

Grundlagenfach**Bereich****NATURWISSENSCHAFTEN****Teil:****Physik****Verfasser:****Dr. sc. nat. E. Fischer****Lösungen und Kommentar****I Grundlagen (10 Punkte)****Aufgabe I/1 (2 Punkte)**

Ein menschliches Haar ist etwa 5/100 mm dick. Seine Dichte ist vergleichbar mit der Dichte von Wasser. Berechnen Sie die Masse eines 10 cm langen Haares. Geben Sie das numerische Resultat in der Grundeinheit der Masse mit geeigneter Zehnerpotenz an.

Geprüft wird hier die Fähigkeit, eine einfache Aufgabe mathematisch sauber zu formulieren, ein fertiges formales Resultat zu erhalten, und die numerische Rechnung korrekt durchzuführen.

Probleme und häufige Fehler

Dicke bedeutet Angabe des Durchmessers und nicht des Radius. Das heisst, dass auch im formalen Resultat der Durchmesser stehen muss. Verwechslung von Durchmesser und Radius führt zu einem numerischen Fehler von einem Faktor 4!

Ungeschicklichkeiten im Umgang mit den Zehnerpotenzen und Missachtung der Einheiten führen häufig zu vollkommen unsinnigen Resultaten. Unkritischer Umgang damit: Ein Haar wiegt kaum mehrere Kilogramm! Die Dichte von Wasser ist nicht "eins", sondern "ein Kilogramm pro Kubikdezimeter" oder "eintausend Kilogramm pro Kubikmeter"!

Die Schreibweise des Formelzeichens für Dichte (ρ) sollte nicht Glückssache sein. Das Zeichen muss so geschrieben werden, dass es weder als p noch als δ oder φ gelesen wird.

$$m = \rho \cdot \ell \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 0.2 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ g} = 0.2 \text{ mg}$$

Grössere Genauigkeit ist sinnlos, da für die Dichte ein ungefährender Wert genommen wurde.

Aufgabe I/2 (2 Punkte)

Gegeben sind zwei Kugeln. Die eine besteht aus Aluminium, die andere aus Kupfer. Ihre Grössen sind so bemessen, dass die Kugeln gleich schwer sind. Berechnen Sie das Verhältnis ihrer Durchmesser.

Zeitmangel darf erst dann geltend gemacht werden, wenn man alle Mittel zum Zeitsparen ausgeschöpft hat. Wer zuerst Zahlen einsetzt, um dann wieder durch die gleichen Zahlen zu dividieren (und das mit sämtlichen Ziffern auf dem Taschenrechner) ist selber schuld.

$$m = \rho_{Al} \cdot \frac{\pi}{6} \cdot D_{Al}^3 = \rho_{Cu} \cdot \frac{\pi}{6} \cdot D_{Cu}^3 \quad \frac{D_{Al}}{D_{Cu}} = \sqrt[3]{\frac{\rho_{Cu}}{\rho_{Al}}} = \frac{1.49}{1}$$

Aufgabe I/3 (2 Punkte)

Eine Kirchturmspitze ist mit einer Kugel von 500 mm Durchmesser verziert. Diese Kugel soll neu vergoldet werden. Es stehen 2.5 kg Gold zur Verfügung.
Wie dick kann die Schicht mit dem vorhandenen Gold gemacht werden?

