cdot \sin \alpha$
1.11 Mit welchen Erhaltungssätzen kann der elastische Stoß (z. B. der zentrale Stoß zweier elastischer Kugeln) beschrieben werden?	

2. Erster Hauptsatz der Thermodynamik

Formeln

- 2.1 Was versteht man unter der
 a.) spezifischen Wärmekapazität b.) molare Wärmekapazität (Molwärme)
 eines Stoffes?
- 2.2 Welche Einheiten für die Temperatur kennen Sie und durch welche Umrechnung hängen diese Temperaturangaben zusammen?
- 2.3 Formulieren Sie die Grundaussagen des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik.
- 2.4 Was versteht man unter einem Perpetuum mobile erster Art?
- 2.5 Sie verwenden die Energie $E = 22\text{kJ} = 22000\text{Nm}$ um 1dm^3 (=1Liter) Wasser zu erwärmen, das die Anfangstemperatur 10°C besitzt. Welche Temperatur erreicht das Wasser?
 Wärmekapazität von Wasser: $c = 4,182 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.
- 2.6 $0,5\text{l}$ Tee von 20°C auf 85°C anzuwärmen, müssen dem Tee $136,03 \text{ kJ}$ zugeführt werden. Wie groß ist seine spezifische Wärmekapazität?
- 2.7 In ein Kalorimeter (Wärmekapazität $C = 52\text{J}/\text{K}$) mit einer Wasserfüllung von $m = 182\text{g}$ und einer Temperatur von $t = 12,4^\circ\text{C}$ wird ein Stück Aluminium $m = 94,3\text{g}$ gebracht, das zuvor in einem Wasserbad auf $t = 99,1^\circ\text{C}$ erwärmt wurde. Es entsteht die Endtemperatur $t = 20,5^\circ\text{C}$. Die spezifische Wärmekapazität von Wasser ist $c = 4,182 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Welche spezifische Wärmekapazität hat das Aluminium?
- 2.8 Die spezifische Wärmekapazität von Kupfer beträgt $c = 0,383 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Wie groß ist etwa seine molare Wärmekapazität oberhalb der Debye-Temperatur?
 (Molare Masse: $M = 63 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)
- 2.9 Eine normal arbeitende Person benötigt täglich Nahrung mit einem Verbrennungswert von ca. 10^4kJ . Wieviel würde diese Energie als elektrische Energie bei der HEW kosten, bei einem Preis von $0,25 \text{ DM}/\text{kWh}$?

$$\Delta Q = E$$

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$$

$$c = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

$$\Delta Q_{Kal} = C \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q_{Al} = \text{s. oben}$$

$$\Delta Q_W = \text{s. oben}$$

$$\sum \Delta Q_i = 0$$

$$C_M \cdot n = c \cdot m$$

$$M = \frac{m}{n}$$

$$E = U \cdot I \cdot t$$

3. Temperaturstrahlung

Formeln

- 3.1 Was ist Temperaturstrahlung physikalisch?
- 3.2 Wie ist die Intensität in der klassischen Physik definiert?
- 3.3 In einer Radoröhre soll die Anode nicht zu heiß werden. Der Wärmetransport durch Konvektion ist wegen des Vakuums nicht möglich und die Wärmeleitung über das Anodenmaterial zu gering. Man versieht sie deshalb mit Metallflügeln, die man schwärzt. Weshalb?
- 3.4 Ein Körper mit der Temperatur T_1 strahlt mit einer Strahlungsleistung von $P_1=1W$. Auf welchen Wert P_2 verändert sich die Strahlungsleistung, wenn sich die absolute Temperatur des Körpers um 10% erhöht / um 30% verringert?
- 3.5 Ein Körper mit der Temperatur T_1 strahlt mit einer Leistung von $P_1=4W$. Nach einer Erhöhung seiner Temperatur strahlt er eine Leistung von $P_2=12W$ ab. Um welchen Faktor wurde seine Temperatur erhöht?
- 3.6 Die Gleichung $P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4$ soll grafisch aufgetragen werden. Wie müssen die Achsen des Netzes geteilt sein, damit sich eine Gerade (Kurve konstanter Steigung) für die Darstellung $P(T)$ ergibt. Begründen Sie die Antwort mathematisch.
- 3.7 Wie ist der Wirkungsgrad η bestimmt, wenn er eine Aussage über die mit der Energie E erzeugte Wärmeenergie ΔQ machen soll?

$$P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4$$

$$\Rightarrow P \propto T^4$$

bzw.

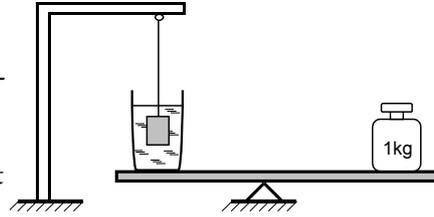
$$\Rightarrow T \propto \sqrt[4]{P}$$

4. Archimedisches Prinzip

Formeln

4.1 Unter welchen Bedingungen
 a.) sinkt b.) steigt c.) schwebt
 ein fester Körper in einer Flüssigkeit?

4.2 Auf einer Balkenwaage befinde sich zunächst ein mit Wasser gefülltes Glasgefäß mit einem Gewicht im Gleichgewicht. Sodann wird entsprechend der nebenstehenden Zeichnung ein Messingkörper, der an einem Faden aufgehängt ist, in das Wasser getaucht. Wie verhält sich die Waage?



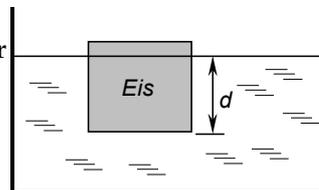
4.3 Erläutern Sie die physikalischen Prinzipien, auf denen die Funktionsweise eines Heißluftballons beruht?

4.4 Welcher meßtechnische Vorteil ergibt sich bei der Bestimmung der Dichte eines festen Körpers durch die Anwendung des Archimedisches Prinzip?

4.5 In einem mit Wasser gefüllten Becher schwimmt ein Eiswürfel. Wie wird sich der Wasserstand im Becher verhalten, wenn der Eiswürfel geschmolzen ist. Begründen Sie Ihre Antwort.

4.6 Ein Schiff schwimmt in einer geschlossenen Schleuse. Verändert sich die Höhe des Wasserstandes in der Schleuse wenn das Schiff vor Anker geht und wenn, hebt oder senkt sich der Wasserstand? (Der Anker liegt dann auf dem Boden der Schleuse, was natürlich gegen die Rechtsvorschriften verstößt.) Versuchen Sie die Antwort zu begründen.

4.7 Ein Eiswürfel (Kantenlänge 2cm) schwimmt wie in nebenstehender Skizze ohne zu kippen im Wasser. Wie tief taucht er ein, wenn die Dichte des Eises $\rho = 0,92 \text{ g/cm}^3$ beträgt?



$$F_A = \rho_{Fl} \cdot g \cdot V_K$$

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$F = m \cdot g$$

4.8 In einem Gefäß voll Quecksilber ($\rho_{Hg} = 13,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) befindet sich eine Goldkugel ($m_{Au} = 19,6 \text{ g}$, $\rho_{Au} = 19,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), die gegen Amalgambildung durch eine dünne Lackschicht geschützt ist.

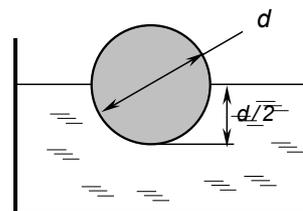
- a) Welche Auftriebskraft F_A erfährt sie ?
- b) Wie groß ist die resultierende Gewichtskraft F_G ?

4.9 Von zwei Eheringen soll durch Wägung in Luft und Wasser überprüft werden, welcher aus reinem Gold, und welcher aus einer Goldlegierung besteht. Die Wägungen haben folgende Gewichtskräfte ergeben:

	Ring 1	Ring 2
Wägung in Luft	$F_1 = 96,50 \text{ mN}$	$F_2 = 96,50 \text{ mN}$
Wägung in Wasser	$F_{1W} = 91,48 \text{ mN}$	$F_{2W} = 89,01 \text{ mN}$

4.10 Wie groß muss die Gewichtskraft einer Kugel mit dem Durchmesser von $d = 5 \text{ cm}$ sein, damit sie auf dem Alkohol schwimmend bis zur Hälfte eintaucht?

Dichte des Alkohols: $\rho_{Alkohol} = 0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$



Kugelvolumen:

$$V_{Kugel} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

5. Mechanische Schwingungen

Formeln

- 5.1
- a.) Was ist eine Schwingung?
 - b.) Welche Schwingungen nennt man „harmonisch“?
 - c.) Hängt die Schwingungsdauer T einer harmonischen Schwingung von der Amplitude ab?

- 5.2
- a.) Was verstehen Sie unter einer gedämpften Schwingung?
 - b.) Verändert sich die Periode einer freien, gedämpften Schwingung während der Schwingung, und wenn ja, wie?

5.3
Was versteht man unter Resonanz?

- 5.4
An welchen Punkten ihrer Bahn erreicht eine harmonisch schwingende Masse
- a.) die größte Geschwindigkeit?
 - b.) die größte Beschleunigung?

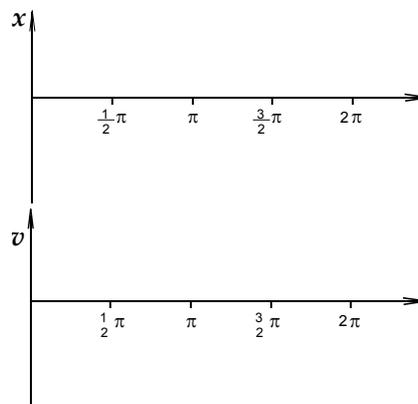
5.5
Eine Masse m (etwa gemäß Skizze von Aufgabe 5.8) schwingt dämpfungsfrei an einer Schraubenfeder. Ihre Elongation (Auslenkung) x ändert sich dabei mit der Zeit t gemäß

$$x(t) = x_0 \cdot \sin(\omega \cdot t).$$

Die Geschwindigkeit der Masse beträgt

$$v(t) = x_0 \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t).$$

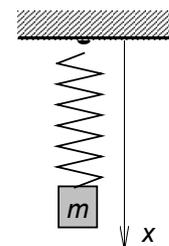
Zeichnen Sie in die nebenstehenden Koordinatensysteme die Elongation x und die Geschwindigkeit v der Masse in Abhängigkeit des Winkels ωt ein.



- 5.6
Bei einer Patientin werden 70 Pulsschläge je Minute gemessen. Mit wie viel Hertz schlägt ihr Herz?

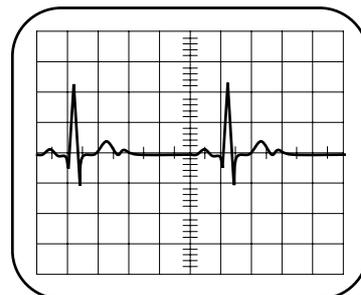
- 5.7
Eine Masse m bilde zusammen mit einer Feder ein periodisch schwingendes System. Die Eigenfrequenz dieses Federpendels beträgt $\nu=2\text{s}^{-1}$. Wie groß ist die Periodendauer T , wenn die Masse um den Faktor 4 **vergrößert** wird?

- 5.8
Eine Masse m bildet zusammen mit einer Feder ein periodisch schwingendes System. Die Eigenfrequenz dieses Federpendels beträgt $\nu=2\text{s}^{-1}$. Wie groß ist die Periodendauer T , wenn die Masse um den Faktor 4 **verkleinert** wird?



- 5.9
Wie groß ist die Periodendauer T eines frei schwingenden, gedämpften Drehpendels mit der Eigenfrequenz $\nu=3\text{s}^{-1}$ wenn der Abklingkoeffizient $\delta=1\text{s}^{-1}$ beträgt?

- 5.10
Auf dem Schirm eines Oszilloskops ist ein EKG (Elektrokardiogramm) zu sehen. Wie groß ist die Herzfrequenz?
Die Horizontalablenkung beträgt: 200ms/cm.
(Die Vertikalablenkung beträgt: 1mV/cm.)



$$v = \frac{1}{T}$$

$$\omega = 2\pi\nu$$

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m}}$$

\Rightarrow

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$$

$$T \propto \sqrt{m}$$

$$\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2$$

6. Schall, Ultraschall

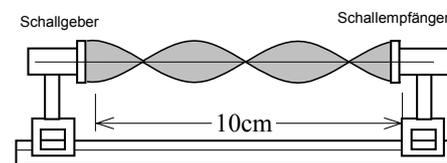
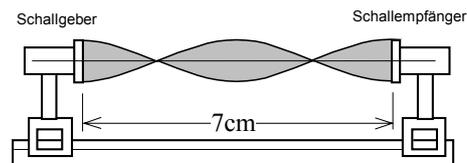
Formeln

- 6.1 Was ist Schall?
- 6.2 Zwischen welcher unteren und welcher oberen Grenzfrequenz ist das menschliche Ohr für Schallschwingungen empfindlich?
- 6.3 Warum hören ältere Menschen das „Singen“ eines Fernsehapparates ($\nu=15\text{kHz}$) nicht?
- 6.4 Welchen Wert hat die Schallgeschwindigkeit in Luft?
- 6.5
- Ändert sich beim Übergang von Schallwellen aus einem akustisch leitenden Medium in ein weiteres akustisch leitendes, dichteres Medium die Wellenlänge oder die Frequenz des Schalls? (Z. B. Übergang von Luft in Wasser)
 - Nimmt der Wert dieser Größe zu oder ab?
- 6.6 Warum lässt sich Ultraschall durch Blenden besser bündeln (zu Strahlen vereinigen) als hörbarer Schall?
- 6.7 Worin liegt der Unterschied der Pegelheiten „Phon“ und „Dezibel“ für den Schall?
- 6.8 Wie groß ist der Lautstärkepegel in Phon einer Schallquelle, wenn bei 1kHz eine Schallintensität I von $I = 10^{-5} \text{ W/m}^2$ gemessen wurde? ($I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$)
- 6.9 Welchem Wert des Schallpegels L in Dezibel entspricht eine Verdoppelung der Schallintensität I (=Schallstärke)?
- 6.10 Welchem Wert des Schallpegels L in Dezibel entspricht eine Halbierung der Schallintensität I (=Schallstärke)?
- 6.11 Eine Schallquelle strahlt bei 9000 Hz mit einem Schallpegel $L=90\text{dB}$. Welchem Lautstärkepegel in Phon entspricht dieser Wert? Benutzen Sie das Diagramm aus Versuch 11.
- 6.12 In der Skizze ist das zweite Druckmaximum einer stehenden Schallwelle eingetragen (entspricht dem Versuchsaufbau aus Versuch 11). Bestimmen Sie aus dem angegebenen Abstand von Sender und Empfänger die Wellenlänge und Frequenz der Schallschwingung.
- 6.13 In der Skizze ist eine stehende Schallwelle in Luft mit drei Knotenpunkten des Druckes eingetragen. Bestimmen Sie aus dem angegebenen Abstand von Sender und Empfänger die Wellenlänge und schätzen Sie die Frequenz der Schallschwingung ab.
- 6.14 Ein Schallgeber erzeugt Schwingungen mit einer Frequenz von 18,3 kHz. In Helium bilden sich dabei Schallwellen einer Wellenlänge von 5cm aus. Wie groß ist die Schallgeschwindigkeit in diesem Gas?
- 6.15 Ein Schallgeber erzeugt Schwingungen mit einer Frequenz von 2,5 GHz. In Wasser bilden sich dabei Schallwellen einer Wellenlänge von $0,59\mu\text{m}$ aus. Wie groß ist die Schallgeschwindigkeit in diesem Medium?

$$L_N = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

$$\Delta L = 10 \lg \frac{2I}{I}$$

$$c = \lambda \cdot \nu$$



7. Viskosität

Formeln

7.1 Was versteht man unter der Viskosität einer Flüssigkeit? Mit welcher Maßeinheit wird die Größe einer Viskosität angegeben?

7.2 Wie groß sind die Viskositäten von Wasser und/oder von menschlichem Blut? (ca. Werte; selbstverständlich mit Maßeinheit anzugeben).

7.3 Worin besteht der Unterschied zwischen einer Newtonschen und einer Nichtnewtonschen Flüssigkeit?

7.4 Die laminare Strömung in einem Rohr erzeugt ein rotationsparaboloides Geschwindigkeitsprofil der strömenden Flüssigkeitsteilchen. In welchem Bereich wirken auf mitgeführte kolloide Teilchen größere Scherkräfte, am Rande oder in der Mitte? Begründung.

