

Grundlagenfach**Bereich****NATURWISSENSCHAFTEN****Teil:****Physik****Verfasser:****Dr. sc. nat. E. Fischer****Lösungen und Kommentar****I Grundlagen (10 Punkte)****Aufgabe I/1****Flachmalerei (4 Punkte)**

Ein Behälter für Erdgas ist kugelförmig und hat einen Aussendurchmesser von 800 cm. Er soll mit einer 0.40 mm dicken Schicht Rostschutzfarbe bedeckt werden. Die Farbe hat eine Dichte von 1.25 g/cm^3 . Wie viele Kilogramm Farbe werden benötigt?

$$m = \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot d (= 101 \text{ kg}) \approx 100 \text{ kg}$$

Aufgabe I/2**Der erste Preis (4 Punkte)**

Bei einer Preisverleihung erhalten Sie den ersten Preis. Sie können wählen zwischen einem Platinwürfel (Kantenlänge 20 mm, Tagespreis 33 CHF/g) und einer Goldkugel (Durchmesser 30 mm, Tagespreis 15 CHF/g). Natürlich wählen Sie den wertvolleren Gegenstand.

Stellen Sie für das Wertverhältnis zuerst eine korrekte, rein algebraische Formel auf, indem Sie für alle gegebenen Grössen Formelzeichen einführen.

$$\frac{\text{Wert}_P}{\text{Wert}_G} = \frac{\rho_P \cdot a_P^3 \cdot TP_P}{\rho_G \cdot \frac{\pi}{6} d_G^3 \cdot TP_G} = 1.4 \quad (TP = \text{Tagespreis})$$

Aufgabe I/3**Seemannsgarn (2 Punkte)**

In der Schifffahrt und in der Motorfliegerei wird die Geschwindigkeit in Knoten (knots, kn) angegeben.

1 kn = 1 nautische Meile pro Stunde (1 nmi = 1852 m).

Rechnen Sie um in km/h und in m/s! Die Herleitung muss ersichtlich sein.

$$1 \text{ kn} = 1.85 \text{ km/h} = 1.85 \cdot 10^3 \text{ m} / 3 \cdot 10^3 \text{ s} = 0.514 \text{ m/s}$$

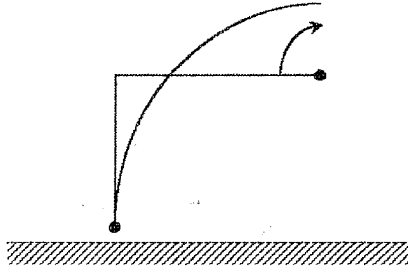
II Mechanik (13 Punkte)

Aufgabe II/1
Angelrute (3 Punkte)

Vor mir steht ein Fischer mit einer Angelrute. Diese befindet sich in der skizzierten Lage.

Der Fischer wirft jetzt die Angelschnur aus, indem er die Rute um den festen Drehpunkt P im Uhrzeigersinn schwenkt. Muss ich Angst haben, vom Haken aufgespiesst zu werden?

nein



Begründung: Der auf den Haken wirkende Kraftvektor hat zu keinem Zeitpunkt eine Komponente nach links. Die Bewegung des Hakens verläuft nach rechts oben.

Aufgabe II/2
Kurzlebiges Auto! (8 Punkte)

Ein Auto legt während seiner Lebensdauer 140'000 km zurück.

Wie lange Zeit ist der Automotor im Einsatz, wenn wir mit einer durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit von 70 km/h rechnen? (sinnvolle Zeiteinheit wählen!)

$$t = \frac{s}{v} = 2.0 \cdot 10^3 \text{ h} = 83 \text{ d}$$

Wie viele Liter Benzin verbraucht das Auto während seiner Lebensdauer bei einem Verbrauch von 7.5 Litern pro 100 km?

$$V_B = \left(\frac{V}{s} \right) \cdot s = 11 \cdot 10^3 \text{ Liter}$$

Welcher Energiemenge entspricht das bei einem Heizwert von $H = 42 \text{ MJ/kg}$ Benzin? (Angabe in Grundeinheit der Energie mit entsprechendem Vorsatz, mit geeigneter Zehnerpotenz und in Kilowattstunden) (Dichte von Benzin: 0.75 g/cm^3)

$$E = \left(\frac{V}{s} \right) \cdot s \cdot \rho_B \cdot H_B = 3.3 \cdot 10^{11} \text{ J} = 0.33 \text{ TJ} = 92 \cdot 10^3 \text{ kWh}$$

Aufgabe II/3
Wasserdichtes Zelt (2 Punkte)

Ein Grossverteiler preist in einem Inserat ein Zelt an. Da steht folgendes:

Zelt Open Air

Einwandiges Kuppelzelt für 2 Personen,

wasserdicht ($\rightarrow 1500 \text{ mm}$ Wassersäule)

Fr. 35.- statt 49.-

Erklären Sie unter Verwendung physikalischer Begriffe, was mit der durch einen Pfeil markierten Angabe gemeint ist.