Diese Hohlkugel aus Gold ist sicher dünnwandig. Die Verwendung der Näherungsformel drängt sich also auf.
Wer sich damit strafen will, exakt zu rechnen, muss beachten, dass für den Durchmesser der Innenkugel die Schichtdicke zweimal abgezogen werden muss.
Eine Schichtdicke von mehreren Metern als Resultat müsste zu denken geben!

$$m = D^2 \cdot \pi \cdot d \cdot \rho_G \rightarrow d = \frac{m}{D^2 \cdot \pi \cdot \rho_G} = 0.17 \text{ mm}$$

Aufgabe I/4 (2 Punkte)

Drücken Sie die folgenden Angaben (linke Kolonne) in zweckmässigen (gut vorstellbaren) Einheiten aus:

Zeitdauer $t = 1.6 \cdot 10^7 \text{ s}$	$t \approx 0.5 \text{ a} \approx 185 \text{ d} \approx 6 \text{ Monate} \approx 26 \text{ Wochen}$
Volumen $V = 15 \cdot 10^{12} \mu\text{m}^3$	$V = 15 \text{ cm}^3$
Oberfläche $A = 0.000016 \text{ m}^2$	$A = 0.16 \text{ cm}^2 = 16 \text{ mm}^2$
Masse $m = 8 \cdot 10^9 \text{ mg}$	$m = 8 \cdot 10^3 \text{ kg} = 8 \text{ Tonnen}$

Aufgabe I/5 (2 Punkte)

Wie viele signifikante (wesentliche) Ziffern haben die folgenden Angaben?

	Anzahl wesentliche Ziffern
$L = 0.00030 \text{ m}$	2
$m = 500 \text{ kg}$	3
$t = 10.000 \text{ s}$	5
$I = 0.00240 \text{ A}$	3
$P = 101.10 \text{ W}$	5
$U = 250'000 \text{ V}$	6
$\Delta T = 0.000007 \text{ K}$	1
$I = 435.00 \text{ mA}$	5

II Mechanik (14 Punkte)**Aufgabe II/1 (6 Punkte)**

Ein S-Bahn-Zug soll beim Anfahren so beschleunigt werden, dass er in den ersten zehn Sekunden eine Strecke von 100 m zurücklegt.

Welche Geschwindigkeit (in km/h) hat er dann erreicht?

Wie gross muss die Beschleunigung sein?

Welche Kraft ist dafür nötig, wenn der Zug eine Masse von 250 Tonnen hat?

$$v_E = \frac{2s}{t} = 20 \frac{m}{s} = 72 \text{ km/h} \quad a = \frac{2s}{t^2} = 2.0 \frac{m}{s^2} \quad F = m \cdot a = m \cdot \frac{2s}{t^2} = 500 \text{ kN} = 0.50 \text{ MN}$$

Aufgabe II/2 (2 Punkte)

Herr Meier wiegt 80 kg. Atmet er ganz aus, so schwebt er beim Baden im Wasser. Wie gross ist die mittlere Dichte seines Körpers? Wie gross ist sein Volumen?

"Schweben" bedeutet, dass der Körper ganz in die Flüssigkeit eingetaucht ist, aber nicht zu Boden sinkt.

Mittlere Dichte von Herrn Meiers Körper (mit richtiger Begründung 1 P.):

Nach Archimedes ist die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit gleich der Auftriebskraft und bei schwebendem Körper (Kräftegleichgewicht) gleich der Gewichtskraft des Körpers. Da die Volumina der verdrängten Flüssigkeit und des verdrängenden Körpers gleich sind, folgt daraus gleiche Dichte für Flüssigkeit und Körper. Herr Meiers Körper hat die Dichte von Wasser.

Volumen von Herrn Meiers Körper (mit richtiger Begründung 1 P.):

Bei Wasser entspricht das Volumen in Litern der Masse in Kilogramm. Herr Meier wiegt 80 kg und hat die gleiche Dichte wie Wasser. Folglich hat er ein Volumen von 80 Litern.

Aufgabe II/3 (4 Punkte)

In der Druckleitung eines Speicherkraftwerks strömt das Wasser so, dass die zeitliche Durchflussmenge 25 Kubikmeter pro Sekunde beträgt. Das Rohr hat eine Querschnittsfläche von genau 1 m². Wie gross ist die Geschwindigkeit der Wasserströmung?

$$v = \frac{V/t}{A} = 25 \frac{m}{s} = 90 \frac{km}{h}$$

Wie gross ist die Wassermasse im 800 m langen Rohr?

$$m = \rho \cdot A \cdot \ell = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 1.0 m^2 \cdot 800 m = 800 t$$

Vergleichen Sie die kinetische Energie dieser Wassermasse mit der kinetischen Energie eines Schnellzuges von 400 Tonnen und 90 km/h!