7.5 Zeichnen Sie in nachstehende Koordinatensysteme jeweils eine typische Kurve ein, die den Verlauf der Viskosität η einer Flüssigkeit in Abhängigkeit von der Temperatur T wiedergibt, wenn diese Abhängigkeit durch die Funktion

$$\eta = A \cdot e^{\frac{B}{T}}$$

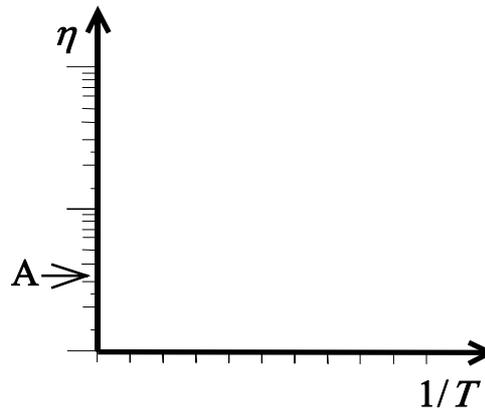
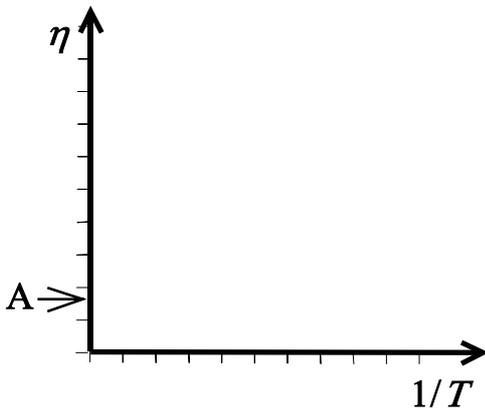
beschrieben werden kann. (Versuch 10)

(s. Versuch 10)

Beachten Sie die vorgegebenen Definitionsbereiche der Achsen.

a.) lineares Netz

b.) halblogarithmisches Netz



7.6 Für eine laminar durch eine zylindrische Röhre vom Radius r strömende Flüssigkeit gilt für die Volumenstromstärke I das Hagen-Poiseuillesche Gesetz:

$$I = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot L} \cdot \Delta p$$

$$I = \frac{\pi \cdot r^4}{8 \cdot \eta \cdot L} \cdot \Delta p$$

$$R = \frac{\Delta p}{I}$$

- a) Wie ändert sich danach der Strömungswiderstand R , wenn der Radius r der Röhre um 10% vergrößert wird?
- b) Wie ändert sich danach der Strömungswiderstand R , wenn Radius r und Länge L der Röhre gleichzeitig um 15% vergrößert werden?
- c) Welche Einheit hat der Strömungswiderstand R ?

$$R \propto L; \quad R \propto \frac{1}{r^4}$$

$$\Rightarrow R \propto \frac{L}{r^4}; \quad \frac{R_2}{R_1} = ?$$

7.7 Im Kugelfallviskosimeter wird die Viskosität einer Flüssigkeit aus einer konstanten Sinkgeschwindigkeit einer Kugel bestimmt. Welche auf die Kugel wirkenden Kräfte befinden sich bei der Messung im Gleichgewicht?

8. Elektrolyse

Formeln

- 8.1 Was ist ein Elektrolyt und was verstehen Sie unter dem Begriff der Elektrolyse?
- 8.2 Der elektrische Strom ist mit dem Transport von Ladungen verbunden. Welche Ladungsträger verursachen den Ladungstransport
 a) in Kupferdraht?
 b) in mit Schwefelsäure angesäuertem Wasser?
- 8.3 Wie lauten die beiden Faradayschen Gesetze für die Elektrolyse?
- 8.4 Was entsteht bei der Elektrolyse von Natriumhydroxid (NaOH) an der Anode?
- 8.5 Wie viel Moleküle sind in einem Gramm Wasserstoff enthalten?
- 8.6 Aus einer Kupfersulfatlösung (CuSO_4) soll durch Elektrolyse die Kupfermasse $m = 16\text{g}$ abgeschieden werden.
 a) An welcher Elektrode finden Sie das Kupfer? (1 Punkt)
 b) Welche Zeit wird bei einem elektrolytischen Strom von $I = 4\text{A}$ dafür benötigt? (2 Punkte)
- $$F = 96500 \frac{\text{C}}{\text{mol}} \qquad M_{\text{Cu}} = 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$
- 8.7 Wie viel H_2 (in kmol) entsteht an der Kathode, wenn ein Strom $I = 10\text{A}$ über eine Zeit von $t = 16\text{ min}$ durch mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser fließt? (Faradaykonstante: $F \approx 96500\text{ C/mol}$).

$$m \propto ?$$

$$n \propto ?$$

$$n = \frac{m}{M}$$

$$\left(= \frac{m}{M_{\text{eq}} \cdot z} \right)$$

$$F = \frac{Q}{n_{\text{eq}}} = \frac{I \cdot t}{z \cdot n}$$

9. Messen mit dem Oszilloskop

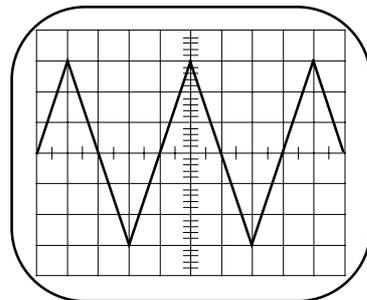
Formeln

9.1 Welche elektrische Größe(n) kann ein Oszilloskop direkt messen?

9.2 Was verstehen Sie unter dem Begriff „Triggern“?

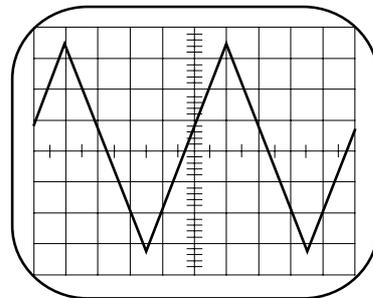
9.3 Nennen Sie zwei Anwendungsbeispiele für den Einsatz eines Oszilloskops.

9.4 Zeichnen Sie in nebenstehender Skizze für die dargestellte Schwingung die Kurve, die sich ergeben würde, wenn Sie am Oszilloskop die [+/-]-Taste betätigen würden.



9.5 Auf welchem Wert steht der Timebase-Schalter (Zeiteinheit je Zentimeter), wenn die gezeigte Schwingung eine Frequenz von

- a) $\nu=1\text{kHz}$ und
- b) $\nu=40\text{Hz}$ besitzt?



$$x = \frac{1}{l \cdot \nu} = \frac{T}{l}$$

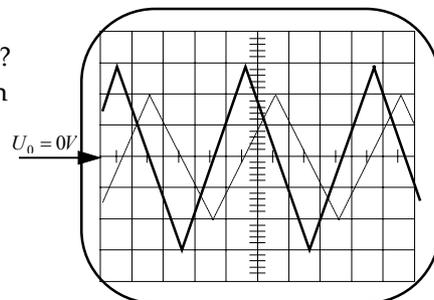
$$[x] = \frac{s}{cm}$$

$$[l] = cm, [\nu] = \frac{1}{s}$$

[x]. reziproke Geschwindigkeit

9.6 Auf welche Triggerspannung ist das Oszilloskop für die durchgezogen gezeichnete Dreieckschwingung eingestellt? Wie groß ist etwa die Phasenverschiebung φ zwischen den beiden gezeigten Schwingungen?

- a) die Triggerspannung U_T , _____
- d) die Phasenverschiebung φ _____

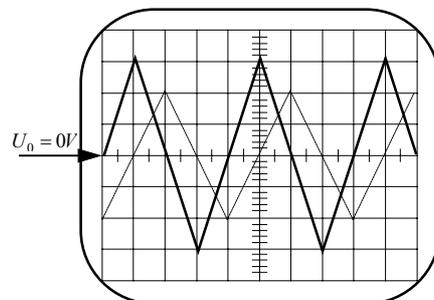


Einstellungen am Oszilloskop: Hor: 1cm = 1ms

Vert: 1cm = 0,2V

9.7 Geben Sie zu der auf dem Oszilloskopenschirm gezeigten Dreieckschwingung (durchgezogene Linie) an:

- a) die Amplitude U_0 , _____
- b) die Schwingungsdauer T , _____
- c) die Frequenz ν , _____
- d) die Phasenverschiebung φ zur gestrichelt gezeichneten Schwingung _____



Einstellungen am Oszilloskop: Hor: 1cm = 1ms

Vert: 1cm = 0,2V

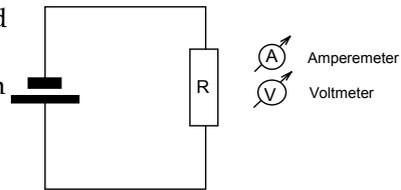
10. Einfache elektrische Schaltungen

Formeln

$$U = R \cdot I$$

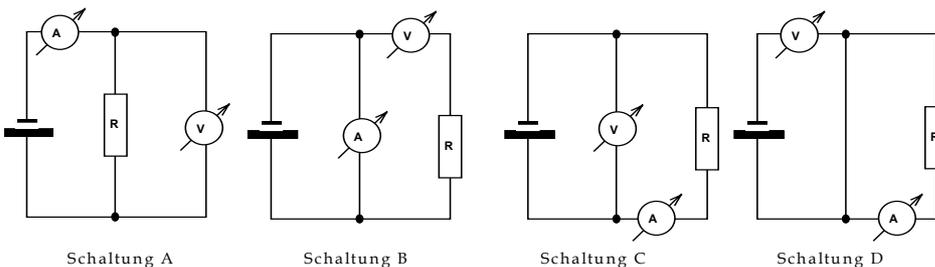
10.1

Zeichnen Sie in die nebenstehende Schaltung zur Strom- und Spannungsmessung ein Amperemeter und ein Voltmeter so ein, dass Sie bei einer Messung sinnvolle Ergebnisse erhalten würden.



10.2

- Welche der skizzierten Schaltungen sind geeignet, den elektrischen Widerstand R mit einem Amperemeter und einem Voltmeter zu bestimmen?
- Welche Schaltung gefährdet eines der Messinstrumente **und** um welches handelt es sich?



10.3

Drei Widerstände $R_1=3\Omega$, $R_2=5\Omega$, $R_3=8\Omega$ sind in Reihe geschaltet.

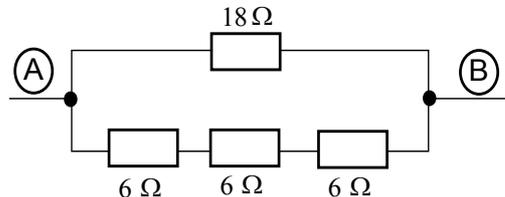
- Welcher Strom fließt, wenn an die Enden eine Spannung von $U=4V$ angelegt wird?
- Wie groß sind die Teilspannungen U_1 , U_2 und U_3 an den einzelnen Widerständen?

$$R_{parallel} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{reihe} = R_1 + R_2$$

10.4

Wie groß ist der elektrische Widerstand R_{ges} zwischen den Punkten A und B in nebenstehender Schaltung?



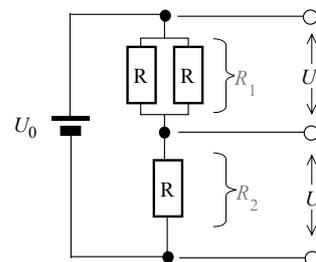
10.5

Wie groß ist die Spannung U_2 in der nebenstehenden Spannungsteilerschaltung?

$$U_0 = 15 \text{ V}$$

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

$$U_2 = \underline{\underline{\hspace{2cm}}}$$



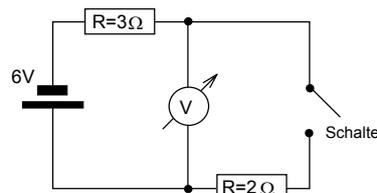
$$U_0 = U_1 + U_2$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

10.6

Welche Spannung zeigt das Voltmeter (Innenwiderstand sei angenommen als $R_V \approx \infty\Omega$) in nebenstehender Skizze bei

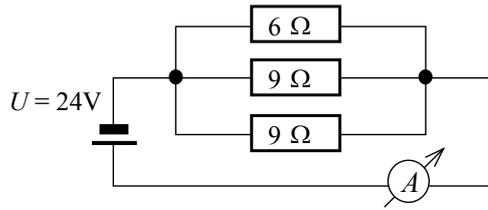
- geöffnetem Schalter,
- geschlossenem Schalter.



Formeln

10.7

- a.) Wie groß ist in nebenstehender Schaltung der elektrische Strom, der mit dem Amperemeter gemessen wird?
- b.) Welche elektrische Leistung wird in der nebenstehenden Schaltung verbraucht?

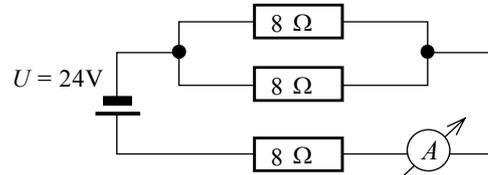


$$R_{parallel} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_{reihe} = R_1 + R_2$$

10.8

- a.) Wie groß ist in nebenstehender Schaltung der elektrische Strom, der mit dem Amperemeter gemessen wird?
- b.) Welche elektrische Leistung wird in der nebenstehenden Schaltung verbraucht?



$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R}$$

10.9

Ein elektrisches Gerät nimmt eine Leistung von $P=2000W$ auf, wenn man es an eine Spannung von $U=235V$ anschließt.

- a.) Wie groß ist der Widerstand des Gerätes?
- b.) Wie groß ist der Strom, der durch das Gerät fließt?

10.10

Welche elektrische Leistung wird an einer Heizwicklung verbraucht, die einen Widerstand von $R=300\Omega$ besitzt und an eine Spannung von $U=235V$ angeschlossen ist?

10.11

Ein Kondensator der Kapazität $C=10\mu F$ wurde durch eine angelegte Spannung mit der elektrischen Ladung $Q=0,8mC$ aufgeladen. Wie groß war die angelegte Spannung?

$$C = \frac{Q}{U}$$

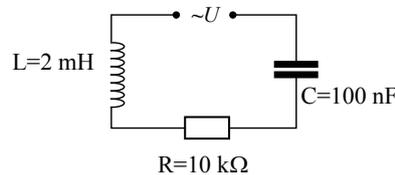
10.12

An einem Kondensator $C=10 pF$ liegt eine Spannung $U=100 V$. Wie groß ist die im Kondensator gespeicherte Ladung in Nanocoulomb?

10.13

Der Wechselstromwiderstand Z der nebenstehenden Schaltung eines seriellen Schwingkreises ist

$$Z_{ges} = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C}\right)^2}$$

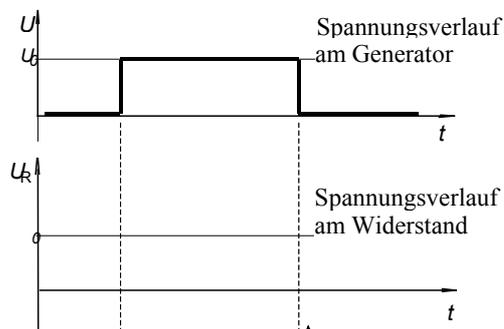


$$\omega = \frac{1}{\sqrt{L \cdot C}}$$

Bei welchem Wert der Frequenz ν wird Z_{ges} minimal?
(Kreisfrequenz $\omega=2\pi\nu$)

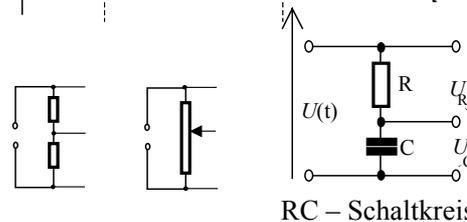
10.14

Ein Frequenzgenerator liefert eine elektrische Rechteckspannung an einen RC-Schaltkreis. Zeichnen Sie in das untere U, t - Diagramm den prinzipiellen Spannungsverlauf, wie er sich am Ohmschen Widerstand ergibt.



10.15

Wodurch unterscheidet sich prinzipiell eine Spannungsteilerschaltung von einer Potentiometerschaltung?

