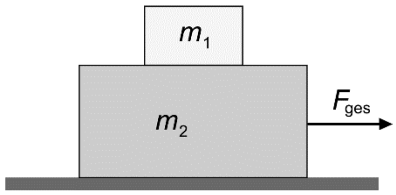
Klausurprüfung in Physik (Experimentalphysik A und B) Herbst 2025

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation

1. Gravitation und Keplersche Gesetze
   a) Wie lauten die drei Keplerschen Gesetze?
   b) Berechnen Sie die Gravitationsfeldstärke i) auf der Erdoberfläche und ii) auf der Mondoberfläche.
   c) Berechnen Sie, wie groß die Anfangsgeschwindigkeit v_R einer Rakete an der Erdoberfläche mindestens sein muss, um ohne weiteren Antrieb das Schwerefeld der Erde verlassen zu können („Fluchtgeschwindigkeit“). Der Luftwiderstand werde vernachlässigt.

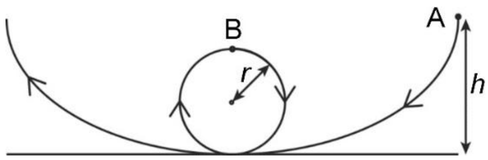
   Zahlenwerte: $r_E = 6370$ km; $r_M = 1738$ km; $M_E = 5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg; $M_M = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg; $T_M = 27{,}3$ Tage.

2. Ein Block mit einer Masse m_2 ruhe auf einer reibungsfreien horizontalen Fläche. Auf ihm liege ein zweiter Block der Masse m_1. Zwischen den Blöcken sei die Haftreibungszahl μ_H und die Gleitreibungszahl μ_G. Nun greift an dem unteren Block eine horizontale Kraft F_{ges} an (siehe Skizze).
   a) Mit welcher Beschleunigung a_{max} kann der untere Block maximal beschleunigt werden, ohne dass der obere Block auf dem unteren zu gleiten beginnt?
   b) Wie groß ist im Fall a) die gesamte Zugkraft F_{ges}?
   c) Die Kraft F_{ges} sei nun halb so groß wie der in b) ermittelte Wert. Berechnen Sie damit die Beschleunigung jedes der beiden Blöcke.
   d) Die Kraft F_{ges} sei jetzt doppelt so groß wie der in b) ermittelte Wert. Berechnen Sie damit die Beschleunigung jedes der beiden Blöcke.



   Zahlenwerte: $\mu_H = 0{,}30$; $\mu_G = 0{,}20$; $m_1 = 4{,}0$ kg; $m_2 = 8{,}0$ kg.

3. Ein Wagen der Masse m fährt reibungsfrei durch den skizzierten Looping (Radius r). Der Wagen darf als Punktmasse angenommen werden und die Rotationsenergie der Räder sei vernachlässigbar.



   a) Wie groß muss die Geschwindigkeit im Punkt B mindestens sein, damit der Wagen die Bahn nicht verlässt?
   b) Wie groß muss für den Grenzfall aus a) die Ausgangshöhe h des Punktes A sein, wenn der Wagen an Punkt A mit der Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = 0$ m/s startet?
   c) Wie groß ist für den Grenzfall aus a) die kinetische Energie des Wagens in B?

   Zahlenwerte: $m = 2{,}0$ kg; $r = 0{,}60$ m.

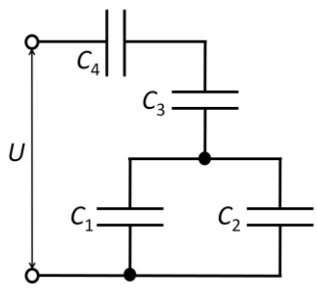
4. Ein Eisblock der Masse m und der Temperatur $T_1 = -25$ °C wird in einem Mikrowellenherd der Leistung P vom Zeitpunkt $t_0 = 0$ an erwärmt.
   a) Skizzieren Sie den Temperaturverlauf als Funktion der Zeit in einem beschrifteten T(t)-Diagramm im Bereich von -25 °C bis +100 °C.
   b) Nach welcher Zeit t_1 ist der Schmelzpunkt erreicht?
      Nach welcher Zeit t_2 ist das gesamte Eis geschmolzen?
   c) Welche Energie wird für die Erwärmung von T_1 auf $T_2 = 50$ °C benötigt? Die Wärmekapazität des Gefäßes werde vernachlässigt.
   d) Welche Energie wird benötigt, um das Wasser nach Erreichen des Siedepunktes vollständig zu verdampfen?