Wasser und Schnellzug sind gleich schnell, aber die Wassermasse ist doppelt so gross wie die Masse des Zuges.

Als Vergleich drängt sich hier das Verhältnis auf. Die Geschwindigkeiten fallen dann heraus. Es ist Zeitverschwendung, wenn man die beiden Energien numerisch ausrechnet.

$$\frac{E_W}{E_Z} = \frac{\frac{m_W \cdot v_W^2}{2}}{\frac{m_Z \cdot v_Z^2}{2}} = \frac{m_W}{m_Z} \cdot \left(\frac{v_W}{v_Z} \right)^2 = 2 \cdot \left(\frac{1}{1} \right)^2 = 2$$

Aufgabe II/4 (2 Punkte)

Sandra und Reto gehen klettern. Sandra wiegt mit Ausrüstung 75 kg, Reto 85 kg. Die beiden überlegen sich nun folgendes: Wenn wir vom gleichen Ausgangspunkt aus senkrecht klettern würden, bis jedes eine Arbeit von genau einer Kilowattstunde vollbracht hat, wer müsste höher hinauf klettern, und um wie viel höher?

Sandra muss höher klettern.

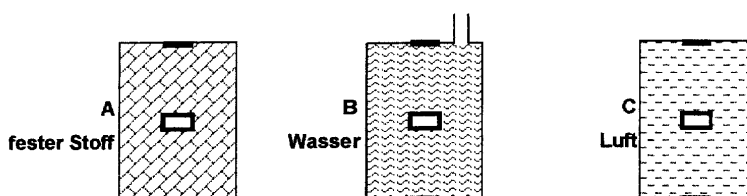
Die Hubarbeit ist proportional zur Masse. Da Sandra leichter ist, muss dies durch eine grössere Höhe kompensiert werden, damit die gleiche Arbeit herauskommt. Auch hier ist es wichtig, algebraisch zu rechnen bis zum Schluss, inklusive Ausklammern!

$$E = m_S \cdot g \cdot h_S = m_R \cdot g \cdot h_R \quad h_S = \frac{E}{m_S \cdot g} \quad h_R = \frac{E}{m_R \cdot g}$$

$$\Delta h = h_S - h_R = \frac{E}{g} \cdot \left(\frac{1}{m_S} - \frac{1}{m_R} \right) = 576 \text{ m}$$

III Wärmelehre (8 Punkte)

Aufgabe III/1 (3 Punkte)



Die Skizze zeigt einen Klotz A aus festem Material, ein mit Wasser gefülltes Gefäss B und ein mit Luft gefülltes Gefäss C. Auf halber Höhe ist eine Heizung eingebaut. Zuoberst und zuunterst befindet sich je ein Temperaturfühler. Die Ausgangstemperatur beträgt 20°C.

Welche Behauptungen sind richtig (in der Tabelle ankreuzen)?

Nachdem die Heizung eingeschaltet worden ist,	A	B	C
... spürt der obere Fühler die Erwärmung zuerst.		X	X
... spürt der untere Fühler die Erwärmung zuerst.			
... spüren beide Fühler die Erwärmung gleichzeitig.	X		

(mit richtiger Begründung 3 Punkte)

Begründung: "Wärme steigt" ist ein Volksaberglaube. Im Festkörper ist die Wärmeleitung für den Transport verantwortlich. Da normale Festkörper bezüglich Wärmeleitung als isotrop angenommen werden können, spüren beide Sensoren die Temperaturerhöhung gleichzeitig.