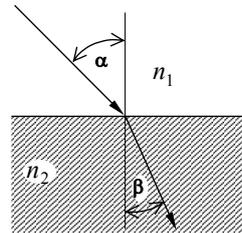


RC - Schaltkreis

11. Geometrische Optik, Mikroskop

Formeln

- 11.1 Wie ist die Vergrößerung eines optischen Gerätes definiert?
- 11.2 Wie ist in der geometrischen Optik die Brechzahl n und wie die Brechkraft D definiert?
- 11.3 In welchem Abstand von einer Linse mit der Brechkraft $D=1,2\text{dpt}$ muß eine Lampe positioniert werden, damit ihr Licht beim Durchgang durch die Linse parallel wird?
- 11.4 Gegeben sei ein optisches System aus einer Linse mit der Brennweite $f=1\text{m}$ und einem Gegenstand, der sich im Abstand $g=3\text{m}$ vor der Linse befindet. In welchem Abstand b hinter der Linse erhält man eine scharfe Abbildung des Gegenstandes auf dem Bildschirm?
- 11.5 Welche Geschwindigkeit hat Licht in einem Medium der Brechzahl $n=1,5$?
- 11.6 Eine monochromatische Lichtwelle habe in Luft die Wellenlänge $\lambda = 390\text{nm}$. Welche Brechzahl besitzt ein Medium, wenn die Wellenlänge des Lichtes im Medium $\lambda = 325\text{nm}$ beträgt?
- 11.7 In einem bestimmten Medium sei die Lichtgeschwindigkeit $c_m = 1,24 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. Welche Brechzahl besitzt das Medium? Um welchen Stoff könnte es sich dabei handeln?
- 11.8 Wie lautet das Snelliussche Brechungsgesetz? Mit Skizze erläutern.
- 11.9 Unter welchem Winkel β breitet sich ein Lichtstrahl in einem Glas mit der Brechzahl $n = 1,4$ aus, wenn er aus einem Medium mit der Brechzahl eins unter einem Winkel $\alpha = 70^\circ$ auf die Glasoberfläche auftrifft?
- 11.10 Unter welchem Winkel β verläßt ein Lichtstrahl eine Glasplatte ($n_{\text{Glas}}=1,4$) in die umgebende Luft ($n_{\text{Luft}}=1,0$), wenn er unter $\alpha=44^\circ$ auf die Grenzfläche trifft?
- 11.11 Eine Person beobachtet mit gleichbleibendem Abstand einen Gegenstand.
 a.) Wie ändert sich die numerische Apertur ihrer (gesunden) Augen, wenn der Gegenstand heller beleuchtet wird?
 b.) Welche Auswirkungen hat dies **theoretisch** für das Auflösungsvermögen des Auges?
 c.) Welche Auswirkungen hat dies **praktisch** für das Auflösungsvermögen des Auges?
 Die Eigenschaften der Netzhaut sollen unberücksichtigt bleiben.
- 11.12 Mit welchem Teil eines Mikroskops müssen Sie subjektive Fehlsichtigkeit korrigieren, um vernünftig mikroskopieren zu können?
- 11.13 Es stehen Ihnen zwei Objektive zum Mikroskopieren zur Verfügung, in die folgende Bezeichnungen eingraviert sind: Objektiv 1: 60 / 0,65 Objektiv 2: 60 / 0,80
 Mit welchem würden Sie lieber arbeiten und warum?
- 11.14 Bei der Arbeit mit dem Mikroskop gilt als maximal sinnvolle Vergrößerung der tausendfache Wert der numerischen Apertur des verwendeten Objektivs.
 Gegeben sei ein Objektiv mit 40/0,65. Welche Okularvergrößerung ist zu wählen, wenn mit maximaler Vergrößerung gearbeitet werden soll?



$$D = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

$$n = \frac{c_0}{c_m}$$

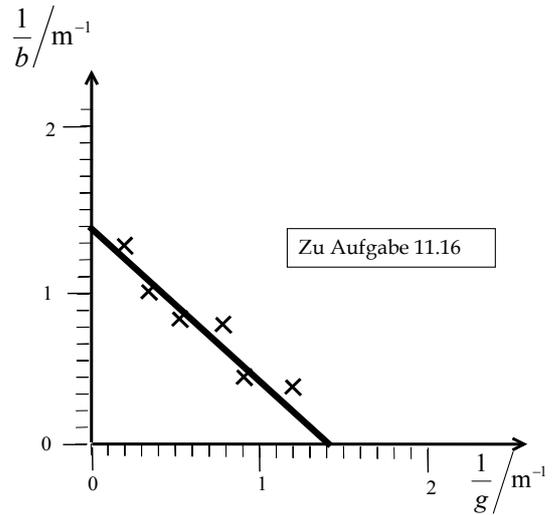
$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$n \cdot \sin \alpha = \text{const.}$$

$$V = v_{\text{Okul}} \cdot v_{\text{Obj}}$$

11.15

Für die Auflösung A eines Objektivs gilt die Beziehung:
 $A = n \cdot \sin \alpha / \lambda$, wobei der Winkel α der größte halbseitige
 Öffnungswinkel (die Apertur) des Objektivs ist. Mit welchen
 praktischen Maßnahmen können Sie bei gegebenem Objektiv
 noch Einfluss auf die Größe der Auflösung nehmen.

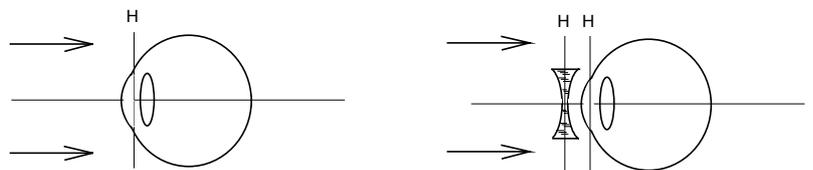


11.16

Gemäß nebenstehender Skizze haben Sie durch Messung von
 Bild- und Gegenstandsweite (b, g) nebenstehenden Graphen
 erzeugt. Welche Brechkraft D hat die verwendete Linse?

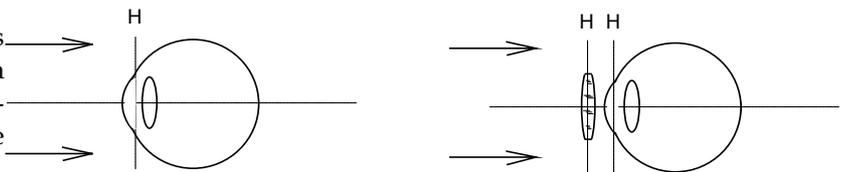
11.17

Konstruieren Sie den Strahlengang des
 Lichtes im Auge einer kurzsichtigen
 Person und die Wirkung der Korrektur-
 linse (Brille) für parallel einfallende
 Strahlenbündel.



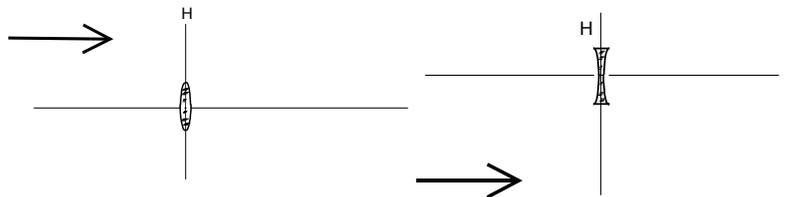
11.18

Konstruieren Sie den Strahlengang des
 Lichtes im Auge einer weitsichtigen
 Person und die Wirkung der Korrektur-
 linse (Brille) für parallel einfallende
 Strahlenbündel.



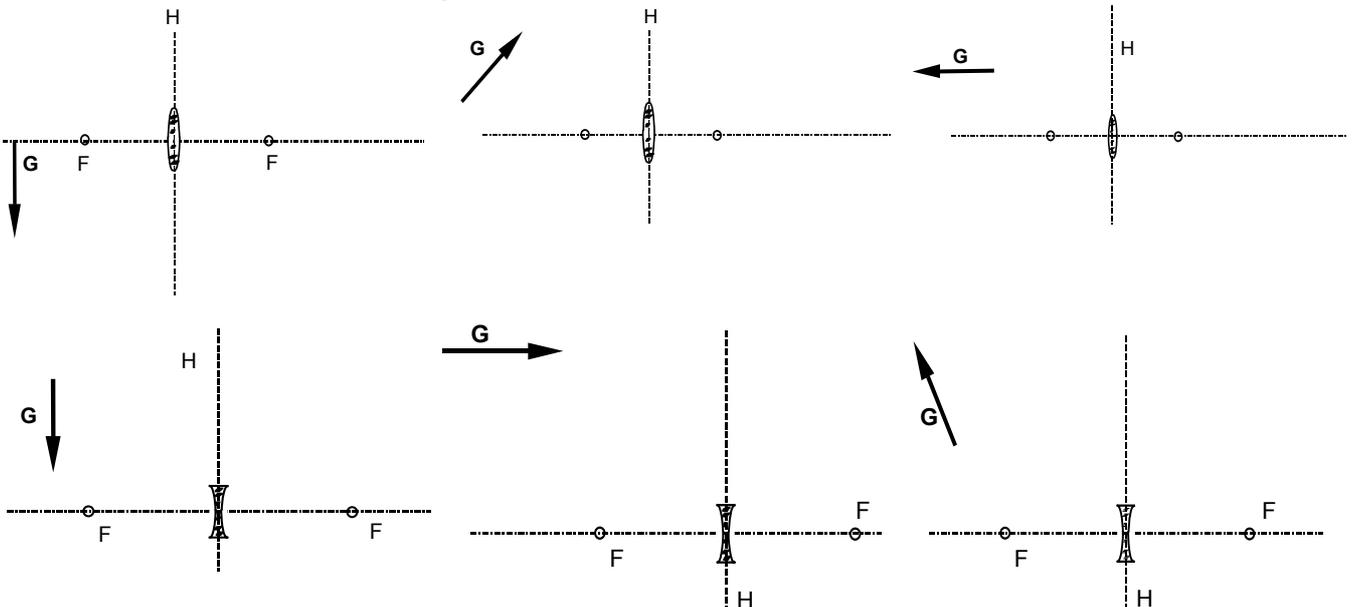
11.19

Zeichnen Sie die Konstruktionsstrahlen für
 die angegebenen Linsen mit Hilfe eines
 (anzunehmenden) Brennpunktes für den
 gezeichneten, parallel zur optischen Achse
 laufenden Strahl. Bezeichnen Sie Brenn-
 punkt und Brennweite.



11.20

Konstruieren Sie das Bild B des Gegenstandes G für eine Linse.



12. Wellenoptik, Polarimeter

Formeln

12.1

Wodurch unterscheiden sich transversale und longitudinale Wellen?

12.2

Benennen Sie kurz die physikalischen Prinzipien, auf denen bei einer Ausbreitung von Wellen „Beugung“ und „Brechung“ beruhen.

12.3

Was ist polarisiertes Licht?

12.4

Nennen Sie ein Verfahren zur Polarisation des Lichtes.

12.5

Nennen Sie mindestens zwei charakteristische Eigenschaften von Laserlicht

12.6

Zwischen welcher unteren und oberen Frequenz ist das menschliche Auge für elektromagnetische Strahlung als Licht empfindlich?

12.7

Geben Sie realistische Zahlenwerte an:
 a) für die Wellenlänge des Lichtes in nm:
 b) für die Frequenz des Lichtes in Hz:

12.8

Welche Frequenz hat rotes Licht der Wellenlänge $\lambda = 600\text{nm}$ in Luft?

$$c = \lambda \cdot \nu$$

12.9

Ein Radiosender strahlt elektromagnetische Wellen ab: NDR3, Frequenz $\nu = 99,2\text{ MHz}$.
 Wie groß ist die Wellenlänge λ ?

12.10

Ordnen Sie die folgenden Spektralbereiche elektromagnetischer Strahlung nach steigender Frequenz:

- A. Sichtbares Licht
- B. Mikrowellenbereich
- C. Röntgenstrahlung
- D. Infrarot
- E. Ultraviolett
- F. Radiowellen im UKW-Bereich
- G. Gammastrahlung

12.11

Berechnen Sie für die gelbe Natriumlinie ($\lambda = 589\text{nm}$) den Winkel α , unter dem sie im Beugungsspektrum 1.Ordnung ($m=1$) erscheint, wenn das verwendete Liniengitter 570 Linien/mm aufweist.

$$m \cdot \lambda = d \cdot \sin \alpha$$

mit $d = \frac{1}{n}$

12.12

Auf ein Beugungsgitter mit 100 Linien je mm fällt paralleles Licht (ebene Welle).
 Zu beobachten ist die erste Beugungsordnung unter einem Winkel von $\alpha = 3^\circ 22,5'$.
 Welche Wellenlänge λ hat das Licht?

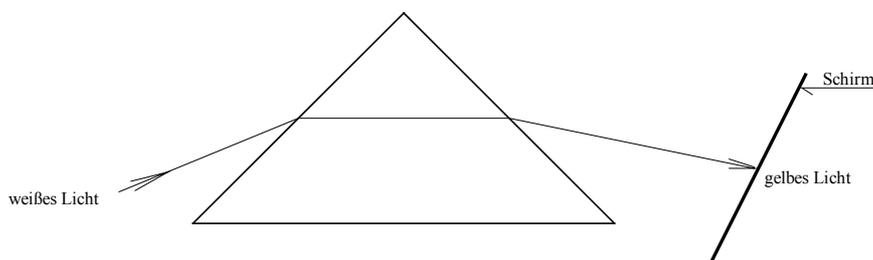
12.13

Eine ebene, monochromatische Welle fällt senkrecht auf ein Gitter mit der Gitterkonstanten $d = 2\mu\text{m}$. Die erste Beugungsordnung erscheint unter einem Winkel von $\alpha = 15^\circ$.
 Welche Wellenlänge λ hat das Licht? (Auch die zweite Beugungsordnung kann mal gefragt werden)

13. Prismenspektroskopie

Formeln

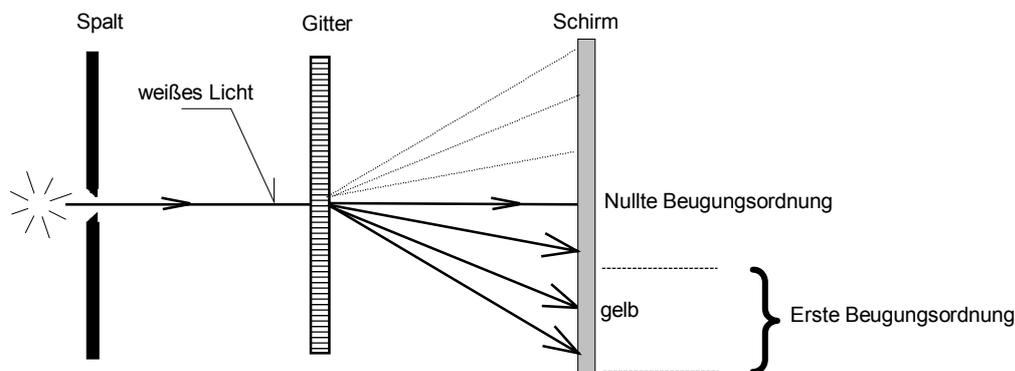
- 13.1 Was versteht man unter dem Begriff der Dispersion des Lichtes.
- 13.2 Was ist der Unterschied zwischen Spektren eines glühenden festen Körpers und eines zum Leuchten angeregten Gases oder Dampfes?
- 13.3 Erklären Sie aus der Modellvorstellung über den Atombau das Auftreten von Linienspektren.
- 13.4 Wie kann man Atome eines Gases zur Aussendung von Lichtstrahlen anregen?
- 13.5 Wozu finden Spektroskope praktische Anwendung?
- 13.6 Skizzieren Sie den Strahlengang für rotes und blaues Licht beim Durchgang durch ein Prisma.



ungefähr

$$n \propto \frac{1}{\lambda}$$

- 13.7 Bezeichnen Sie den Strahl erster Ordnung für rotes/blaues Licht beim Durchgang durch ein Gitter in nachfolgender Skizze.



wegen

$$d \cdot \sin \alpha = m \cdot \lambda$$

gilt

$$\underline{\underline{\sin \alpha \propto \lambda}}$$

14. Röntgenstrahlung

Formeln

14.1

Skizzieren Sie den Aufbau einer Röntgenröhre und bezeichnen Sie die wesentlichen Bauelemente.

14.2

Wodurch unterscheidet sich sogenannte „harte“ von „weicher“ Röntgenstrahlung?

14.3

Welche **physikalischen Eigenschaften** führen dazu, daß auf einer Röntgenaufnahme eines menschlichen Körpers die Knochen deutlich sichtbar sind, die Därme und andere Organe jedoch nicht im gleichen Maße.
(Denken Sie auch an die Applikation von Kontrastmitteln bei manchen Röntgenaufnahmen.)