1500 mm Wassersäule ist eine Druckbezeichnung. Es entspricht nach der Formel für den Schweredruck einem Druck von

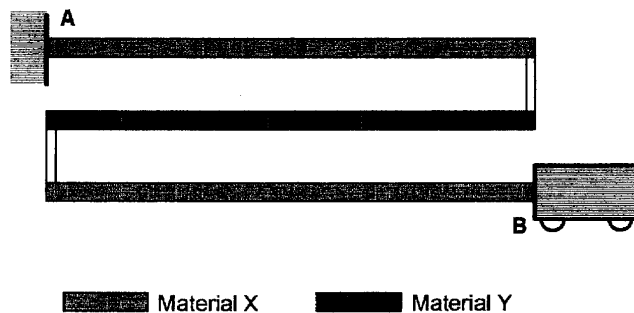
$$p = \rho_w \cdot g \cdot h = 147 \text{ hPa}$$

Die Meinung ist die, dass das Zeltmaterial diesen Wasserdruck aushalten würde, ohne Wasser durchzulassen. Das heisst auch, dass man 1.5 m hoch Wasser auf diesen Zeltstoff schütten könnte, ohne dass er leck würde.

III Wärmelehre (11 Punkte)

Aufgabe III/1

Thermische Ausdehnung (3 Punkte)



Das skizzierte Gebilde besteht aus 3 gleich langen horizontalen Stäben und ist bei A fest eingespannt. Der Wagen bei B soll sich bei einer Temperaturänderung nicht bewegen. Um das zu erreichen, muss man Materialien mit geeigneten Ausdehnungskoeffizienten wählen.

Die Ausdehnungskoeffizienten von Material X und Material Y müssen sich verhalten wie

$$\alpha_x / \alpha_y = 1 / 2$$

Begründung:

Die Ausdehnung des Materials X wirkt nach rechts und muss durch die Ausdehnung von Y nach links kompensiert werden. Da X insgesamt doppelt so lang ist wie Y, muss sein Ausdehnungskoeffizient halb so gross sein, um die gleiche Längenänderung zu erfahren.

$$\Delta l_x = l_x \cdot \alpha_x \cdot \Delta T = \Delta l_y = l_y \cdot \alpha_y \cdot \Delta T$$

$$l_x \cdot \alpha_x = l_y \cdot \alpha_y \rightarrow \frac{\alpha_x}{\alpha_y} = \frac{l_y}{l_x} = \frac{1}{2}$$

Suchen Sie aus der nachfolgenden Tabelle zwei Materialien heraus, die zusammen die Anforderungen möglichst gut erfüllen.

Material	α in $10^{-6}/\text{K}$
Aluminium	23.8
Beryllium	12.3
Blei	31.3
Bronze	17.5
Chrom	6.6
Gold	14.3
Kupfer	16.8
Silber	19.7
Zink	26.3

Ich schlage die Verwendung von **Beryllium** für X und **Aluminium** für Y vor. (1 P.)

Genau 1:2 kann man mit den genannten Materialien nicht erreichen.

Aufgabe III/2

Die gute alte Kalorie (2 Punkte)

Die alte Einheit der Wärmeenergie, die Kilokalorie (Cal), ist offiziell abgeschafft. Sie war definiert als die Energiemenge, die gebraucht wird, um ein Kilogramm Wasser um ein Grad Celsius zu erwärmen. Wie viel ist 1 Cal, in der Grundeinheit der Energie ausgedrückt? (nur mit Herleitung gültig!)

$$1\text{Cal} = m_w \cdot c_w \cdot \Delta T = 1\text{kg} \cdot 4.18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 1\text{K} = 4.18\text{kJ}$$

Aufgabe III/3

Abwärme (6 Punkte)

Das Kernkraftwerk XY verwendet zur "Entsorgung" der Abwärme Flusskühlung. Normalerweise beträgt die Durchflussrate $500 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Flusswasser wird dabei um $\Delta T = 1.2 \text{ K}$ erwärmt. Wegen der Trockenheit im vergangenen Sommer sank die Durchflussrate auf die Hälfte. Wie hat sich das auf die Temperaturerhöhung ausgewirkt?

Hier sollte man auf keinen Fall voreilig Zahlen einsetzen!

$$P = \rho_w \cdot \frac{V}{t} \cdot c_w \cdot \Delta T = \rho_w \cdot \frac{V}{2t} \cdot c_w \cdot \Delta T' \rightarrow \Delta T' = 2 \cdot \Delta T$$

Nehmen wir nun an, die Grenze von 1.2 K dürfe nicht überschritten werden: Wie stark musste das Kraftwerk im letzten Sommer seine Abwärmeleistung drosseln?

$$P = \rho_w \cdot \frac{V}{t} \cdot c_w \cdot \Delta T \quad P' = \rho_w \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{V}{t} \cdot c_w \cdot \Delta T \rightarrow P' = P/2$$

IV Licht und Wellen (12 Punkte)

Aufgabe IV/1

Handy-Frequenz (3 Punkte)

Damit eine Antenne, wie sie bei Mobiltelefonen verwendet wird, gut funktioniert, muss ihre Länge etwa einem Viertel der ausgesendeten Wellenlänge entsprechen. Die beim Handy verwendeten Radiowellen haben Lichtgeschwindigkeit.