   Zahlenwerte: $m = 120$ g; $P = 500$ W; spezifische Wärme von Eis: $c_E = 2{,}1$ J/(g·K);
   spezifische Wärme von Wasser: $c_W = 4{,}2$ J/(g·K); Schmelzwärme von Eis: $c_s = 0{,}33$ kJ/g;
   Verdampfungswärme von Wasser: $c_{Verdampf} = 2{,}26$ kJ/g.

5. Kinetische Gastheorie
   a) Wie lautet die Zustandsgleichung eines idealen Gases i) unter Verwendung der universellen Gaskonstante R und ii) unter Verwendung der Boltzmann-Konstante k_B?
      Benennen Sie jeweils alle in den beiden Gleichungen auftretenden Größen.
   b) Wie lautet der Zusammenhang zwischen der universellen Gaskonstante und der Boltzmann-Konstante?
   c) Durch welche drei mikroskopischen Bedingungen zeichnet sich ein ideales Gas aus?
   d) Wie groß ist die mittlere kinetische Energie der Translation eines Gasatoms des einatomiges Gases als Funktion der Temperatur T?

6. Elektrostatik
   a) Was versteht man in der Elektrostatik unter Influenz? Nennen Sie ein Beispiel, wo Influenz eine Rolle spielt und erläutern Sie dies mit Hilfe einer Skizze.
   b) Wie groß ist die elektrische Feldstärke und das elektrostatische Potential im Feld einer negativen Punktladung q im Abstand r von dieser Punktladung? Zeichnen Sie die Feldlinien und die Äquipotentiallinien.
   c) Wie groß ist der elektrische Fluss Φ durch eine geschlossene konzentrische kugelförmige Hüllfläche um diese Ladung?
   d) Wie ändert sich das Ergebnis von c), wenn die geschlossene Hüllfläche, die die Ladung q umschließt, i) die Form eines Würfels bzw. ii) die Form eines Rotationsellipsoids hat? Bitte geben Sie eine kurze Begründung.

7. Vier Kondensatoren sind entsprechend nebenstehender Darstellung geschaltet. Die Kapazitäten der Einzelkondensatoren seien gegeben durch: C_1 = 10,0 µF, C_2 = 10,0 µF, C_3 = 40,0 µF und C_4 = 40,0 µF. Die an der nebenstehenden Schaltung angelegte Potentialdifferenz U betrage 18,0 V.
   a) Berechnen Sie die Gesamtkapazität C_{ges} der Schaltung, d.h. die Kapazität eines einzelnen Ersatzkondensators, der die vier Kondensatoren ersetzt.
   b) Wie groß ist die Ladung auf dem Ersatzkondensator aus a)?
   c) Wie groß sind die jeweiligen Ladungen auf den einzelnen Kondensatoren C_1, C_2, C_3 und C_4?
   d) Welche Energie ist im Kondensator C_3 gespeichert?



8. Magnetische Induktion
   a) Eine quadratische Leiterschleife der Kantenlänge a = 10,0 cm ist senkrecht zu einem Magnetfeld der Flussdichte B = 1,00 T angeordnet. Wie groß ist der magnetische Fluss Φ durch die Leiterschleife?
   b) Wie ändert sich der magnetische Fluss als Funktion der Zeit, wenn die Leiterschleife nun mit 600 Umdrehungen pro Minute um ihre Symmetrieachse rotiert, die senkrecht zum Magnetfeld steht.
   c) Wie lautet das Induktionsgesetz? Benennen Sie alle darin vorkommenden Größen.
   d) Berechnen Sie die im Fall b) in der Leiterschleife induzierte el. Spannung U(t) als Funktion der Zeit t.

9. Wellen
   a) Geben Sie eine Funktion an, die eine ebene Welle beschreibt. Benennen Sie alle auftretenden Größen.
   b) Geben Sie den Zusammenhang zwischen der Wellenzahl und der Wellenlänge als Formel an.
   c) Was versteht man unter Brechung? Geben Sie die Snellius´sche Formel für die Lichtbrechung (Brechungsgesetz) an, benennen Sie alle auftretenden Größen und illustrieren Sie diese Gesetzmäßigkeit mit Hilfe eines Strahlenganges in einer beschrifteten Skizze.
   d) Was versteht man unter Beugung?

10. Relativitätstheorie
   a) Wie lauten die Einstein´schen Postulate?
   b) Was versteht man unter dem Begriff der Zeitdilatation? Geben Sie eine Formel zu ihrer Berechnung an und benennen Sie alle darin vorkommenden Größen.
   c) Eine Super-Rakete besitze nach der Beschleunigungsphase eine relativistische Masse m(v), die dem 2,5-fachen ihrer Ruhemasse von m_0 = 4000 kg entspricht. Wie groß ist nun ihre kinetische Energie E_{kin}?