14.4

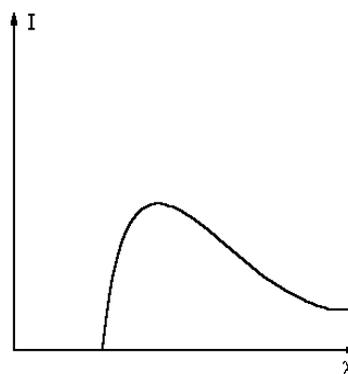
Wie entsteht die Röntgenbremsstrahlung?

14.5

Wie entsteht die charakteristische Röntgenstrahlung?

14.6

- a) Zeichnen Sie in nebenstehendes Röntgenspektrum (für eine bestimmte Anodenspannung) ein Spektrum ein, wie es sich durch eine Erhöhung eine Verringerung der Anodenspannung ergeben würde.
- b) Zeichnen Sie in nebenstehendes Röntgenspektrum (für eine bestimmte Heizspannung) ein Spektrum ein, wie es sich durch eine Erhöhung eine Verringerung der Heizspannung ergeben würde.



14.7

Welche maximale Energie in Joule haben Röntgenquanten, die durch Elektronen erzeugt wurden, die eine Anodenspannung von $U = 100\text{kV}$ durchlaufen haben?
(Elementarladung: $e_0 = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$)

$$E_{\text{Anode}} = U \cdot e$$

und

$$E_\gamma = h \cdot \nu$$

14.8

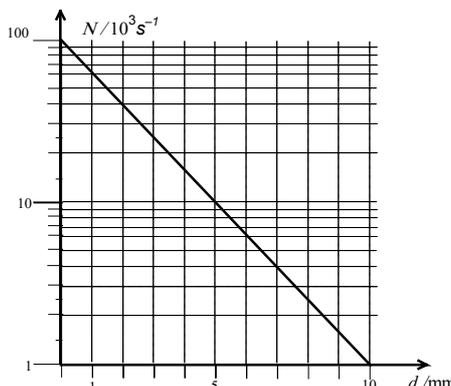
Ein Mensch hat durch Bestrahlung mit
a. Röntgenstrahlung b. α -Strahlung
eine Energiedosis von $D = 100\text{ mGy}$ aufgenommen.
Welche Äquivalentdosis H hat er im Fall a, welche im Fall b aufgenommen?

$$H = q \cdot D$$

$$\left(\begin{array}{l} q(\alpha) = 20 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}} \\ q(\beta) = 10 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}} \\ q(\gamma) = 1 \frac{\text{Sv}}{\text{Gy}} \end{array} \right)$$

14.9

- a) Bestimmen Sie die Halbwertsdicke $d_{1/2}$ eines Materials aus nebenstehender Absorptionskurve für Röntgenstrahlung.
- b) Zeichnen Sie die Absorptionskurve eines Materials für Röntgenstrahlung mit einer Halbwertsdicke von $d_{1/2} = 3\text{mm}$ in nebenstehendes Koordinatensystem, wenn die Zählrate der Röntgenquelle ohne Absorptionsmaterial $N_0 = 40 \cdot 10^3\text{ s}^{-1}$ beträgt.



15. Radioaktivität

Formeln

15.1

Was verstehen Sie unter Radioaktivität?

15.2

Was verstehen Sie unter α -, β - und γ -Strahlen?

15.3

Welche physikalischen Größen werden durch die Maßeinheiten Becquerel, Gray, Sievert und Coulomb-pro-kg gemessen?

15.4

Nennen Sie einen Elementarprozeß, der zur Schwächung von γ -Strahlung in Materie beiträgt.

15.5

Ein Atomkern mit der Ordnungszahl $Z = 27$ zerfällt unter Aussendung von (β^-)-Strahlung. Welche Ordnungszahl hat der Folgekern?

15.6

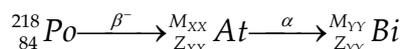
Ein Atomkern mit der Ordnungszahl $Z = 92$ zerfällt unter Aussendung von α -Strahlung. Welche Ordnungszahl hat der Folgekern?

15.7

Im Versuch 12a wurde als radioaktiver α -Strahler ${}^{241}_{95}\text{Am}$ und als β -Strahler ${}^{90}_{38}\text{Sr}$ verwendet. Geben Sie für beide durch den Zerfall entstehenden Restkerne die Massenzahl M und die Kernladungszahl Z an.

15.8

Der radioaktive Kern ${}^{218}_{84}\text{Po}$ zerfällt sukzessive durch β^- -Zerfall und nachfolgenden α -Zerfall:



Geben Sie die Kernladungszahlen Z_{XX} und Z_{YY} , sowie die Massenzahlen M_{XX} und M_{YY} an.

$M_{XX} =$ _____ $M_{YY} =$ _____ $Z_{XX} =$ _____ $Z_{YY} =$ _____

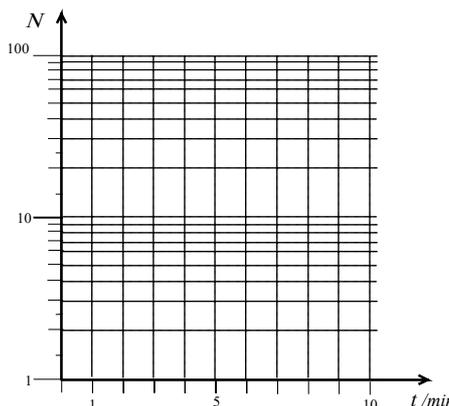
15.9

Durch welchen radioaktiven Prozess zerfällt das jeweils angegebene Isotop?



15.10

Tragen Sie in nebenstehendes Koordinatensystem die Funktion für die Anzahl N der noch nicht zerfallenen Atomkerne eines radioaktiven Präparates mit der Halbwertszeit von $T_{1/2} = 2\text{min}$ gegen die Zeit t auf. Die Anfangszahl der Atomkerne sei $N_0 = 100$.



$$N = N_0 e^{-\lambda \cdot t}$$

15.11

Nennen Sie die drei Grundregeln des Strahlenschutzes und formulieren Sie deren Grundaussagen bezüglich der Strahlendosis mathematisch.

15.12

Ein Freies Neutron zerfällt durch β^- - Zerfall mit einer Halbwertszeit von ca. $T_{1/2} = 10,6 \text{ min}$.

Notieren Sie die Zerfallsgleichung und benennen Sie die Zerfallsprodukte.

15.13

Nach dem wievielfachen seiner Halbwertszeit ($t = x \cdot T_{1/2}$, $x = \dots$) ist eine anfängliche Aktivität A_0 eines radioaktiven Stoffes auf etwa den 8ten Teil und den 1000sten Teil abgesunken, bzw. von den anfänglich vorhandenen Kernen N_0 des radioaktiven Isotops jeweils dieser Teil übrig?

16. Praktische Aufgaben

Formeln

16.1

Geben Sie zu den in der Tabelle aufgeführten Vorsätzen die Zehnerpotenzen an.

μ	m	p	n	k	M	d	c

16.2

Durch siebenmalige Zeitmessung eines physikalischen Vorganges wurden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Meßwerte protokolliert.

Bestimmen Sie den Mittelwert \bar{t} und die Standardabweichung des Mittelwertes $\Delta\bar{t}$.

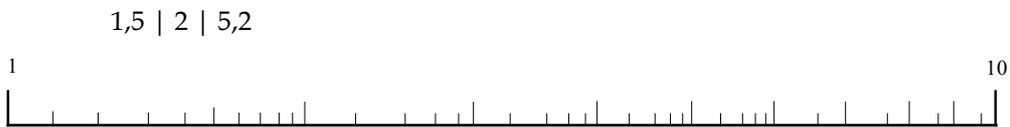
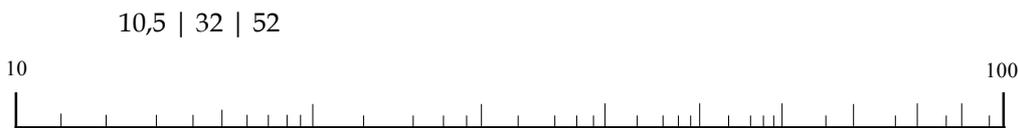
i	t / s		
1	23		
2	22		
3	21		
4	26		
5	30		
6	29		
7	31		

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n}$$

$$\Delta\bar{t} = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t})^2}{n(n-1)}}$$

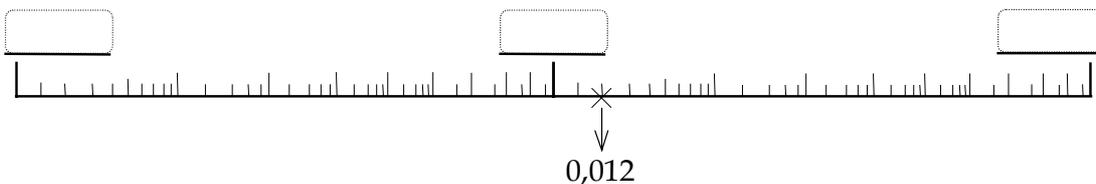
16.3

Markieren Sie auf der logarithmischen Skala die folgenden Werte durch Kreuze:



16.4

Skalieren die Sie logarithmische Skala entsprechend des angegebenen Skalenwertes.

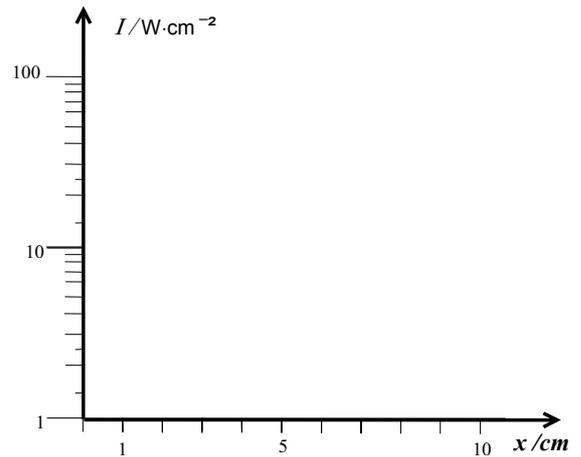


16.5

Zeichnen Sie in nebenstehendes Koordinatensystem den prinzipiellen Verlauf der Funktion

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$$

ein, wobei $I_0 = 20 \text{ W/cm}^2$ ist.



16.6

Skizzieren Sie den prinzipiellen Kurvenverlauf für die folgenden Funktionen in dasjenige Koordinatensystem, in dem die angegebenen Funktionen eine Kurve konstanter Steigung ergeben und bezeichnen Sie die Achsen mit den entsprechenden physikalischen Größen:

Begründen Sie die Antworten mathematisch (d. h. die Größen erscheinen als mathematische Objekte ohne Einheiten).

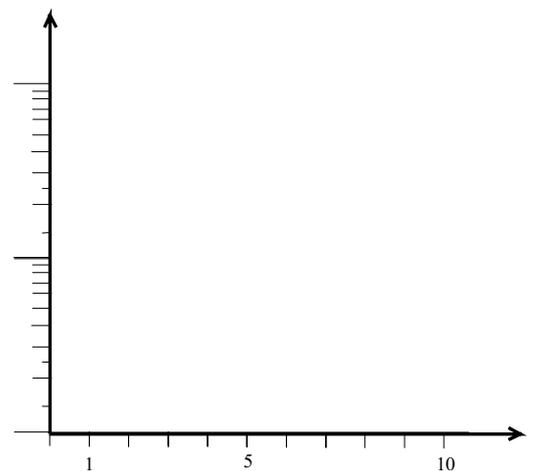
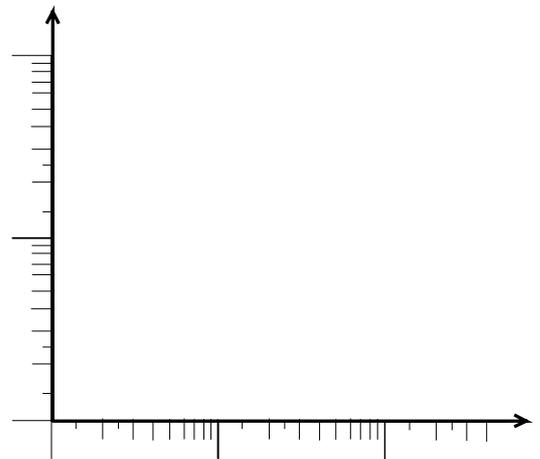
a.) $P(T) = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$ für $P = f(T)$

b.) $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ für $N = f(t)$
(Zerfallsfunktion)

c.) $U(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}$ für $U = f(t)$

d.) $B(t) = B_0 \cdot e^{\alpha \cdot t}$ für $B = f(t)$
(Wachstumsfunktion)

e.) $\eta(T) = A \cdot e^{\frac{B}{T}}$ für $\eta = f(T)$ und $\eta = f(1/T)$

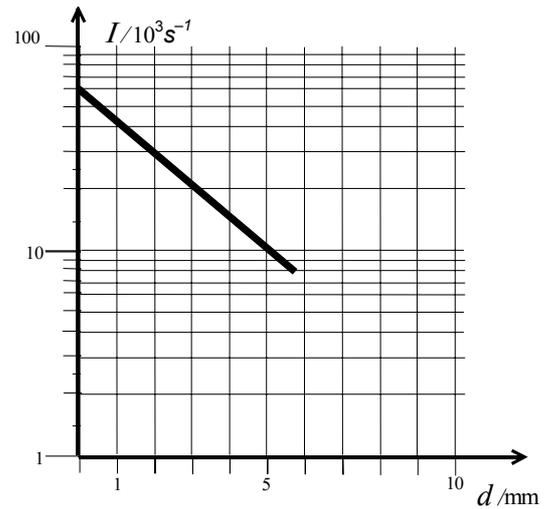


16.7

Der nebenstehende Graph zeigt die Abnahme der Strahlungsintensität I beim Durchgang durch einen Absorber in Abhängigkeit der Absorberdicke d gemäß der Beziehung:

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$$

Bestimmen Sie aus der Steigung des Graphen den Schwächungskoeffizient μ des Absorbers.

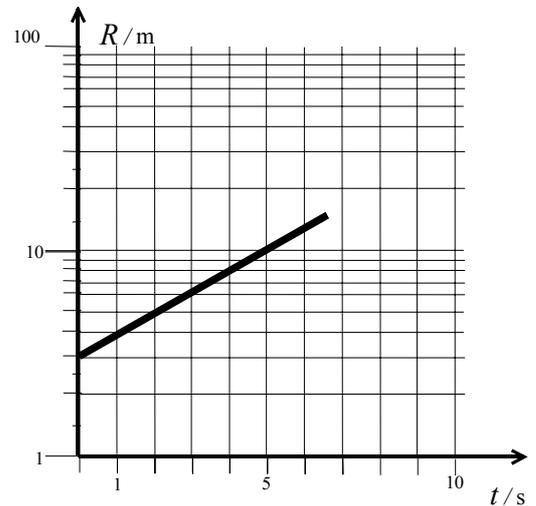


16.8

Der nebenstehende Graph zeigt die Zunahme einer physikalischen Größe R in Abhängigkeit von der Zeit t gemäß der Beziehung:

$$R = A \cdot e^{B \cdot t}$$

Bestimmen Sie aus der Steigung des Graphen die Zeitkonstante B der Funktion.



Hinweise und Lösungen

Lösungen und Lösungswege sind nur dann angegeben, wenn damit auch ein didaktischer Zweck erfüllt ist, worüber man stets streiten kann. Richtigkeit der Lösungen ohne Gewähr.

1.1 Lösung:

$$F_G = F_R + F_A + F_T \Rightarrow m \cdot g = F_R + F_A + m \cdot a$$

Gewichtskraft = Reibkraft + Auftriebskraft + Trägheitskraft

(Wer hier die Auftriebskraft vergessen hat, braucht vermutlich noch keinen Punktabzug zu fürchten.)

1.2 Lösung:

Alle Formeln für die beschleunigte Bewegung lassen sich aus den beiden Beziehungen herleiten :

$$a = \frac{v}{t}; s = \frac{v \cdot t}{2} \quad \overset{\text{also}}{\Rightarrow} \quad v = a \cdot t = \frac{2s}{t} \Rightarrow t^2 = \frac{2s}{a} \Rightarrow t = \underline{\underline{1,4s}}$$

In Diskussion standen folgende Größen: $t, h = s, g = a$; also war v aus den Gleichungen zu eliminieren $\Rightarrow t = \sqrt{2s/g}$

1.3a In den Achsenmaßstab umrechnen

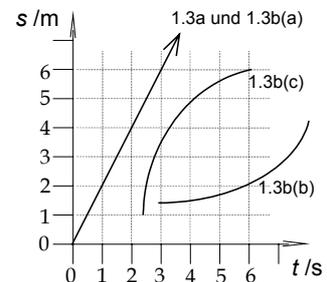
(hier „ausführlichst“ gezeigt):

$$v = 7,2 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 7,2 \frac{10^3 \text{ m}}{3600 \cdot \text{s}} = \frac{7,2 \text{ m}}{3,6 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

dann Gerade, wie in Skizze gezeigt, zeichnen.