In Flüssigkeiten und in Gasen spielt die Konvektion eine dominierende Rolle. In beiden Fällen nimmt die Dichte bei Temperaturerhöhung ab, so dass die erwärmte Materie aufsteigt.

Aufgabe III/2 (3 Punkte)

Mischt man eine bestimmte Menge Wasser von 80°C mit einer bestimmten Menge Eis von 0°C , so liegt die Mischtemperatur bei genau 40°C .

Die Masse des heissen Wassers ist grösser als die Eismasse.

Grund:

Die Mischtemperatur liegt genau in der Mitte. Wäre das kalte Ausgangsmaterial Wasser von 0°C , so müssten die beiden Mengen gleich gross sein. Da das heisse Wasser aber noch das Eis auftauen muss, muss seine Masse grösser sein als diejenige des Eises.

Liegt die Mischtemperatur höher, tiefer oder ist sie gleich, wenn anstelle von Eis von 0°C flüssiges Wasser von 0°C verwendet wird?

Sie liegt höher.

Grund:

Bei der Mischung von Wasser mit Wasser teilen sich die Temperaturintervalle (Ausgangstemperatur – Mischtemperatur) im umgekehrten Verhältnis der Mengen. Bei grösserer Heisswassermenge liegt also die Mischtemperatur höher.

Aufgabe III/3 (2 Punkte)

Ein elektrischer Durchlauferhitzer vermag pro Sekunde 20 cl Wasser um 20 K zu erwärmen.

Wie stark wird das Wasser erwärmt, wenn bei gleicher Heizleistung die zeitliche Durchflussmenge auf genau die Hälfte reduziert wird?

Eine gut begründete verbale Antwort erspart Ihnen eine lange Rechnerei!

Die zur Erwärmung des Wassers benötigte Energiemenge ist proportional zur Wassermenge und zur Temperaturdifferenz. Bei gleich bleibender Energiezufuhr hat deshalb die Halbierung der Wassermenge eine Verdoppelung der Temperaturerhöhung zur Folge.

IV Licht (9 Punkte)

Aufgabe IV/1 (4 Punkte)

Skizzieren Sie auf der unten gezeichneten Achse die folgenden Linsenformen (3 Punkte):
Bezeichnen Sie die Sammellinsen mit S, die Zerstreuungslinsen mit Z. (1 Punkt)

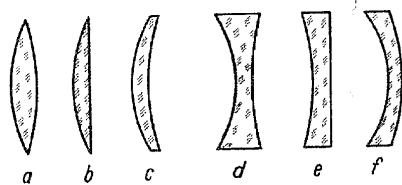


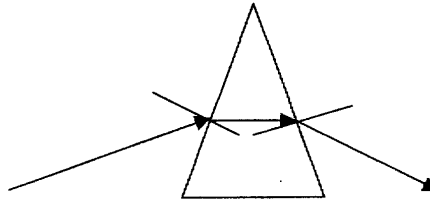
Abb. 86. Querschnitte verschiedener Sammel- (a, b, c) und Zerstreuungslinsen (d, e, f)
a) bikonvex, b) plankonvex, c) konkavkonvex, d) bikonkav, e) plankonkav, f) konvexkonkav

aus Bergmann, Schaefer: Lehrbuch der Experimentalphysik

Der hintere Teil des Wortes gibt immer die vorherrschende Krümmung an. So ist bei einer konkavkonvexen Linse die konvexe Krümmung stärker als die konkave.
Streulinsen sind vorherrschend konkav. Sie sind am Rand dicker als in der Mitte.
Sammellinsen sind vorherrschend konvex. Sie sind in der Mitte dicker als am Rand.
konkav bedeutet hohl (vgl. z.B. excavation)

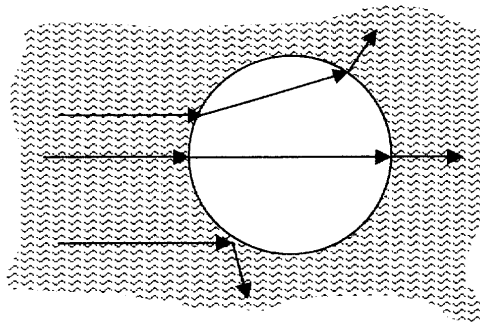
Aufgabe IV/2 (2 Punkte)

Vervollständigen Sie den Strahlengang im gläsernen Dreiecksprisma (Umgebung: Luft). Zeichnen Sie bei beiden Übergängen das Lot ein!