Gravitationskonstante	γ	=	$6{,}67 \cdot 10^{-11}$ N · m²/kg²
Erdbeschleunigung	g	=	9,81 m/s²
Vakuumlichtgeschwindigkeit	c	=	$3{,}00 \cdot 10^8$ m/s

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punkte	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Lösungsvorschlag zur Klausurprüfung in Experimentalphysik A und B

Angewandte Geowissenschaften, Biologie, Chemie, Chemische Biologie, Geodäsie und Geoinformatik, Geoökologie, Ingenieurpädagogik LA Bachelor Berufliche Schulen, Lebensmittelchemie, Lehramt Chemie, Materialwissenschaft & Werkstofftechnik, NWT Lehramt, Technische Volkswirtschaftslehre, Wissenschaft – Medien – Kommunikation

Aufgabe 1 Gravitation und Keplersche Gesetze

a) 1. Keplersches Gesetz:

Alle Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.

2. Keplersches Gesetz:

Der Radiusvektor Sonne-Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.

3. Keplersches Gesetz:

Die Quadrate der Umlaufzeiten T^2 verschiedener Planeten verhalten sich wie die Kuben (dritte Potenz) der großen Bahnachsen a^3.

$$\frac{a_{\mathrm{Planet}}^3}{T_{\mathrm{Planet}}^2} = const.$$

b) Gravitationsgesetz: $F_\mathrm{G} = \gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$

i) Berechnung der Gravitationsfeldstärke auf der Erde (Erdbeschleunigung):

$$F_\mathrm{G} = m \cdot g \Rightarrow g = \frac{F_\mathrm{G}}{m} = \frac{\gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}}{m} = \gamma \cdot \frac{M_\mathrm{E}}{r_\mathrm{E}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot \frac{5{,}97 \cdot 10^{24}\ \mathrm{kg}}{(6{,}37 \cdot 10^6\ \mathrm{m})^2} = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

ii) Berechnung der Gravitationsfeldstärke auf dem Mond:

$$F_\mathrm{G} = m \cdot a_\mathrm{Mond} \Rightarrow a_\mathrm{Mond} = \frac{F_\mathrm{G}}{m} = \frac{\gamma \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}}{m} = \gamma \cdot \frac{M_\mathrm{M}}{r_\mathrm{M}^2} = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ \frac{\mathrm{N \cdot m^2}}{\mathrm{kg^2}} \cdot \frac{7{,}35 \cdot 10^{22}\ \mathrm{kg}}{(1{,}74 \cdot 10^6\ \mathrm{m})^2} = 1{,}62\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}}$$

c) Die Bedingung für die Fluchtgeschwindigkeit v_F lautet: $|E_\mathrm{kin}| = |E_\mathrm{pot}|$

$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_\mathrm{F}^2 = \gamma \cdot \frac{M_\mathrm{E} \cdot m}{r_\mathrm{E}}$ aus b): $\gamma \cdot M_\mathrm{E} = g \cdot r_\mathrm{E}^2$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_\mathrm{F}^2 = \frac{g \cdot r_\mathrm{E}^2 \cdot m}{r_\mathrm{E}}$$

$$\Rightarrow v_\mathrm{F} = \sqrt{2 \cdot g \cdot r_\mathrm{E}} = \sqrt{2 \cdot 9{,}81\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s^2}} \cdot 6{,}37 \cdot 10^6\ \mathrm{m}} = 11{,}2 \cdot 10^3\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} = 11{,}2\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$$

Aufgabe 2 Reibende Klötze

a) $F_{\text{a},1} = F_{\text{R},1} \Rightarrow m_1 \cdot a_{\text{max}} = \mu_\text{H} \cdot m_1 \cdot g \;\Rightarrow\; a_{\text{max}} = \mu_\text{H} \cdot g = 0{,}30 \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2{,}94\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

b) $F_{\text{ges, max}} = (m_1 + m_2) \cdot a_{\text{max}} = (m_1 + m_2) \cdot \mu_\text{H} \cdot g = (4{,}0\text{ kg} + 8{,}0\text{ kg}) \cdot 0{,}30 \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 35{,}3\text{ N}$

c) $a_1 = a_2 = \frac{F_{\text{ges, max}}}{2 \cdot (m_1 + m_2)} = \frac{a_{\text{max}}}{2} = \frac{\mu_\text{H} \cdot g}{2} = \frac{0{,}30 \cdot 9{,}81\frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2} = 1{,}47\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

d) Der obere Block wird mit der Gleitreibungskraft beschleunigt:

$m_1 \cdot a_1 = F_{\text{G},1} = \mu_\text{G} \cdot m_1 \cdot g \;\Rightarrow\; a_1 = \mu_\text{G} \cdot g = 0{,}20 \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1{,}96\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Die übrige Kraft wird auf den unteren Block übertragen:

$m_2 \cdot a_2 = 2 \cdot F_{\text{ges, max}} - F_{\text{G},1} = 2 \cdot (m_1 + m_2) \cdot \mu_\text{H} \cdot g - m_1 \cdot \mu_\text{G} \cdot g$

$\Rightarrow a_2 = \frac{2 \cdot (m_1 + m_2) \cdot \mu_\text{H} - m_1 \cdot \mu_\text{G}}{m_2} \cdot g = \frac{2 \cdot (4{,}0\text{ kg} + 8{,}0\text{ kg}) \cdot 0{,}30 - 4{,}0\text{ kg} \cdot 0{,}20}{8{,}0\text{ kg}} \cdot 9{,}81\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 7{,}85\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Aufgabe 3 Wagen im Looping

a) Zentrifugalkraft ≥ Gravitationskraft

$$\frac{m \cdot v_{\mathrm{B}}^2}{r} \geq m \cdot g \Longrightarrow v_{\mathrm{B}} \geq \sqrt{r \cdot g} = \sqrt{0{,}60\ \mathrm{m} \cdot 9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 2{,}43\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

b) $E_{\mathrm{pot}} = E_{\mathrm{kin}} \Rightarrow m \cdot g \cdot (h - 2 \cdot r) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\mathrm{B}}^2$

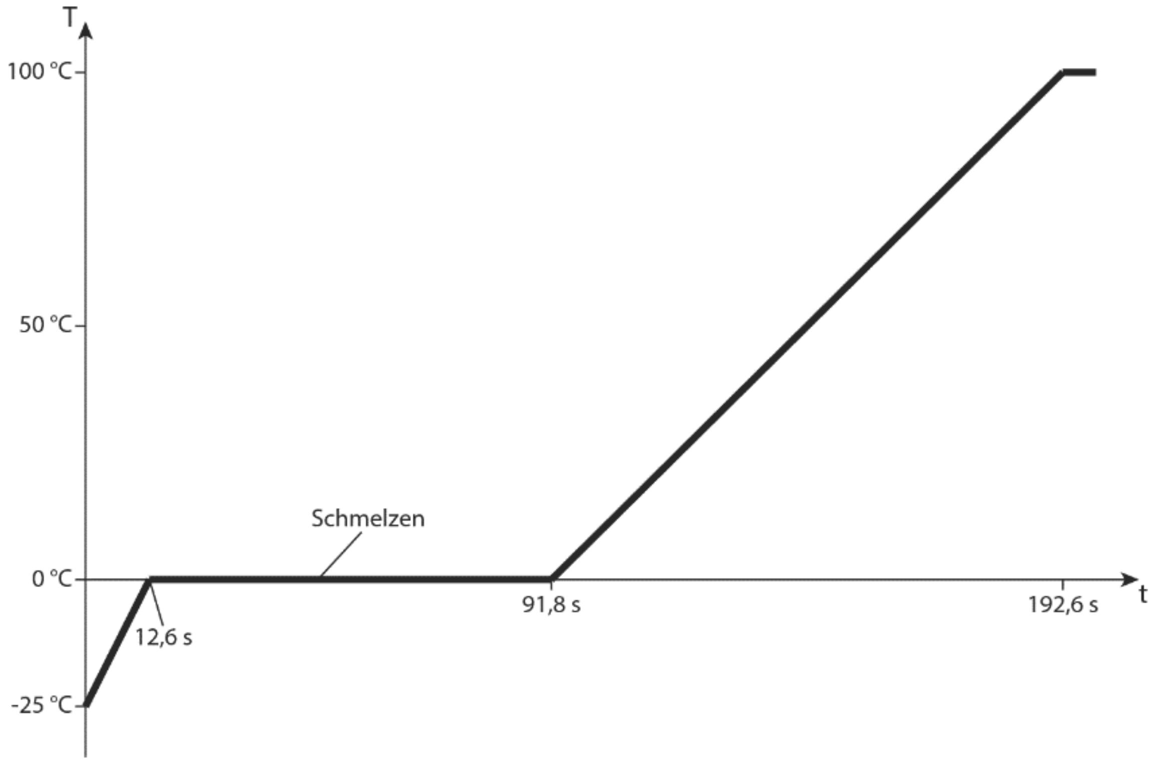
Mit $v_{\mathrm{B}}^2 = r \cdot g \quad \Rightarrow \quad g \cdot h - 2 \cdot r \cdot g = \frac{1}{2} r \cdot g$