1.3d

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{15 \frac{\text{m}}{\text{s}} - 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{5 \text{ s} - 0 \text{ s}} = -\frac{5}{5} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \underline{\underline{-1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}}$$



Lösung zu Aufgabe 1.3

1.4 a: Kräfte

b: Massen

1.5 Lösung: $W=686,7\text{kJ}$

1.6 Lösung: $h=0,75\text{m}$

1.7 Lösungen: $\Delta W_{\text{mech}}=22,66\text{kJ}, P=188,84\text{W}$

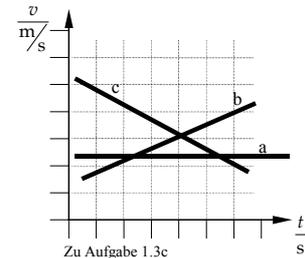
1.8 Hinweise:

Zu a: $a = \frac{v}{t}; \quad s = \frac{v \cdot t}{2} \overset{\text{also}}{\Rightarrow} \quad v_{1,2} = \sqrt{2sg} \approx 14 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Zu b: $a_1 = a_2 = g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Zu c: $I_{1,2} = m_{1,2} \cdot v \quad \Rightarrow I_1 = 14 \text{Ns}; \quad I_2 = 28 \text{Ns}$

Zu d: $E_{\text{kin},1,2} = \frac{m_{1,2}}{2} v^2 \quad \Rightarrow E_{\text{kin},1} = 98 \text{J}; \quad E_{\text{kin},2} = 196 \text{J}$



Zu Aufgabe 1.3c

1.9 Lösung: $p = \frac{F}{A} = \frac{F}{r^2 \pi} = \frac{10 \text{ kN}}{1,5^2 \cdot (10^{-1})^2 \text{ m}^2 \cdot \pi} = \frac{10^3}{2,25 \cdot 3,14} \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = \underline{\underline{141,5 \text{ kPa}}}$

1.10 Lösung: $F = \frac{5 \text{ kN} \cdot \text{cm}}{3 \text{ cm} \cdot \sin 90^\circ} = \underline{\underline{1,67 \text{ kN}}}$ (wegen $\sin 90^\circ = 1$)

1.11 Impuls- und Energieerhaltung: $\sum I_i = \text{const.} \quad \sum E_{\text{kin},i} = \text{const.}$

2.1 Die auf die Masseneinheit bzw. die auf die Mengeneinheit bezogene Wärmekapazität.

2.2 $[T]=K$ (Kelvin), $[T_F]=^\circ F$ (Grad Fahrenheit), $[t]=^\circ C$ (Grad Celsius): $t = \left(\frac{T}{K} - 273,15\right)^\circ C$

Wer will, kann auf diese Frage auch mit der Umrechnung von Grad Celsius auf Grad Fahrenheit kontern:

$$t = \frac{5}{9} \left(\frac{T_F}{^\circ F} - 32 \right)^\circ C, \text{ bzw. } T_F = \left(\frac{1,8 \cdot t}{^\circ C} + 32 \right)^\circ F$$

2.3 Lösung:

- Wärme ist eine Energieform
- verschiedene Energieformen sind ineinander umwandelbar
- Summe der Energien in einem abgeschlossenen System ist konstant

2.4 **Aus erstem Hauptsatz der Thermodynamik:** Die Zufuhr von Wärmeenergie und mechanischer Arbeit vergrößert die innere Energie eines geschlossenen Systems. Die Folge: Es ist unmöglich, eine Maschine zu bauen, die mehr Energie liefert, als ihr zugeführt wird. (sog. Perpetuum mobile 1. Art)

Aus zweitem Hauptsatz der Thermodynamik: Es ist unmöglich eine Maschine zu bauen, die einen Wärmebehälter abkühlt und dabei die Wärmeenergie vollständig in mechanische Arbeit überführt. (Perpetuum mobile 2. Art; **PS.:** Es entsteht bei der Umwandlung von einer Energieart in eine andere immer wieder auch etwas Wärmeenergie.)

2.5 Lösung: $\Delta T = 5,2K$, Wassertemperatur auf $t = 15,2^\circ C$.

2.6
$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{136,03 \text{ kJ}}{0,5 \text{ kg} \cdot 65 \text{ K}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

2.7 Lösung: (liegt bei knapp $0,9 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$)

$$\Delta Q_W + \Delta Q_{Al} + \Delta Q_{Kal} = m_W \cdot c_W \cdot (T_{end} - T_{W1}) + m_{Al} \cdot c_{Al} \cdot (T_{end} - T_{Al1}) + C_{Kal} \cdot (T_{end} - T_{W1}) = 0$$

$$c_{Al} = \frac{-C_{Kal} \cdot (T_{end} - T_{W1}) - m_W \cdot c_W \cdot (T_{end} - T_{W1})}{m_{Al} \cdot (T_{end} - T_{Al1})} = \frac{C_{Kal} + m_W \cdot c_W}{m_{Al}} \cdot \frac{(T_{end} - T_{W1})}{(T_{Al1} - T_{end})}$$

2.8 Das kann man ausrechnen, $C_M \cdot n = c \cdot m \Rightarrow C_M = c \frac{m}{n} = c \cdot M = 24,1 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

doch gilt auch einfach die Dulong-Petitsche-Regel: $C_M \approx 25 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$ (gilt gut für Metalle)

2.9 Lösung: $0,64 \text{ DM}$

Hinweis: Man orientiere sich z. B. am Zusammenhang der Einheiten: $(\text{J})\text{Nm} = \text{Ws}$.

3.1 Die von einem Körper ausgesandte elektromagnetische Strahlung, sofern ihre Energie allein aus dem Wärmeinhalt des strahlenden Körpers stammt.

3.2 **ACHTUNG:** Formel allein reicht ab sofort nicht mehr, um einen ganzen Punkt zu erhalten! Zumindest die Bezeichnung der Größen ist erforderlich.

Energie einer Strahlung je Zeit- und senkrecht zur Flussrichtung verlaufenden Flächeneinheit:

$$I = \frac{E}{t \cdot A}$$

bzw.

Strahlungsleistung je senkrecht zur Flussrichtung verlaufenden Flächeneinheit:

$$I = \frac{P}{A}$$

3.3 Mehr Wärmeabstrahlung durch höheren Emissionsgrad ϵ bei (z. B. durch Schwärzung mit Ruß) aufgerauten, d. h. größeren Oberflächen.

3.4 10%ige Vergrößerung von T_1 heißt: $T_2 = 1,1 \cdot T_1$ 30%ige Verringerung von T_1 heißt: $T_2 = 0,7 \cdot T_1$
 Stefan - Boltzmann - Gesetz : $P = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4$, also gilt : $P \propto T^4 \Rightarrow$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1^4}{T_2^4} = \frac{T_1^4}{(1,1T_1)^4} \Rightarrow P_2 = \underline{\underline{1,4641W}} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1^4}{T_2^4} = \frac{T_1^4}{(0,7T_1)^4} \Rightarrow P_2 = \underline{\underline{0,24W}}$$

3.5 $\frac{T_2^4}{T_1^4} = \frac{(x \cdot T_1)^4}{T_1^4} = \frac{P_2}{P_1} \Rightarrow x^4 = \frac{P_2}{P_1} \quad x = \sqrt[4]{\frac{P_2}{P_1}} = \sqrt[4]{3} = \underline{\underline{1,32}}$

PS: Auch hier ist wieder mal nur die positive Lösung der Gleichung von physikalischer Relevanz.

3.6 Nach mathematischem (von Einheiten abgehendem) Logarithmieren der Gleichung erhält man:
 $\lg P = \lg(\sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4) = \lg(\sigma \cdot \varepsilon \cdot A) + \lg T^4 = k + 4 \cdot \lg T$
 Die Form einer Geradengleichung liegt vor, wenn die Ausdrücke $\lg P$ und $\lg T$ als Ganzes gesehen werden. (Z. B. Substitution: $y := \lg P$ und $x := \lg T$)
 Da beide Größen (P, T) logarithmiert vorliegen, wählt man ein doppeltlogarithmisches Netz und erhält somit für die Funktion eine Kurve konstanter Steigung.
 (Beim Eintragen der Ausdrücke P und T in das Koordinatensystem wechselt man wieder zu physikalischen Größen, d. h., man kann / soll / muss die Einheiten wieder berücksichtigen.)

3.7 $\eta = \frac{\Delta Q}{E}$

Allgemeine Definitionen des Wirkungsgrades:
 In welchem Verhältnis steht der Erfolg zum Aufwand?
 Das Verhältnis von erhaltener Energie zu aufgewandter Energie.

4.1 Vergleich der Dichten: a.) $\rho_{\text{Körper}} > \rho_{\text{Flüssigkeit}}$, usw.

4.2 Hinweis:
 Der Körper erfährt eine Auftriebskraft F_A , die dazu entsprechende Abtriebskraft (3. Newtonsches Axiom, actio = reactio) bewirkt ein absinken der Waage auf der . . . Seite. Man kann auch so denken: Durch Eintauchen des Körpers steigt der Wasserspiegel auf die Höhe h . Was ist mit dem hydrostatischen Druck ($p = \rho \cdot g \cdot h$) und damit der Kraft $F = p \cdot A$ am Boden des Gefäßes?

4.3 Aus der idealen Gasgleichung $pV = nRT$ und dem Archimedischem Prinzip folgt mit $V = m/\rho$:

$$\left. \begin{aligned} pV = nRT \Rightarrow V = \frac{m}{\rho_{\text{Heißluft}}} \propto T, \quad \text{somit} \quad \underline{\underline{\rho_{\text{Heißluft}} \propto \frac{1}{T}}} \\ F_A \propto \rho_{\text{Normal-Luft}} \cdot V_{\text{Ballon}} = \rho_{\text{Normal-Luft}} \cdot \frac{m_{\text{Ballon}}}{\rho_{\text{Heißluft}}}; F_A \propto \underline{\underline{\frac{1}{\rho_{\text{Heißluft}}}}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \underline{\underline{F_A \propto T}}$$

d. h., je höher die Temperatur T der Heißluft ist, desto höher der Auftrieb des Ballons.

4.4 Die Dichte bestimmt sich aus $\rho = m/V$; die Masse ist stets leicht zu ermitteln, das Volumen von geometrisch irregulären Körpern aber oftmals nicht.
 Mit dem Archimedischem Prinzip umgeht man die direkte Volumenbestimmung eines Körpers, durch Messung der Differenz seiner Gewichtskräfte in Luft (F_G) und eingetaucht in eine Flüssigkeit (F_A) bekannter Dichte.: $F_G - F_{Fl} = \Delta F = m \cdot g - \rho \cdot g \cdot V$

4.5 Lösung:

$$F_A = -\rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Eis, eingetaucht}} \cdot g$$

$$F_G = m_{\text{Eis}} \cdot g = \rho_{\text{Eis}} \cdot V_{\text{Eis, gesamt}} \cdot g$$

$$F_A + F_G = 0 \Rightarrow \rho_{\text{Eis}} \cdot V_{\text{Eis, gesamt}} = \rho_{\text{Wasser}} \cdot V_{\text{Eis, eingetaucht}}$$

Vor dem Schmelzen gilt offensichtlich :

$$V_{\text{Eis, gesamt}} \neq V_{\text{Eis, eingetaucht}} \quad \text{und demzufolge} \quad \rho_{\text{Eis}} \neq \rho_{\text{Wasser}}.$$

Nachdem Schmelzen gilt :

$$\rho_{\text{Eis}} = \rho_{\text{Wasser}} \quad \text{und demzufolge} \quad V_{\text{Eis, gesamt}} = V_{\text{Eis, eingetaucht}}.$$

Also bleibt der Wasserstand gleich.

Diese Frage taucht manchmal im Zusammenhang der sogenannten Warmzeit auf, wenn diskutiert wird, ob der Meeresspiegel steigen würde wenn die Pole abschmelzen: beim Nordpol nicht, beim Südpol schon. Bei dieser idealisierten Betrachtung wird dann allerdings von der Ausdehnung des Wasser durch Temperaturerhöhung abgesehen.

4.6 Lösung: Der Wasserspiegel sinkt.

Die auf das Schiff wirkende Auftriebskraft umfasste die Gesamtmasse des Schiffes, also auch die des Ankers.

Nachdem das Schiff vor Anker ging, war weniger Masse zum Verdrängen des Wassers vorhanden, das Schiff verdrängte also weniger Wasservolumen und der Wasserspiegel sank.

Der auf dem Boden der Schleuse liegende Anker verdrängt zwar jetzt Wasservolumen, doch nur entsprechend seines eigenen Volumens, nicht das eines Wasservolumens vom Gewicht das dem des Ankers gleich kommt. Da seine Dichte größer als die des Wassers ist, wird weniger als vorher verdrängt, als seine gesamte Gewichtskraft durch die Auftriebskraft des Wassers ersetzt werden musste. Diese Auftriebskraft kam wegen der geringeren Dichte des Wassers nur durch ein größeres Wasservolumen zustande.

4.7

$$F_g + F_A = 0$$

$$m_E \cdot g - \rho_w \cdot g \cdot V_{\text{Eisteil}} = 0$$

$$\rho_E \cdot a^3 - \rho_w \cdot a^2 \cdot d = 0 \quad \Rightarrow \quad d = a \cdot \frac{\rho_E}{\rho_W} = 2 \text{ cm} \cdot \frac{0,92 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}}{1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 1,84 \text{ cm}$$

4.8 Lösung: $F_A = -133,4 \text{ mN}$ $F_G = 58,86 \text{ mN}$

4.9 Lösungen:

$$F_{\text{Auftrieb}} = F_1 - F_{1W} = \rho_W \cdot g \cdot V_{\text{Ring}} \Rightarrow V_{\text{Ring}} = \frac{\Delta F}{g \cdot \rho_W}$$

$$F_1 = m \cdot g = \rho_{\text{Ring}} \cdot V_{\text{Ring}} \cdot g = \rho_{\text{Ring}} \cdot \frac{\Delta F}{g \cdot \rho_W} \cdot g \Rightarrow \underline{\underline{\rho_{\text{Ring}} = \rho_W \frac{F_1}{\Delta F}}}}$$

$$\rho_{\text{Ring1}} = 19,29 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad \rho_{\text{Ring2}} = 12,94 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

4.10 $F_g = F_A = \rho_W \cdot g \cdot V_{\text{Kugelhälfte}} = \rho_W \cdot g \cdot \frac{1}{2} \frac{4}{3} \pi \cdot r^3 = \frac{0,8 \text{ g}}{\text{cm}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{4}{6} \pi \cdot 2,5^3 \text{ cm}^3 = \underline{\underline{0,257 \text{ N}}}$

5.1 a: zeitliche Periodizität der Schwingungsgröße*)

b: Sinusschwingung; Schwingung, bei der die Rückstellkraft proportional der Auslenkung ist.

c: nö

*) Zuweilen (insbesondere im Bereich der Medizin) wird die Definition allgemeiner als zeitliche Periodizität eines **Vorganges** aufgefasst. Demnach wäre auch die Atmung eine Schwingung, wenngleich aus physikalischer Sicht ein dezidiertes Verweis auf eine Schwingungsgröße nicht möglich ist. (Siehe auch Kants „Der Streit der Fakultäten“)

5.2 a) Eine Schwingung, der fortwährend Energie entzogen wird (z. B. durch Reibung).

PS. Eine gedämpfte Schwingung ist nicht mehr harmonisch.

b) Nein, da die Kreisfrequenz einer gedämpften Schwingung durch $\omega^2 = \omega_0^2 - \delta^2$ gegeben ist und Eigenfrequenz ω_0 nebst Abklingkoeffizient δ konstant sind, ist auch die Periode T konstant. Lediglich im Vergleich zur ungedämpften Schwingung ist T etwas größer.