Aufgabe IV/3 (3 Punkte)

Die Skizze zeigt eine Luftblase im Wasser. Drei Lichtstrahlen treffen horizontal darauf: einer zentral, einer etwa auf halber Höhe vom Zentrum und einer nahe beim unteren Rand. Vervollständigen Sie die Strahlengänge bis und mit Wiedereintritt ins Wasser!



Beim untersten Strahl ist die Meinung, dass er totalreflektiert wird. Es kann aber auch akzeptiert werden, wenn die Situation ähnlich wie beim obersten Strahl gezeichnet wird.

V Elektrizitätslehre (10 Punkte)

Aufgabe V/1 (4 Punkte)

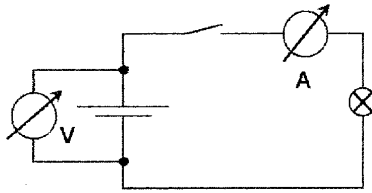
Wie ändert sich die Heizleistung im Heizdraht einer Kochplatte, wenn wegen einer Panne im Elektrizitätswerk die Spannung um 25% sinkt? Angabe der Änderung in %

$$\frac{P}{P_o} = \frac{\frac{U^2}{R}}{\frac{U_o^2}{R}} = \left(\frac{U}{U_o}\right)^2 \rightarrow \frac{P_o - P}{P_o} = 1 - \left(\frac{U}{U_o}\right)^2 = 0.44 = 44\%$$

Die Heizleistung sinkt um 44% (auf 56%).

Aufgabe V/2 (3 Punkte)

Zeichnen Sie mit den korrekten Symbolen einen Schaltkreis, der aus einer Batterie, einem Schalter und in Serie dazu einer Glühlampe besteht. Zusätzlich soll ein Amperemeter den Strom durch die Glühlampe, ein Voltmeter die Spannung über der Batterie messen.

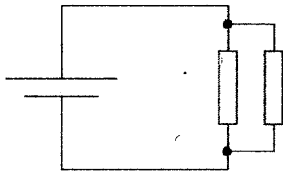


Aufgabe V/3 (3 Punkte)

An eine ideale Batterie ist ein Widerstand angeschlossen. Es fliesst ein Strom I .
 Wie viel Strom fliesst, wenn ein zweiter, gleich grosser Widerstand parallel hinzu geschaltet wird? (1 P.)

Skizze:

$$I' = 2I$$

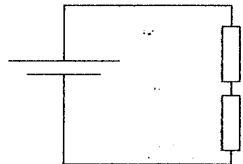


Begründung: Bei Parallelschaltung zweier gleich grosser Widerstände halbiert sich der Widerstandswert.
 Nach dem Ohm'schen Gesetz wird bei gleich bleibender Spannung die Stromstärke doppelt so gross.

Wie viel Strom fliesst, wenn dieser Widerstand nicht parallel, sondern in Serie dazu geschaltet wird? (1 P.)

Skizze:

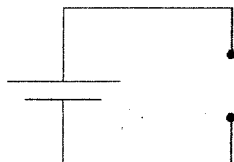
$$I'' = I/2$$



Begründung: Bei Serieschaltung zweier gleich grosser Widerstände wird der Ersatzwiderstand doppelt so gross. Das bedeutet nach dem Ohm'schen Gesetz eine Halbierung der Stromstärke.