$\Rightarrow h = 2{,}5 \cdot r = 2{,}5 \cdot 0{,}60\ \mathrm{m} = 1{,}50\ \mathrm{m}$

c) $E_{\mathrm{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{\mathrm{B}}^2 = \frac{1}{2} \cdot m \cdot r \cdot g = \frac{1}{2} \cdot 2{,}0\ \mathrm{kg} \cdot 0{,}60\ \mathrm{m} \cdot 9{,}81 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 5{,}89\ \mathrm{kg} \cdot \frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$

Aufgabe 4 Eisblock

a) $dQ = P \cdot dt$ Steigungen: $dT = \frac{dQ}{C} = \frac{P \cdot dt}{c \cdot m} \Rightarrow \frac{dT}{dt} \propto \frac{1}{c}$



b) $\Delta Q = P \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta Q}{P}$

i) Das Eis wird von -25 °C auf 0 °C erwärmt:

$$t_1 = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{1}{P} \cdot c_\mathrm{E} \cdot m \cdot \Delta T_\mathrm{E} = \frac{1}{500\ \mathrm{W}} \cdot 2{,}1 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{g \cdot K}} \cdot 120\ \mathrm{g} \cdot 25\ \mathrm{K} = 12{,}6\ \mathrm{s}$$

ii) Das Eis wird von -25 °C auf 0 °C erwärmt und geschmolzen:

$$t_2 = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{1}{P}(c_\mathrm{E} \cdot m \cdot \Delta T_\mathrm{E} + m \cdot c_\mathrm{S}) = \frac{1}{500\ \mathrm{W}} \cdot \left(2{,}1 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{g \cdot K}} \cdot 120\ \mathrm{g} \cdot 25\ \mathrm{K} + 120\ \mathrm{g} \cdot 0{,}33 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{g}}\right) = 91{,}8\ \mathrm{s}$$

c) Das Eis muss von -25 °C auf 0 °C erwärmt werden, zudem muss die Schmelzwärme aufgebracht werden. Anschließend muss das Wasser von 0 °C auf 50 °C erwärmt werden.

$$\Delta Q = c_\mathrm{E} \cdot m \cdot \Delta T_\mathrm{E} + m \cdot c_\mathrm{S} + c_\mathrm{W} \cdot m \cdot \Delta T_\mathrm{W}$$

$$\Delta Q = 2{,}1 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{g} \cdot \mathrm{K}} \cdot 120\ \mathrm{g} \cdot 25\ \mathrm{K} + 120\ \mathrm{g} \cdot 0{,}33 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{g}} + 4{,}2 \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{g} \cdot \mathrm{K}} \cdot 120\ \mathrm{g} \cdot 50\ \mathrm{K} = 71{,}1\ \mathrm{kJ}$$

d) Nach Erreichen des Siedepunktes muss zum Verdampfen die Verdampfungswärme aufgebracht werden:

$$\Delta Q = c_\mathrm{Verdampf} \cdot m = 2{,}26 \frac{\mathrm{kJ}}{\mathrm{g}} \cdot 120\ \mathrm{g} = 271{,}2\ \mathrm{kJ}$$

Aufgabe 5 Kinetische Gastheorie

a) Ideale Gasgleichung:

i) $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

p: Druck
V: Volumen
n: Stoffmenge (Mol)
R: Universelle Gaskonstante
T: Absolute Temperatur

ii) $p \cdot V = N \cdot k_B \cdot T = n \cdot N_A \cdot k_B \cdot T$

p: Druck
V: Volumen
N: Teilchenzahl
k_B: Boltzmann-Konstante
T: Absolute Temperatur
n: Stoffmenge (Mol)
N_A: Avogadro-Konstante

b) $R = \frac{N}{n} \cdot k_B = N_A \cdot k_B$

c) 1. Das Gas besteht aus einer großen Zahl von Teilchen, die untereinander und mit den Wänden nur elastische Stöße machen.