- 5.3 Schwingungsfähiges System mit bestimmter Eigenfrequenz wird durch einen Erreger zu Schwingungen mit gleicher Frequenz angeregt.
- 5.4 Bei den Umkehrpunkten ist die Beschleunigung maximal (die Geschwindigkeit minimal) und beim Nulldurchgang wird die Geschwindigkeit maximal (die Beschleunigung minimal).
- 5.5 Es ist einfach nur die den Formeln entsprechende Sinus- bzw. Kosinusfunktion zu zeichnen (Wer will kann auch die Amplituden an den Ordinaten einzeichnen; Amplituden: x_0 , bzw. $x_0 \cdot \omega$)

5.6 Lösung: $\nu = 1,17 \text{ Hz}$

5.7 Lösung: $T_2 = 2 \cdot T_1 = 1 \text{ s}$ (wegen $T \propto \sqrt{m}$)

5.8

$$T_1 = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{2} \text{ s} = 0,5 \text{ s}$$

$$T \propto \sqrt{m} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \sqrt{\frac{m_1}{4 \cdot m_1}} T_2 = T_1 \sqrt{\frac{1}{4}} = 0,5 \cdot T_1 = 0,25 \text{ s}$$

5.9 Lösung: $T = 3,33 \text{ s}$

5.10 $T = 5 \text{ cm} \cdot 200 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} = 1 \text{ s}$ $\nu = 1 \text{ Hz} = \underline{\underline{60 \frac{1}{\text{min}}}}$

6.1 Longitudinale Dichteschwingungen in Gasen, Flüssigkeiten und Festkörpern.

6.2 Ist altersabhängig, etwa 20Hz - 20kHz

6.3 Im mittleren Alter lässt die Fähigkeit nach, hohe Frequenzen wahrzunehmen.

6.4 Z. B bei $t=0^\circ\text{C}$: $c = 331 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ oder bei $t=20^\circ\text{C}$: $c = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ oder einfach $c \approx 340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

6.5 Beim Übergang einer Schallwelle in ein akustisch dichteres Medien nimmt die Schallgeschwindigkeit zu. Gemäß $c = \lambda \cdot \nu$ erhöht sich die Wellenlänge (in Analogie zur Brechung von Licht gilt auch hier: $\nu = \text{const.}$). Beispiel: $c(\text{Luft})=332 \text{ m/s}$, $c(\text{Wasser})=1261 \text{ m/s}$ (be $t = 0^\circ\text{C}$)

6.6 Kleinere Wellenlänge (hohe Frequenz) führt zu geringeren Beugungserscheinungen beim Kontakt mit Hindernissen.
Als Beispiel die Beugung am Spalt der Breite b : $b \cdot \sin \alpha = m \cdot \lambda$, bei kleinem λ ergibt sich auch eine kleine „Abweichung“ α von der geradlinigen Ausbreitung.

6.7 Wird die Messgröße (Schallintensität I oder Schalldruckamplitude p) bei 1kHz gemessen, so kann (!) die Einheit Phon verwendet werden. Bei jeder anderen Frequenz gilt die Einheit Dezibel.

6.8 $L_N = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0} = 10 \cdot \lg \frac{10^{-5} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} = 10 \cdot \lg 10^7 = 70 \text{ phon}$

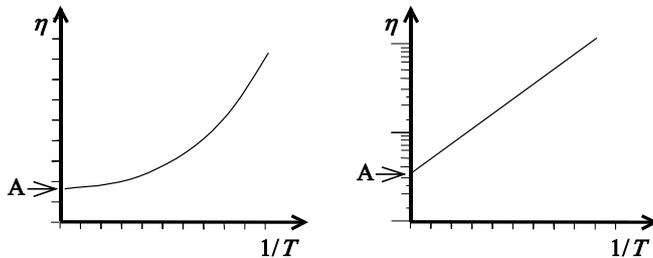
6.9 $\Delta L = 10 \cdot \lg \frac{2 \cdot I}{I} = 10 \cdot \lg 2 = 10 \cdot 0,301 \approx 3 \text{ dB}$

6.10 $\Delta L = 10 \cdot \lg \frac{I/2}{I} = 10 \cdot \lg \frac{1}{2} = 10 \cdot \lg 1 - 10 \cdot \lg 2 = 0 - 10 \cdot \lg 2 \approx -3 \text{ dB}$

- 6.11 $L_N \approx 83 \text{ phon}$ (genau kann man nur ablesen, dass es nicht 80phon sind – also schätzen)
- 6.12 In der Skizze zur Aufgabe ist der Druckverlauf dargestellt. Für eine Ganze Wellenlänge erreicht der Druck zweimal ein Maximum.
- $$\lambda = 7 \text{ cm}; \quad \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{340 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{7 \cdot 10^{-2} \text{ m}} = 4857 \text{ Hz}$$
- 6.13 1,5 Wellenlängen, d. h. $\lambda = 10 \text{ cm} / 1,5 = 6,67 \text{ cm}$, $\Rightarrow \underline{\underline{\nu = 5100 \text{ Hz}}}$
- 6.14 $c_{\text{He}} = \lambda \cdot \nu = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \cdot 18,3 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{s}} = 91,5 \cdot 10^1 \frac{\text{m}}{\text{s}} = \underline{\underline{915 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}$
- 6.15 $c = 0,59 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 2,5 \cdot 10^9 \text{ s}^{-1} = \underline{\underline{1475 \text{ m/s}}}$

- 7.1 Zähigkeit aufgrund innerer Reibung.
Hinweis: Siehe Definition der Scherkraft proportional dem Geschwindigkeitsgefälle Δv senkrecht zur Geschwindigkeitsrichtung Δx .
- 7.2 $\eta(\text{Wasser}, 20^\circ\text{C}) \cong 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ $\eta(\text{Blut}, 20^\circ\text{C}) \cong 4,4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$
- 7.3 Hinweis: Newtonsch ist $\eta=f(T)$ bzw. Nichtnewtonsch ist $\eta=f(T, p, \dots)$
- 7.4 Am Rande ist das Geschwindigkeitsgefälle ($\Delta v_y / \Delta x \mid \lim \Rightarrow dv_y / dx$) am größten und demzufolge die Scherkräfte auf mitgeführte, kolloide Teilchen.

7.5 (Wie im Versuch 10)



PS. Durch Substitution kann man sich auf triviale Weise klar machen, dass hier nichts anderes gefragt wurde, als der Verlauf einer normalen e-Funktion:

$$\eta = A \cdot e^{B \frac{1}{T}}$$

$$\eta = y, \quad x = \frac{1}{T} \Rightarrow y = A e^{Bx}$$

7.6 Lösung a: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{r_1^4}{r_2^4} = \frac{r_1^4}{(1,1 \cdot r_1)^4} = \frac{r_1^4}{1,1^4 \cdot r_1^4} = \frac{1}{1,1^4} = 0,68 \quad \Rightarrow \underline{\underline{R_2 = 0,68 \cdot R_1}}$

Lösung b: $R \propto \frac{L}{r^4} \Rightarrow R_2 = R_1 \cdot \frac{L_2 \cdot r_1^4}{L_1 \cdot r_2^4} = R_1 \frac{1,15 \cdot L_1 \cdot r_1^4}{L_1 \cdot 1,15^4 \cdot r_1^4} = R_1 \cdot \frac{1}{1,15^3} \cong \underline{\underline{R_1 \cdot 0,66}}$

Lösung c: $[R] = \left[\frac{\Delta p}{l} \right] = \frac{\text{Pa}}{\text{m}^3/\text{s}} = \frac{\text{Pa} \cdot \text{s}}{\text{m}^3}$ (also: eine auf die Volumeneinheit normierte Viskosität)

7.7 $F_G = F_R + F_A$ (Gewichtskraft = Reibkraft + Auftriebskraft)

8.1 Ein Elektrolyt ist ein elektrischer Leiter (2. Ordnung), bei dem der Ladungstransport durch Ionen bewirkt wird (Flüssigkeiten, Schmelzen).
Elektrolyse ist die chemische Veränderung unter dem Einfluss eines elektrischen Stromes, die in einem Elektrolyten auftritt.

8.2 Elektronen, Ionen

8.3 1. FG.: Bei der Elektrolyse sind abgeschiedene Massen proportional der transportierten Ladung: $m \propto Q$
2. FG.: Bei der Elektrolyse sind abgeschiedene Mengen umgekehrt proportional ihren Wertigkeiten: $n \propto z^{-1}$

8.4 Hinweis: 2OH^- an der Anode wird zu H_2O , dann bleibt noch Sauerstoff übrig.

8.5 $M = \frac{m}{n}$; $M_{\text{H}_2} = 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \Rightarrow n = \frac{1 \text{ g}}{2 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,5 \text{ mol}$ also N_A -halbe $\approx 3 \cdot 10^{23}$ Teilchen

8.6 Lösung:

a) Kathode

$$F = \frac{Q}{n_{eq}} = \frac{I \cdot t}{n \cdot z} \quad M_{\text{Cu}} = \frac{m}{n} \quad \Rightarrow$$

$$t = \frac{F \cdot z \cdot m}{I \cdot M_{\text{Cu}}} = \frac{96500 \frac{\text{As}}{\text{mol}} \cdot 2 \cdot 16 \text{ g}}{4 \text{ A} \cdot 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 12062,5 \text{ s} = 3 \text{ h} 21 \text{ min} 2,5 \text{ s}$$

8.7 Lösung: $v = 4,97 \cdot 10^{-5} \text{ kmol}$

9.1 Hinweis: Eindeutig nur eine elektrische Größe...
(nicht die Stromstärke und schon gar nicht der Widerstand, vielmehr die elektrische Sp....)

9.2 Lösung: Der zu einem bestimmten Spannungswert synchronisierte Messbeginn einer anliegenden Spannung (und das damit verbundene Schreiben des Elektronenstrahles).

9.5 Hinweis: Man kann die Frequenzangabe erst in Periodendauer umrechnen (a), aber auch gleich mit der Frequenz rechnen (b). Timebase $\equiv x$

$$\text{a) } T = \frac{1}{10^3 \text{ s}^{-1}} = 1 \text{ ms}; \quad x = \frac{T}{l} = \frac{1 \text{ ms}}{5 \text{ cm}} = 0,2 \frac{\text{ms}}{\text{cm}} \quad \text{b) } x = \frac{1}{l \cdot \nu} = \frac{1 \text{ s}}{5 \text{ cm} \cdot 40} = 5 \frac{\text{ms}}{\text{cm}}$$

9.6 Hinweise: φ ist ein Winkel, Einheit in Grad oder Radiant.
Das Raster auf dem Oszilloskopenschirm hat in horizontaler sowie vertikaler Richtung stets ein Modul von einem Zentimeter. $U_1 = 0,3 \text{ V}; \varphi = 90^\circ (\pi/2)$

9.7 $U_0 = 0,6 \text{ V}; T = 4 \text{ ms}; \nu = 250 \text{ Hz}; \varphi = 90^\circ$ (oder 270° bzw.: $\pi/2$ oder $3\pi/2$)

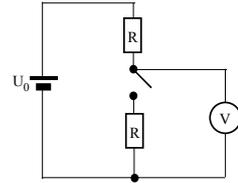
10.2 Lösungen: a) A, C b) B, Amperemeter

10.3 Lösungen: a) 250 mA
b) $U_1 = 0,75 \text{ V} \quad U_2 = 1,25 \text{ V} \quad U_3 = 2 \text{ V}$

10.4 $R_{\text{ges}} = 9 \Omega$

10.5 Lösung: $U_x=10V$ Rechenweg ist in der Klausur erforderlich.

10.6 Bei offenem Schalter fließt kein Strom, also findet am 3Ω -Widerstand kein Spannungsabfall statt, es wird somit die Quellspannung gemessen. Bei geschlossenem Schalter liegt ein Spannungsteiler vor. (Solche Aufgaben sollte man sich oft übersichtlicher aufzeichnen als sie gestellt sind - etwa wie in Aufgabe 9.1 - dann sieht man die Verhältnisse klarer; \rightarrow).
 Lösung: a) $U=6V$ b) $U=2,4V$



10.7 (Auch das Einfache mal etwas ausführlicher:)

$$R_{ges} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{6\Omega \cdot 9\Omega \cdot 9\Omega}{6\Omega \cdot 9\Omega + 6\Omega \cdot 9\Omega + 9\Omega \cdot 9\Omega} = \frac{6\Omega \cdot 9\Omega \cdot 9\Omega}{9\Omega \cdot (6\Omega + 6\Omega + 9\Omega)} = \frac{6\Omega \cdot 9\Omega}{6\Omega + 6\Omega + 9\Omega} = \frac{54\Omega^2}{21\Omega} = \underline{\underline{2,57\Omega}}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{7}{18\Omega} \cdot 24V = \underline{\underline{9,33A}} \quad P = 24V \cdot 9,33A = \underline{\underline{224W}}$$

10.8 (Immer auf die Einheit achten - die kann auch mal $k\Omega$ sein.)

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{8\Omega} + \frac{1}{8\Omega} = \frac{1}{4\Omega}, R_1 = 4\Omega \quad R_2 = 8\Omega \quad R_{ges} = R_1 + R_2 = 12\Omega$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{24V}{12\Omega} = \underline{\underline{2A}} \quad P = 24V \cdot 2A = \underline{\underline{48W}}$$

10.9 $P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} \Rightarrow I = \frac{P}{U} = \frac{2000V \cdot A}{235V} = \underline{\underline{8,5A}}$ und $R = \frac{U^2}{P} = \frac{235^2 V^2}{2000VA} = \underline{\underline{27,6\Omega}}$

10.10 Lösung: $P = 184W$

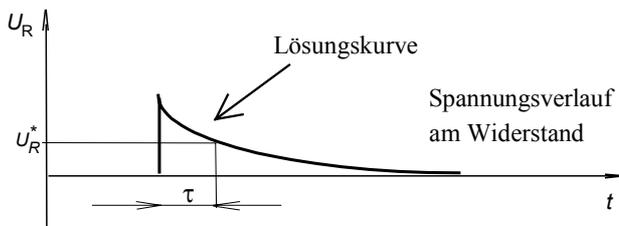
10.11 Lösung: $U=80V$

10.12 $Q = C \cdot U = 10 \cdot 10^{-12} \frac{As}{V} \cdot 100V = 10^{-9} C = 1nC$

10.13 Lösung: Die Impedanz Z (Wechselstromwiderstand) erreicht ein Minimum, wenn der Klammerausdruck unter der Wurzel verschwindet: $\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} = 0 \Rightarrow \nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$

$$\nu = \frac{1}{2\pi \sqrt{2 \cdot 10^{-3} \frac{Vs}{A} \cdot 100 \cdot 10^{-9} \frac{As}{V}}} = \frac{1}{2\pi \sqrt{200 \cdot 10^{-12} s^2}} = \frac{1}{88,86 \cdot 10^{-6} s} = 11,25kHz$$

10.14



(Die abfallende Kurve reicht als Lösung.)

10.15 Spannungsteiler: Festes Widerstandsverhältnis liefert feste Spannungsgrößen an den Abgriffen.
 Potentiometer: Variables Widerstandsverhältnis ermöglicht variable Spannungsgrößen an den Abgriffen.

11.1 $v = \frac{\tan \varepsilon}{\tan \varepsilon_0} \approx \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}$ (bei uns wird mit der Näherung gerechnet; die Vergrößerung als Winkelverhältnis)

11.2 Brechzahl: Das Verhältnis der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum zu der in einem Medium definiert die Brechzahl dieses Mediums.

Brechkraft: Für eine Linse ergibt der reziproke Wert ihrer Brennweite in Metern ihre Brechkraft in Dioptrien. ($D=1/f$; $[D]=\text{dpt}=\text{m}^{-1}$)

11.3 Lösung: Parallele Strahlen vereinigen sich in der Brennebene; verlaufen sie zudem parallel zur optischen Achse, so liegt ihr Schnittpunkt im Brennpunkt der Linse (=Schnittpunkt der optischen Achse mit der Brennebene). Es gilt das Prinzip der Umkehrbarkeit des Lichtweges, folglich werden vom Brennpunkt ausgehende Strahlen, die durch die Linse laufen, zu parallelen Strahlen.

$$f = \frac{1}{D} = \frac{1}{1,2 \text{ m}^{-1}} = \underline{\underline{83,3 \text{ cm}}}$$

11.4 Lösung: $b=1,5\text{m}$.

Bitte die Formel nach der geforderten Größe auflösen, erst dann Werte (Wert = Zahl · Einheit) eintragen. Aus gegebenen Anlässen besonders ausführlich:

(Beim Separieren nach der gesuchten Größe ist der Rang der Rechenstufen zu beachten.)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{g} = \frac{g}{f \cdot g} - \frac{f}{f \cdot g} = \frac{g-f}{f \cdot g} \Rightarrow b = \frac{f \cdot g}{g-f} = \frac{1 \text{ m} \cdot 3 \text{ m}}{3 \text{ m} - 1 \text{ m}} = \frac{3 \text{ m}^2}{2 \text{ m}}$$

11.5 $c_0=3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ $c_m = \frac{c_0}{1,5} = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

11.6 Die Frequenz bleibt bei der Brechung konstant: $n = \frac{c_0}{c_m} = \frac{\lambda_0 \cdot \nu}{\lambda_m \cdot \nu} = \frac{\lambda_0}{\lambda_m} = \frac{390 \text{ nm}}{325 \text{ nm}} = \underline{\underline{1,2}}$

11.7 $n = \frac{c_0}{c_m} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1,24 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = \frac{3}{1,24} = 2,42$

Hinweis auf das Material: hohe Brechzahl, Dispersion (funkel, funkel) und mechanische Härte!