Wie gross ist der Widerstandswert zwischen den Anschlüssen der Batterie, wenn beide Widerstände entfernt werden? (1 P.)

Skizze:



Widerstandswert: strebt gegen Unendlich

Begründung: Herausnehmen des Widerstandes bedeutet, dass sich "nichts" (Luft, ev. Isolationsmaterial) zwischen den beiden Anschlüssen befindet. Damit sinkt die Leitfähigkeit auf Null. Das bedeutet einen unendlich hohen Widerstandswert.

VI Moderne Physik (13 Punkte)

Aufgabe VI/1 (2 Punkte)

In der Strahlenschutzschule des PSI werden zu Übungszwecken drei radioaktive Strahler versteckt: ein reiner α -, ein reiner β - und ein reiner γ -Strahler. Zur Suche steht ein Geiger-Müller-Zähler zur Verfügung, welcher alle drei Strahlenarten anzeigen kann.

Welches Präparat werden Sie vermutlich am leichtesten entdecken, welches wird Ihnen am meisten Mühe machen? (mit richtiger Begründung 2 Punkte)

am leichtesten zu entdecken: γ -Strahler

Grund: Gammastrahlen haben die grösste Reichweite und können nicht vollständig abgeschirmt werden. Das Messgerät wird deshalb schon aus grosser Entfernung reagieren.

am schwierigsten zu entdecken: α -Strahler

Grund: Das Messgerät spricht wegen der sehr geringen Reichweite der Alphastrahlen erst an, wenn man wenige mm von der Quelle entfernt ist und kein Hindernis sich zwischen Quelle und Messgerät befindet. Schon ein dünnes Papier schirmt die Strahlung vollständig ab.

Aufgabe VI/2 (5 Punkte)

Eine radioaktive Substanz zerfällt so, dass nach drei Jahren noch genau ein Promille vorhanden ist. Nach welcher Zeit (vom Anfang an) waren noch 10%, nach welcher Zeit noch 1% vorhanden? (Gut begründete verbale Antwort oder Rechnung)

Exponentielles Abklingen: Abklingen auf 1/1000 (1/10³) in drei Jahren bedeutet Abklingen auf ein Zehntel im Jahr. Also sind nach einem Jahr noch 10%, nach 2 Jahren noch 1%, nach 3 Jahren noch ein Promille vorhanden.

Nach welcher Zeit (in gut vorstellbaren Einheiten angeben!) war die Hälfte zerfallen?

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \left(\frac{N_0}{N(t)} \right) \quad t_{1/10} = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln 10 \quad t_{1/2} = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln 2$$

$$t_{1/2} = t_{1/10} \cdot \frac{\ln 2}{\ln 10} = 365 \text{ d} \cdot 0.301 = 110 \text{ d}$$

Aufgabe VI/3 (6 Punkte)

Die Energie eines Lichtquants lässt sich mit der Planck-Formel berechnen:

$$E = h \cdot f$$

(E: Energie; h: Planck'sches Wirkungsquantum, $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; f: Frequenz)

Ein Laser sendet rotes Licht (Wellenlänge 630 nm) mit einer Strahlungsleistung von 1.0 mW aus. Welche Frequenz ergibt sich aus der genannten Wellenlänge?

$$\lambda \cdot f = c \rightarrow f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{630 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 4.76 \cdot 10^{14} \text{Hz}$$

Wie gross ist die Energie eines einzelnen Quants?

$$E_Q = h \cdot f = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s} \cdot \frac{3.0 \cdot 10^8 \text{m/s}}{630 \cdot 10^{-9} \text{m}} = 3.16 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

Wie viele Lichtquanten sendet der Laser in einer Sekunde aus?

$$\frac{N}{t} = \frac{P}{E_Q} = \frac{P \cdot \lambda}{h \cdot c} = 3.17 \cdot 10^{15} \text{ Teilchen pro Sekunde}$$