2. Großer Teilchenabstand, d. h. das Gefäßvolumen ist groß gegenüber dem Eigenvolumen aller darin enthaltenen Teilchen.

3. Zwischen den Stößen bewegen sich die Teilchen wechselwirkungsfrei.

d) Mittlere kinetische Energie: $\langle E_{kin} \rangle = \frac{f}{2} \cdot k_B \cdot T$

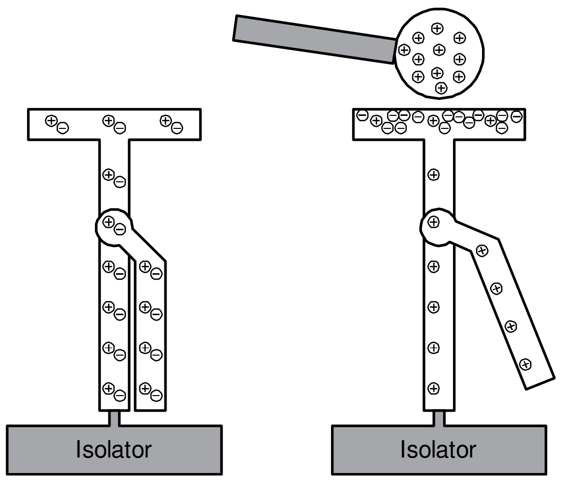
Zahl der Freiheitsgrade der Translation f_{trans} beträgt 3.

$\Rightarrow$ $\langle E_{kin,trans} \rangle = \frac{3}{2} \cdot k_B \cdot T$

Aufgabe 6 Elektrostatik

a) Als Influenz bezeichnet man die Verschiebung der beweglichen Ladungsträger in einem Leiter, wenn er in ein äußeres elektrisches Feld gebracht wird. Die beweglichen Ladungsträger verschieben sich so lange, bis im Leiterinneren $\vec{E} = 0$ ist.

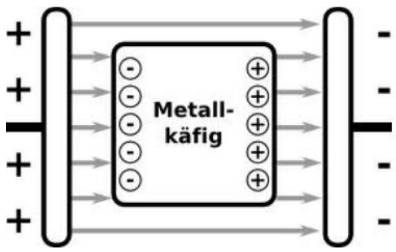
Beispiel 1: Elektroskop zum Nachweis von Ladungen



Links: Das Elektroskop ist neutral geladen.

Rechts: Positive Ladungen werden in die Nähe des Elektroskops gebracht, ohne das Elektroskop zu berühren. Das Elektroskop bleibt neutral aber die Ladungen im inneren des Metalls verschieben sich, sodass im inneren des Metalls $\vec{E} = 0$ ist. Der obere Teil des Elektroskops ist dann negativ und der untere Teil positiv geladen. Die positive Ladung im unteren Teil führt dazu, dass der drehbar angebrachte Zeiger abgestoßen wird. Der Zeiger schlägt aus.

Beispiel 2: Faraday-Käfig

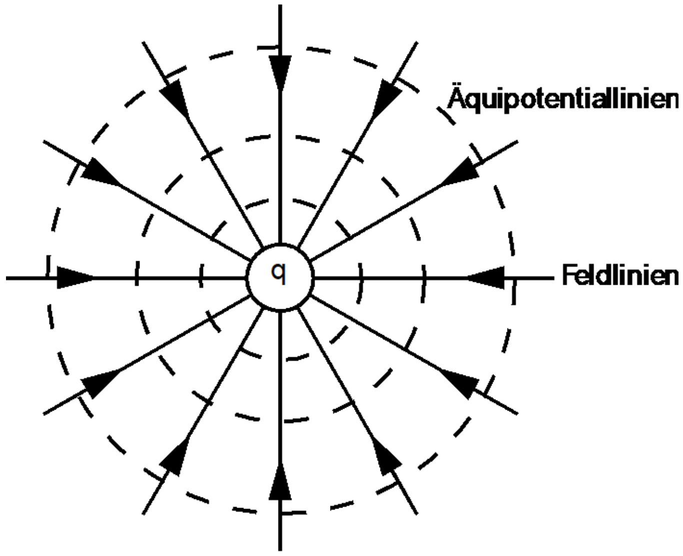


$\vec{E} = 0$ gilt nicht nur in Leitern, sondern auch in ladungsfreien Hohlräumen von Leitern. Ferner befinden sich die Ladungen immer nur auf den Außenflächen von Leitern (es sei denn, die Innenflächen schließen Ladungen ein wegen des Gaußschen Satzes).

Der Faraday-Käfig dient somit der Abschirmung störender E-Felder und findet auch Anwendung beim Blitzschutz.

b) Feldstärke: $\vec{E}(r) = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$

Potential: $\varphi(r) = \frac{q}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{1}{r}$



c) $\Phi = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\varepsilon_0}$ (Satz von Gauß)

d) Der Fluss durch eine beliebige geschlossene Fläche im elektrischen Feld ist proportional der umschlossenen Ladung. Der Fluss ändert sich daher nicht, wenn sich die Form der geschlossenen Hüllfläche ändert, solange die gesamte eigeschlossene Ladung gleich bleibt.