11.8 Hinweis: Zu Snellius (für ein Lichtstrahl gilt bei Brechungen $n_i \cdot \sin \alpha_i = \text{konstant}$) gehört eigentlich auch ein Hinweis zum Lot: „Einfallender und gebrochener Lichtstrahl liegen **mit dem Lot** in einer Ebene.“

11.9 Lösung: $\beta = 42^\circ$ wegen $n \cdot \sin \alpha = \text{const.} \Rightarrow n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$

11.10 Lösung: $\beta = 76,5^\circ$

11.11 a.) wird kleiner, wegen $A_0 = n \cdot \sin \alpha$;
 α ist die *Apertur* (der größte mögliche halbseitige Öffnungswinkel vom Gegenstand gesehen), der durch die Größe der Eintrittspupille (=objektseitiges Bild der Blende, beim Auge das objektseitige Bild der Pupille) bestimmt wird. Die Pupille wird bei zunehmender Helligkeit kleiner und damit auch α und die *numerische Apertur* A_0 .

b.) Auflösungsvermögen $A (=1/d_{\min})$ sinkt, wenn die numerische Apertur A_0 kleiner wird:

$$A = \frac{1}{d_{\min}} = \frac{n \cdot \sin \alpha}{0,61 \cdot \lambda} = \frac{A_0}{0,61 \cdot \lambda}$$

(der Faktor 0,61 gilt nur für Kreisblenden)

c.) Abbildungsfehler haben jedoch geringere Bedeutung (z. B. sphärische Aberration, Bildfeldwölbung, Koma), was zuweilen eine Erhöhung des Auflösungsvermögens vortäuscht. Deshalb ist z. B. in zunehmendem Alter für genügend Licht beim Lesen zu sorgen, da die Abbildungsfehler zunehmen. Die Schärfentiefe im Bildraum ist bei kleinerer Öffnung größer.

11.12 Mit dem Okular.

11.13 Es kann sich hier nur um die Angabe der Vergrößerung und der numerischen Apertur handeln. Eine höhere numerische Apertur ($A_0 = n \cdot \sin \alpha$) bedeutet ein höheres Auflösungsvermögen. Deshalb ist Objektiv 2 vorzuziehen, es sei denn, man möchte Geld sparen.

11.14 $V_{max} = v_{Objektiv} \cdot v_{Okular} \Rightarrow v_{Okular} = \frac{V_{max}}{v_{Objektiv}} = \frac{650}{40} = \underline{\underline{16,25}}$

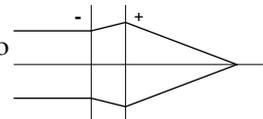
11.15 Bei gegebenem Objektiv ist $\sin \alpha$ eine konstante Größe, n und λ aber noch variabel, wobei die einfachen Proportionalitäten $A \propto n$ und $A \propto 1/\lambda$ gelten. Daher: Brechzahl im Gegenstandsraum erhöhen, z. B. durch Eintauchen des Gegenstandes in Öl (Ölimmersion) und/oder Beleuchten (und Betrachten) des Gegenstandes mit Licht kleinerer Wellenlänge (Blaulicht) erhöht das Auflösungsvermögen A .

11.16 Entsprechend der Abbildungsgleichung gelten für die Schnittpunkte der Ausgleichsgeraden mit den Koordinatenachsen die nebenstehenden Beziehungen. Deshalb ist die Brechkraft sofort an diesen Schnittpunkten abzulesen, bzw. durch den Mittelwert beider gegeben: $D = 1,4 \text{dpt}$

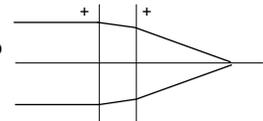
$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}; \quad \text{bei } \frac{1}{g} = 0 \Rightarrow D = \frac{1}{b}$$

$$\text{bzw. } \frac{1}{b} = 0 \Rightarrow D = \frac{1}{g}$$

11.17 Brennweite für kurzsichtige Menschen ist zu kurz; Brennpunkt liegt also vor der Netzhaut; Strahlengang wird aufgeweitet. Prinzipieller Strahlengang mit Konkavlinse siehe Skizze:

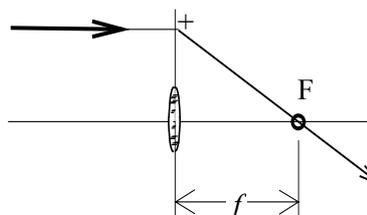
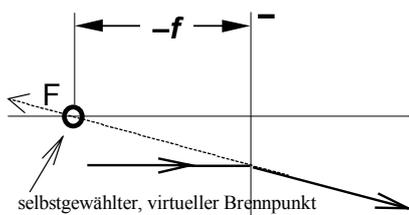


11.18 Brennweite für weitsichtige Menschen ist zu lang; Brennpunkt liegt also hinter der Netzhaut; Strahlengang wird „konvergiert“. Prinzipieller Strahlengang mit Konvexlinse siehe Skizze.



Wichtige Bemerkung: Die Konstruktionsstrahlen brechen sich immer nur an der/den Hauptebenen. Die in Aufgaben oft eingezeichneten Linsen haben damit nichts zu schaffen und dienen nur der Information darüber, ob eine Konvex- oder Konkavlinse (Sammel- oder Zerstreuungslinse) vorliegt.

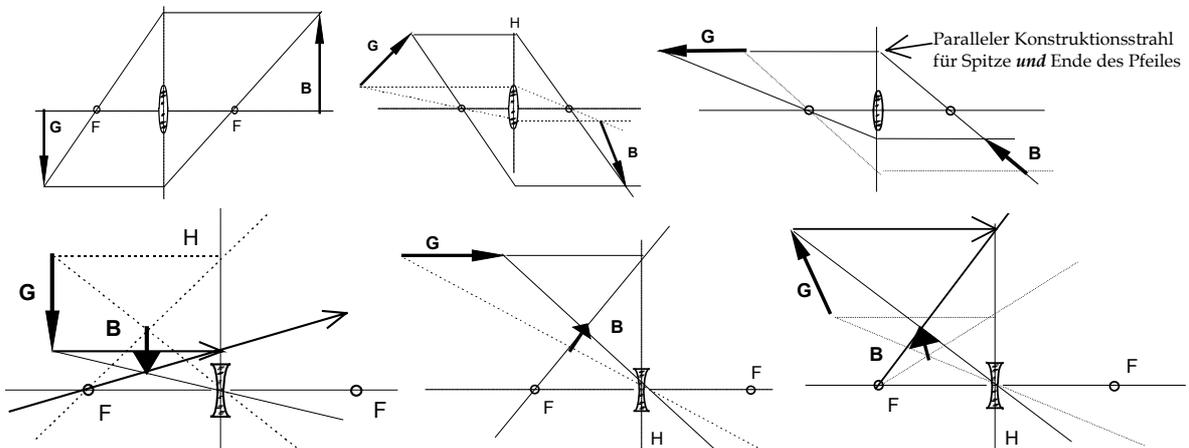
11.19



Die Brennpunkte waren bei diesen beiden Aufgaben selbst zu wählen.

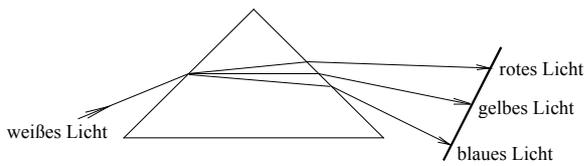
(virtuell: durch Konstruktion bestimmt)

11.20

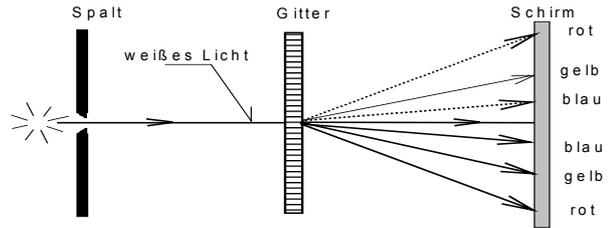


- 12.1 Trans.: Schwingungsvektor (bzw. Richtung der Schwingungsgröße) senkrecht zur Ausbreitungsrichtung
 Longi.: Schwingungsvektor (bzw. Richtung der Schwingungsgröße) in Ausbreitungsrichtung
- 12.2 Beugung: Interferenz von Elementarwellen an Hindernissen.
 Brechung: Verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Medien.
- 12.3 Licht ist polarisiert, wenn bestimmte Schwingungsrichtungen des elektrischen Feldvektors bevorzugt vorkommen. Man unterscheidet linear, zirkular und elliptisch polarisiertes Licht.
- 12.4 Lösung: a. Rayleigh-Streuung b. Reflexion an einer (Glas)Oberfläche
 c. Brechung d. Durchgang durch einen doppelbrechenden Kristall
- 12.5 Lösung: monochromatisch, parallel, kohärent
- 12.6 Hinweis: Der physikalisch interessante Bereich elektromagnetischer Strahlung umfasst ca. 50 Oktaven (Oktave: Frequenz- bzw. Wellenlängenverhältnis von 1:2), wobei das menschliche Auge nur für etwa $\Delta\lambda = \{390-770\}$ nm sensibilisiert ist; also angenähert eine Oktave (400-800) nm. Der Frequenzbereich errechnet sich aus diesen Werten.
- 12.7 Lösungen: $\Delta\lambda \approx (400 - 800) \text{ nm}$ $\nu \approx (7,5 - 3,75) \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- 12.8 Lösung: $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- 12.9 Lösung: $\lambda = 3,02 \text{ m}$, aus $c = \lambda \cdot \nu \Rightarrow \lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{99,2 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}}}$
- 12.10 F, B, D, A, E, C, G
 Radiowellen | Mikrowellen | Infrarot | Licht | Ultraviolett | Röntgenstr. | Gammastrahlung
- 12.11 Lösung: $\alpha = 0,34 \text{ rad}$ oder $\alpha = 19,62^\circ$
- 12.12 Lösung: $\lambda = 589 \text{ nm}$, aus $\lambda = d \cdot \sin \alpha = \frac{1}{100 \frac{1}{\text{mm}}} \cdot \sin 3,375^\circ = \frac{1 \text{ mm} \cdot 0,05887}{100}$
- 12.13 Lösung: $\lambda = 517 \text{ nm}$ ($d \cdot \sin \alpha = \lambda \cdot m$ mit $m=1$)
-
- 13.1 Dispersion: - Wellenlängenabhängigkeit der Brechzahl $n(\lambda)$
 - Wellenlängenabhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit $c_m(\lambda)$
 (Beide Definitionen sind äquivalent.)
- 13.2 Kontinuierliches Spektrum bei glühenden Körpern
 Linienspektrum bei leuchtenden Gasen
- 13.3 **Z. B. Bohrsches Atommodell:** Elektronen umlaufen die Atomkerne auf diskreten Bahnen, denen für das betreffende Element typische Energien entsprechen.
Anregung: Die Elektronen können Energien in Beträgen aufnehmen, die den Energiedifferenzen der diskreten Bahnen entsprechen und dabei ihre Bahn wechseln.
Rekombination: Die freigesetzten Bahnen werden von höherenergetischen Elektronen besetzt und deren Energieüberschuss in Form elektromagnetischer Strahlung abgegeben. Dabei entsprechen bestimmte Energien immer bestimmten Frequenzen ($\Delta E = h \cdot \Delta \nu$) und damit Farben (Spektralfarben).
- 13.4 thermisch, Elektronenstoß, Photoeffekt
- 13.5 Hinweis: Siehe Praktikumsversuch 12b, Prismenspektrometer.
 (Ermittlung von Stoffarten aus dem Licht ihrer Dämpfe)

13.6



13.7



Die Dispersion des Gitters ist umgekehrt zum Prisma mit normaler Dispersion.

14.1 Hinweis: Siehe Versuch 8, Röntgenstrahlung. Zu zeichnen und zu benennen sind:
Anode, Kathode, Heizspannung, Anodenspannung, Glaskolben.

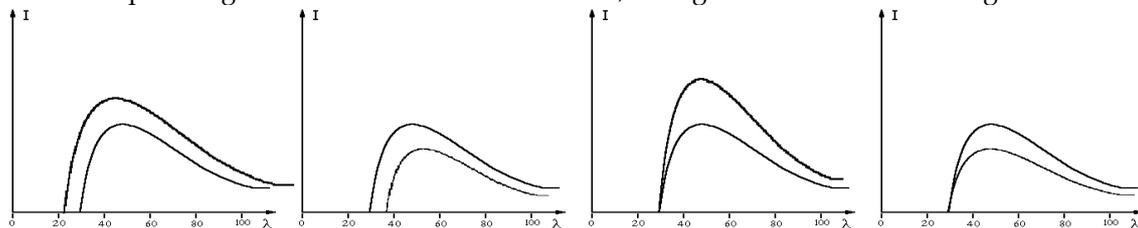
14.2 Energie höher, Wellenlänge kleiner, Durchdringungsvermögen ist höher. $\left(E_\gamma = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \right)$

14.3 $\mu_A \propto Z^{3,5}$, Z: Ordnungszahl des absorbierenden Materials, μ_A : Absorptionskoeffizient
Die Absorption wächst für Elemente höherer Ordnungszahl überproportional. Deshalb absorbieren sind Bereiche mit Kalziumanteil (Z=20; Knochen) mehr Röntgenstrahlung als Muskelgewebe mit vornehmlich Kohlenstoff und Wasser (Z≈6 – 8).
(Der Exponent „3,5“ ist u. a. energieabhängig, gilt also nur ungefähr.)

14.4 **Röntgenbremsstrahlung** entsteht durch Abbremsung schneller Elektronen im Coulombfeld von Atomkernen der Metallatome des Targetmaterials (Molybdän, Wolfram). Der Verlust an kinetischer Energie der Elektronen tritt als Energie elektromagnetischer Strahlung auf.
Die Ausbeute an Röntgenstrahlung erhöht sich mit der Ordnungszahl des Targetmaterials.

14.5 **Charakteristische Röntgenstrahlung** entsteht durch Anregung von Elektronen aus der K-Schale, die bei der Rekombination Röntgenstrahlung diskreter Energiewerte aussenden. Die Energiewerte entsprechen den Differenzen der Energieniveaus der Elektronenschalen, und sie sind für das jeweilige Targetmaterial (z. B. Mo, W) charakteristisch. Nur für Kerne höherer Ordnungszahl (ca. $Z \geq 40$) liegt die Anregungsenergie der K-Schalen im Röntgenbereich.

14.6 a1: Anodenspannung höher \Rightarrow Intensität größer, maximale Energie höher, d. h. kleineres λ_{\min}
a2: Anodenspannung kleiner \Rightarrow Intensität kleiner, maximale Energie kleiner, d. h. größeres λ_{\min}
b1: Heizspannung höher \Rightarrow Intensität größer, bei gleicher Grenzwellenlänge λ_{\min}
b2: Heizspannung kleiner \Rightarrow Intensität kleiner, bei gleicher Grenzwellenlänge λ_{\min}



zu zeichnen war die größere Kurve

kleinere Kurve

größere Kurve

kleinere Kurve

14.7 $E = U \cdot e_0 = 100 \text{ kV} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} = 1,6 \cdot 10^{-14} \text{ J} = 0,16 \text{ fJ}$ (letzte Einheit: Femtojoule)

14.8 100 mSv, und 2000 mSv bzw. 2 Sv z. B.: $H_\alpha = D \cdot q_\alpha = 100 \text{ mGy} \cdot 20 \frac{\text{mSv}}{\text{mGy}} = 2000 \text{ mSv}$

- 14.9 **Zu a)** Halbwertsdicke: $d = 1,5\text{mm}$,
bei $N = 50 (\cdot 10^3\text{s}^{-1})$.

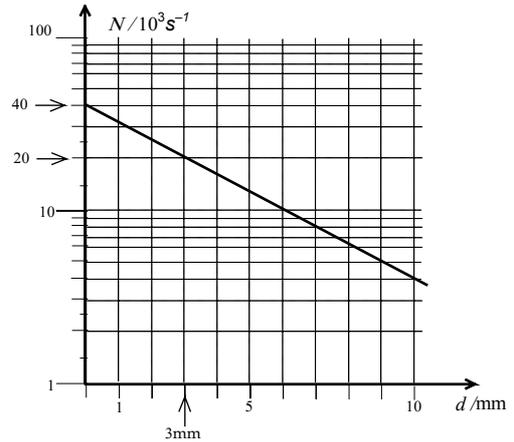
Zu b) siehe Kurve rechts \rightarrow

Kurve beginnt bei $d = 0\text{mm}$ mit $N_0 = 40 \cdot 10^3\text{s}^{-1}$.

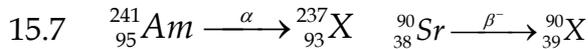
Bei $d = 3\text{mm}$ ist die Zählrate auf die Hälfte gesunken.

Wegen der Gesetzmäßigkeit $N = N_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$ ergibt sich auf halblogarithmischem Netz eine Kurve konstanter Steigung und wegen des negativen Exponenten ist die Steigung negativ.

(Die letzte Bemerkung ist nicht die mathematische Begründung)



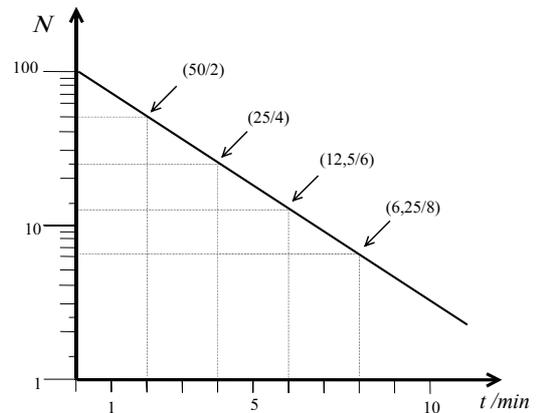
- 15.1 Die Eigenschaft von Atomkernen gewisser Isotope, spontan unter Aussendung von charakteristischen Strahlungsarten ihren Zustand zu wechseln.
- 15.2 α : Heliumkerne; β : Elektronen; γ : elektromagnetische Strahlung hoher Energie
Bei Alpha- und Beta-Strahlung setzt man voraus, dass sie einem Atomkern entstammen.
- 15.3 Bq: Aktivität, Gy: Energiedosis, Sv: Äquivalentdosis (bzw. auch effektive Dosis), C/kg: Ionendosis
- 15.4 Hinweis: Photoeffekt, Comptonstreuung, Paarbildung
- 15.5 Lösung: $Z=28$
- 15.6 Lösung: $Z=90$



15.8 $M_{xx}=218, Z_{xx}=85 \quad M_{yy}=214, Z_{yy}=83$

- 15.9 a. Es handelt sich um einen β^- -Strahler. (Beta-Minus-Strahler).
b. Es handelt sich um einen α -Strahler. (manchmal auch als Heliumkerne bezeichnet)

- 15.10 Bemerkung: Neben $N_0=100$ bei $t = 0\text{s}$, ist natürlich nur ein weiteres Zahlenpaar (z. B. 50,2) zu bestimmen.



Zu Aufgabe 15.10

- 15.11 Lösung:
1. Abstand halten: Die Dosis D nimmt mit dem Quadrat des Abstandes A ab: $D \propto A^{-2}$.
2. Aufenthaltsdauer minimieren: Die Dosis D wächst linear mit der Expositionszeit t : $D \propto t$.
3. Strahlung abschirmen: Bei γ -Strahlung nimmt die Dosis D exponentiell mit der Dicke der Abschirmung ab: $D \propto e^{-d}$

- 15.12 (Zerfall eines freien (!) Neutrons)
 $n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$ Dabei gilt : n : Neutron p^+ : Proton e^- : Elektron
 $\bar{\nu}_e$: Antineutrino (genauer :Elektronantineutrino)

15.13 $2^3 = 8$ $2^{10} = 1024 \approx 1000$,

d. h. nach dem 3fachen bzw. 10fachen seiner Halbwertszeit ist die Aktivität auf 1/8tel bzw. auf 1/1000stel gesunken.

Wegen der populären Bedeutung solcher Fragen soll kurz die Begründung gegeben werden, wenngleich man sich letztlich doch nur das Verfahren merkt.

Hinlänglich bekannt ist der Ausdruck für die Halbwertszeit :

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{A_0}{2} = A_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}} \Rightarrow \ln 1 - \ln 2 = -\lambda \cdot T_{1/2} \ln e \Rightarrow T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

(PS: Die Definition der Halbwertszeit mit der Aktivität A oder der Anzahl der zerfallenen Kerne N ist äquivalent.)

Nun wird der x-te Teil einer anfänglichen Aktivität A₀ – also A₀/x – gesucht: →

$$A = \frac{A_0}{x} = A_0 \cdot e^{-\lambda t_x} \xrightarrow{\text{Gleichung natürlich logarithmieren}} \ln 1 - \ln x = -\lambda \cdot t_x \cdot \ln e \Rightarrow$$

$$\ln x = \lambda \cdot t_x$$

$$\text{wegen } \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \text{ folgt } \ln x = \frac{t_x}{T_{1/2}} \cdot \ln 2 = \ln 2^{\frac{t_x}{T_{1/2}}} \xrightarrow{\text{entlogarithmieren}} x = 2^{\frac{t_x}{T_{1/2}}}$$

$$\text{dekadisch logarithmiert: } \lg x = \frac{t_x}{T_{1/2}} \cdot \lg 2 \text{ folgt schließlich mit } \lg 2 = 0,3 \quad \frac{t_x}{T_{1/2}} \approx \frac{\lg x}{0,3} = 3,3 \cdot \lg x$$

Beispiele: mit der ersten Lösung:

4tel von A₀ nach: 4=2² ⇒ dem zweifachen der Halbwertszeit;

16tel von A₀ nach: 16=2⁴ ⇒ dem vierfachen der Halbwertszeit;

512tel von A₀ nach: 512=2⁹, dem neunfachen der Halbwertszeit.

oder mit der zweiten Lösung:

Der **10.000ste Teil** der ursprünglichen Substanz nach dem (3,3·lg10.000=3,3·4≈13) 13fachen der Halbwertszeit.

Der **1000.000ste Teil** der ursprünglichen Substanz nach dem (3,3·lg10⁶=3,3·6≈20) 20fachen der Halbwertszeit.

16.1 Zehnerpotenzen: 10⁻⁶ 10⁻³ 10⁻¹² 10⁻⁹ 10³ 10⁶ 10⁻¹ 10⁻²

16.2 Günstig ist es, mit der Tabelle zu rechnen, da auch mehr Messwerte vorkommen können!

i	t / s	Δt / s	Δt ² / s ²
1	23	-3	9
2	22	-4	16
3	21	-5	25
4	26	0	0
5	30	4	16
6	29	3	9
7	31	5	25
Σ	182	0	100

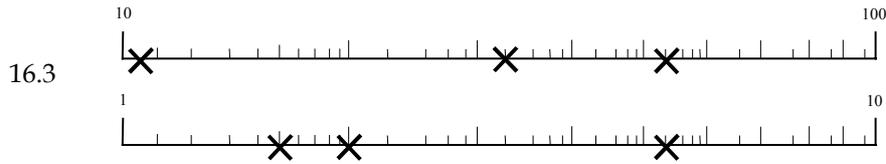
$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{182 \text{ s}}{7} = \underline{\underline{26,0 \text{ s}}}$$

$$\Delta \bar{t} = \sqrt{\frac{\sum \Delta t^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{100 \text{ s}^2}{7 \cdot 6}} = \sqrt{\frac{100 \text{ s}^2}{42}} = \sqrt{2,38 \text{ s}^2} = \underline{\underline{\pm 1,5 \text{ s}}}$$

(Wer in der Klausur bei solchen Aufgaben die Einheiten vergisst, verschenkt einen ganzen Punkt!)

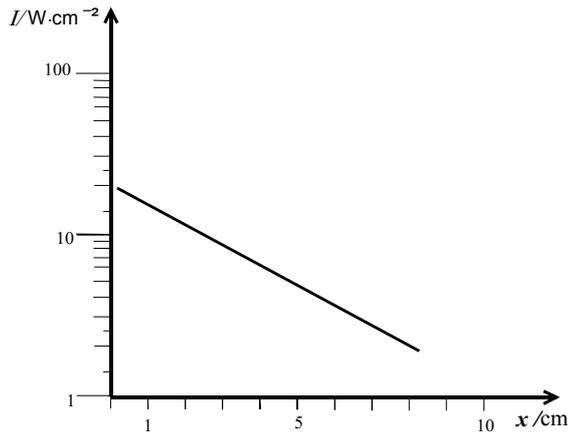
PS.: Mit dem Taschenrechner, errechnet sich Mittelwert und seine Standardabweichung natürlich viel leichter und schneller (t ≤ 1min), er ist inzwischen in allen Klausuren erlaubt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die Taschenrechner als Standardabweichung nur diejenige der Einzelmessung liefern; diese muss also noch durch die Quadratwurzel der Anzahl der Messungen geteilt werden (√n).

(Einige Hinweise und Übungsaufgaben im PBS-Skript)



16.4 Skalierung: 0,001 | 0,01 | 0,1

16.5



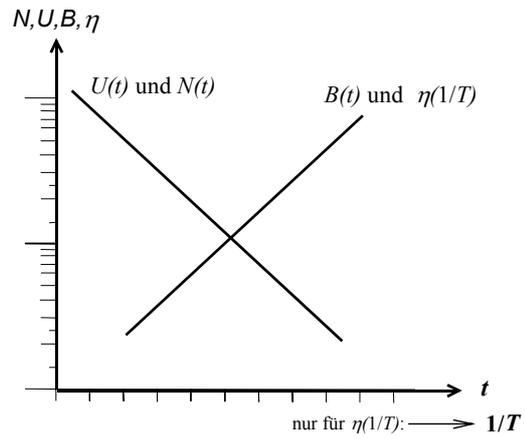
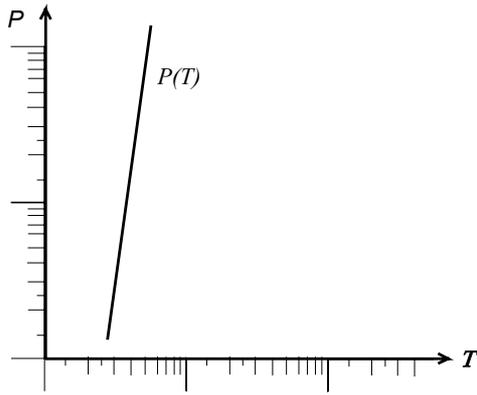
16.6 $\lg P = \lg(\sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4) = \lg(\sigma \cdot \varepsilon \cdot A) + 4 \cdot \lg T$ P und T logarithmisch (s. Versuch 5b)

$\lg N = \lg(N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}) = \lg N_0 - \lambda \cdot \lg e \cdot t$ N logarithmisch, t linear (s. Versuch 12a)

$\lg U = \lg\left(U_0 \cdot e^{-\frac{t}{R \cdot C}}\right) = \lg U_0 - \frac{\lg e}{R \cdot C} \cdot t$ U logarithmisch, t linear (s. Versuch 7)

$\lg B = \lg(B_0 \cdot e^{\alpha \cdot t}) = \lg B_0 + \alpha \cdot \lg e \cdot t$ B logarithmisch, t linear (kein Versuch)

$\lg \eta = \lg\left(A \cdot e^{\frac{B}{T}}\right) = \lg A + B \cdot \lg e \cdot \left(\frac{1}{T}\right)$ η logarithmisch, $(1/T)$ linear (s. Versuch 10)



16.7 (Schwächungskoeffizient)

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d} \Rightarrow \lg I = \lg I_0 - \mu \cdot \lg e \cdot d$$

$$\mu = \frac{\lg I_0 - \lg I}{\lg e \cdot d} = \frac{\lg \frac{60 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}}{10 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}}}{0,43 \cdot 5 \text{ mm}} \approx \frac{\lg 6}{2,2} \approx \underline{\underline{0,36 \text{ mm}^{-1}}}$$

Ja, natürlich! Etwas zügiger geht es, wenn man sich an die Beziehung $\mu = \ln 2 / d_{1/2}$ erinnert: Aus dem Graphen liest man für $I_0/2 = 30 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$ den Wert für die Halbwertsdicke $d_{1/2} = 2 \text{ mm}$. Eingesetzt erhält man: $\mu = \ln 2 / d_{1/2} \approx 0,7 / 2 \text{ mm} = 0,35 \text{ mm}^{-1}$.

16.8 (Zeitkonstante der Wachstumsfunktion)

$$R = A \cdot e^{B \cdot t} \Rightarrow B = \frac{\lg R - \lg A}{t \cdot \lg e} = \frac{\lg \frac{R}{A}}{t \cdot \lg e} =$$

$$B = \frac{\lg \frac{10}{3}}{5 \text{ s} \cdot 0,43} = \underline{\underline{0,24 \text{ s}^{-1}}}$$

Größen und Formeln aus den Versuchen

Aus den Versuchen 1 - 4:	
Spezifische Wärmekapazität von Wasser bei ($t = 20^\circ\text{C}$):	$c_{\text{Wasser}} = 4,182 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ *)
Spezifische Wärmekapazität von Kupfer bei ($t = 30^\circ\text{C}$):	$c_{\text{Kupfer}} = 0,383 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$
Arbeitswert der Dichte von Wasser:	$\rho_{\text{Wasser}} = 1 \text{ kg/dm}^3 = 1 \text{ g/cm}^3$ *)
Aus den Versuchen 5 - 8:	
Avogadrokonstante:	$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol}$ *)
Arbeitswert der Faradaykonstanten:	$F = 96500 \text{ C/mol}$
Arbeitswert der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum:	$c_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ *)
Hintere Brennweite im Auge:	$f_{\text{Auge}} \cong 23 \text{ mm}$
Aus den Versuchen 9 - 12:	
Wellenlängenbereich von Licht (stark gerundet):	$\Delta\lambda \cong (400 - 800) \text{ nm}$ *)
Viskosität von Wasser bei $t = 20^\circ\text{C}$:	$\eta_{\text{Wasser}} \cong 1 \text{ mPa}\cdot\text{s}$
Viskosität von Blut bei $t = 20^\circ\text{C}$:	$\eta_{\text{Blut}} \cong 4,4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$
Schallgeschwindigkeit in Luft bei $t = 20^\circ\text{C}$:	$c_{\text{Schall}} = 344 \text{ m/s}$ *)

<u>2. Newtonsches Axiom</u> $F = m \cdot a$ <u>Archimedisches Prinzip</u> $F_A = \rho \cdot g \cdot V$ <u>Kinetische/potentielle Energie</u> $E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} v^2, E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$ <u>Arbeit / Leistung</u> $W = F \cdot s \quad P = \frac{W}{t}$ <u>Wärmeenergie</u> $\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T$ <u>Grundgleichung E-Technik</u> $U = R \cdot I$	<u>Energie</u> <u>Leistung</u> $E = U \cdot I \cdot t \quad P = U \cdot I$ <u>Abbildungsgleichung</u> $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{g}$ <u>Brechwert</u> $D = \frac{1}{f}$ <u>Brechzahl</u> $n = \frac{c_0}{c_{\text{Medium}}}$ <u>Strahlungsenergie</u> $E = h \cdot \nu$	<u>Schwächungsgesetz</u> $I = I_0 \cdot e^{-\mu \cdot d}$ <u>Zerfallsgesetz</u> $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ <u>Frequenz/Periode</u> $\nu = \frac{1}{T}$ <u>Allg. Beziehung für Wellen</u> $c = \lambda \cdot \nu$ <u>Fehler des Mittelwertes</u> $\Delta x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2}{n(n-1)}}$
---	---	--

*) DIE MARKIERTEN GRÖßEN UND DIE HIER AUFGEFÜHRTEN FORMELN WERDEN IN DER KLAUSUR NICHT MEHR DEN AUFGABEN BEIGEgeben. ES LOHNT SICH ALSO, GENAU DIESE GRÖßEN UND FORMELN ZU LERNEN.

Ausdruck vom 16. Januar 2012