Somit gilt für i) und ii): $\Phi = \oint_A \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\varepsilon_0}$

Aufgabe 7 Kapazität

a) Gesamtkapazität C_{ges}:

$$\frac{1}{C_{\mathrm{ges}}} = \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_1 + C_2}$$

$$C_{\mathrm{ges}} = \left(\frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_1 + C_2}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{40{,}0\ \mu\mathrm{F}} + \frac{1}{40{,}0\ \mu\mathrm{F}} + \frac{1}{10{,}0\ \mu\mathrm{F} + 10{,}0\ \mu\mathrm{F}}\right)^{-1} = 10{,}0\ \mu\mathrm{F}$$

b) $Q_{\mathrm{ges}} = C_{\mathrm{ges}} \cdot U = 10{,}0\ \mu\mathrm{F} \cdot 18{,}0\ \mathrm{V} = 180\ \mu\mathrm{C}$

c) $Q_{\mathrm{ges}} = Q_{12} = Q_3 = Q_4 = 180\ \mu\mathrm{C}$

$$Q_1 = Q_{\mathrm{ges}} \cdot \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 180\ \mu\mathrm{C} \cdot \frac{10{,}0\ \mu\mathrm{F}}{10{,}0\ \mu\mathrm{F} + 10{,}0\ \mu\mathrm{F}} = 90{,}0\ \mu\mathrm{F}$$

$$Q_2 = Q_{\mathrm{ges}} \cdot \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 180\ \mu\mathrm{C} \cdot \frac{10{,}0\ \mu\mathrm{F}}{10{,}0\ \mu\mathrm{F} + 10{,}0\ \mu\mathrm{F}} = 90{,}0\ \mu\mathrm{F}$$

d) $E_3 = \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot U_3^2$ und $U_3 = \frac{Q_3}{C_3}$

$$\Rightarrow\ E_3 = \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot \left(\frac{Q_3}{C_3}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot 40{,}0\ \mu\mathrm{F} \cdot \left(\frac{180\mu\mathrm{C}}{40{,}0\ \mu\mathrm{F}}\right)^2 = 405\ \mu\mathrm{J}$$

Aufgabe 8 Magnetische Induktion

a) Homogenes Magnetfeld und $\vec{B} \perp \vec{A}$: $\Phi = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A = 1{,}00\ \mathrm{T} \cdot (0{,}1\ \mathrm{m})^2 = 0{,}01\ \mathrm{Tm}^2$

b) $\Phi(\mathrm{t}) = \vec{B} \cdot \vec{A} = B \cdot A \cdot \cos(\varphi) = B \cdot A \cdot \cos(\omega \cdot t) = B \cdot A \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t)$

$\Phi(\mathrm{t}) = 1{,}00\ \mathrm{T} \cdot (0{,}1\ \mathrm{m})^2 \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot 10\ \mathrm{Hz} \cdot t) = 0{,}01 \cdot \cos\left(\pi \cdot 20\ \frac{1}{\mathrm{s}} \cdot t\right)\ \mathrm{Tm}^2$

c) Ändert man den magnetischen Fluss durch eine Leiterschleife so wird in der Leiterschleife eine Spannung U_{ind} induziert mit: $U_{\mathrm{ind}} = \oint \vec{E} d\vec{s} = -\frac{d\Phi}{dt}$

U_{ind}:	Induzierte Spannung
$\vec{E}$:	Elektrisches Feld
$d\Phi$:	Änderung des magnetischen Flusses
dt:	Infinitesimales Zeitintervall

d) $U_{\mathrm{ind}}(t) = -\frac{d\Phi}{dt} = B \cdot A \cdot \frac{d\varphi}{dt} \cdot \sin(\varphi) = B \cdot A \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t) = B \cdot A \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot t)$

$U_{\mathrm{ind}}(t) = 1{,}00\ \mathrm{T} \cdot (0{,}1\ \mathrm{m})^2 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 10\ \mathrm{Hz} \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot 10\ \mathrm{Hz} \cdot t) = 0{,}2 \cdot \pi \cdot \sin\left(\pi \cdot 20\ \frac{1}{\mathrm{s}} \cdot t\right)\ \mathrm{V}$

Aufgabe 9 Wellengleichung und Lichtbrechung

a) Die Wellengleichung ist die Differentialgleichung:

$$\frac{\partial^2 u(\vec{r},t)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u(\vec{r},t)}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u(\vec{r},t)}{\partial z^2}-\frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 u(\vec{r},t)}{\partial t^2}=0$$

Lösung der Wellengleichung für ebene Wellen ist die Wellenfunktion:

$$u(\vec{r},t)=u_0\,sin\left(\omega t-\vec{k}\vec{r}\right)$$

mit
$u(\vec{r},t)$: Auslenkung am Ort $\vec{r}$ zur Zeit t
u_0: Amplitude
ω: Kreisfrequenz
k: Wellenzahl
$(\omega t-k\vec{r})$: Phase

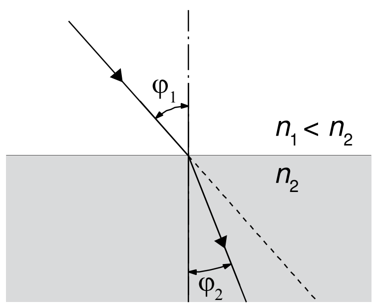
b) $k=\frac{2\pi}{\lambda}$

mit
k: Wellenzahl
λ: Wellenlänge

c) Brechung bezeichnet die Änderung der Ausbreitungsrichtung einer Welle an der Grenzfläche zwischen zwei Medien, in denen sich die Ausbreitungsgeschwindigkeiten (Brechungsindex) unterscheiden.

Snellius´sches Brechungsgesetz: $\frac{\sin\varphi_1}{\sin\varphi_2}=\frac{n_2}{n_1}$

mit φ_1: Einfallswinkel
φ_2: Ausfallswinkel, Brechungswinkel
n_1, n_2: Brechzahl Medium 1, 2



d) Beugung beschreibt die Ablenkung von Wellen an einem Hindernis. Durch Beugung können somit auch räumliche Bereiche von Wellen erreicht werden, die auf direktem Wege im Rahmen der geometrischen Optik nicht erreicht würden. (Beispiele: Doppelspaltexperiment, Beugung am Einzelspalt).

Beugung lässt sich durch das Huygenssche Prinzip erklären. Nach dem Huygensschen Prinzip entspricht jeder Punkt einer Wellenfront einer Elementarwelle. Wenn eine Welle auf ein Hindernis trifft, werden nur die Punkte der Wellenfront, die an der Öffnung vorbeikommen, zu Quellen dieser Elementarwellen. Die Überlagerung und Einhüllende dieser Elementarwellen bilden dann die neue Wellenfront und erklären, wie sich die Welle hinter dem Hindernis auch in den geometrischen Schattenbereich ausbreiten kann.

Aufgabe 10 Relativitätstheorie

a) 1. Die Naturgesetze lauten in allen Inertialsystemen (nichtbeschleunigten Bezugssystemen) gleich.

Folgen: Es gibt kein ausgezeichnetes Inertialsystem. Es gibt keinen absoluten Zustand der Ruhe.

2. Jeder Beobachter misst für die Lichtgeschwindigkeit c denselben Wert.

b) Die Zeitdilatation ist ein Effekt der Relativitätstheorie. Sie besagt, dass Zeit nicht absolut ist, sondern vom Bezugssystem abhängt:

$$\Delta t' = \Delta t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

$\Delta t'$: Zeitintervall im bewegten Bezugssystem
Δt: Zeitintervall im ruhenden Bezugssystem
v: Geschwindigkeit des bewegten Bezugssystems
c: Vakuumlichtgeschwindigkeit

Das Zeitintervall $\Delta t'$ im bewegten Bezugssystem ist also kleiner als das Zeitintervall Δt im ruhenden Bezugssystem, so dass man sagt: „Bewegte Uhren gehen langsamer."

c) Die Rakete besitzt eine relativistische Masse von $m(\mathrm{v}) = 2{,}5 \cdot m_0 = 2{,}5 \cdot 4000\ \mathrm{kg} = 10 \cdot 10^3\ \mathrm{kg}$

Die Gesamtenergie setzt sich aus der Ruheenergie und der kinetischen Energie zusammen:

$$E_{\mathrm{ges}} = E_0 + E_{\mathrm{kin}}$$

mit

$$E_{\mathrm{ges}} = m(\mathrm{v}) \cdot c^2 = \frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

und

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Daraus folgt:

$$E_{\mathrm{kin}} = E_{\mathrm{ges}} - E_0 = m(\mathrm{v}) \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2 = 2{,}5 \cdot m_0 \cdot c^2 - m_0 \cdot c^2 = 1{,}5 \cdot m_0 \cdot c^2$$
$$= 1{,}5 \cdot 4000\ \mathrm{kg} \cdot \left(3{,}00 \cdot 10^8 \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 = 540 \cdot 10^{18}\ \mathrm{J}$$