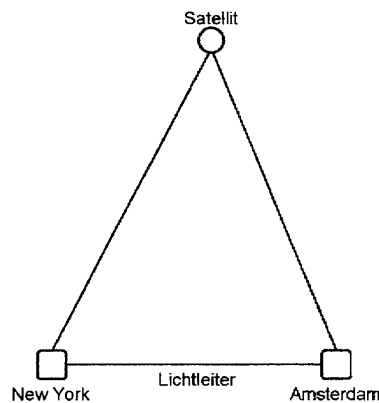
Die Antenne eines Mobiltelefons ist 37.5 mm lang. Auf welcher Frequenz sendet das Handy etwa?

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{c}{4\ell} = \frac{3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4 \cdot 37.5 \text{ mm}} = 2.0 \cdot 10^9 \text{ Hz} = 2.0 \text{ GHz}$$

Aufgabe IV/2

Lichtleiter und Satellit (4 Punkte)

Heute gehen Telefongespräche im transatlantischen Verkehr teils über Lichtleiter (mit halber Vakuumlichtgeschwindigkeit), teils mit Lichtgeschwindigkeit via Satellit (36'000 km über der Erdoberfläche, Standort siehe Skizze). Wie lang dauert es in den beiden Fällen **etwa**, bis ein Signal von Amsterdam im rund 6000 km entfernten New York ankommt?



Lichtleiter:

$$t_{\text{LL}} = \frac{s_{A-NY}}{c/2} = 40 \text{ ms}$$

via Satellit:

$$t_{\text{Sat}} \approx \frac{2 \cdot h_{\text{Sat}}}{c} = 0.24 \text{ s} = 240 \text{ ms}$$

Wegen dem "etwa" in der Fragestellung darf auf die Verwendung des Pythagoras verzichtet werden.

Aufgabe IV/3

Spektrum der Elektromagnetischen Wellen (5 Punkte)

Nochmals der Grossverteiler von Aufgabe II/3:

Sonnenbrille

- Gläser mit 100% UV-Schutz bis 400 nm
9.80 statt 19.-

Was ist mit UV-Schutz gemeint? (1 P.)

Die Brillengläser lassen zwar das sichtbare Licht ungehindert durch, halten aber das fürs Auge unsichtbare und schädliche UV-Licht zurück.

Was bedeuten die 400 nm? (1 P.)

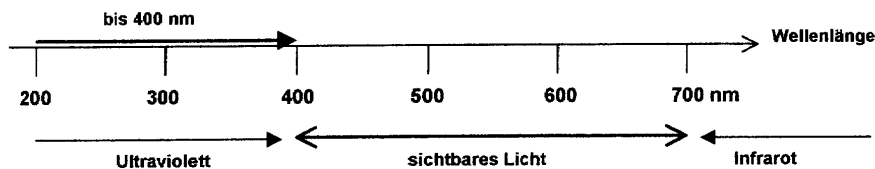
Das UV-Licht wird bis zu einer Wellenlänge von 400 nm (das ist etwa die Grenze zwischen sichtbarem Violett und UV) blockiert. (Auch UV-A wird zurückgehalten.)

Welche Grösse misst die horizontale Achse im nachfolgenden Diagramm? (1 P.)

Es ist die Wellenlänge der Lichtwellen aufgetragen.

Zeichnen Sie auf der Achse den Bereich des sichtbaren Lichtes ein und benennen Sie die links und rechts angrenzenden Bereiche. (1 P.)

Zeichnen Sie auf der Achse ein, was mit "bis 400 nm" gemeint ist! (1 P.)



V Elektrizitätslehre (13 Punkte)

Aufgabe V/1

Elektroheizung (8 Punkte)

Eugen hat sich im Brockenhaus drei gleiche Elektroöfen mit folgenden Nenndaten besorgt: Betriebsspannung 230 V, Heizleistung 1200 W.

Wie gross ist die Stromstärke, wenn ein einzelner Ofen an die Steckdose angeschlossen wird?

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1200 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 5.2 \text{ A}$$

Wie gross ist der Ohmsche Widerstand der Heizwicklung?

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{230^2 \text{ V}^2}{1200 \text{ W}} = 44 \Omega$$

Eugen ist ein Bastler. Er fragt sich nun, ob er die Heizleistung steigern kann, indem er zwei der Öfen in Serie an die Steckdose anschliesst.
Wie gross ist jetzt die gesamte Heizleistung?

$$P' = \frac{U^2}{2R} = \frac{U^2}{2 \cdot \frac{U^2}{P}} = \frac{P}{2} = 600 \text{ W}$$

Wie gross wird die gesamte Heizleistung, wenn er den dritten Ofen auch noch in Serie dazu schaltet?

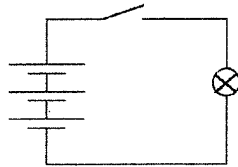
$$P'' = \frac{U^2}{3R} = \frac{U^2}{3 \cdot \frac{U^2}{P}} = \frac{P}{3} = 400 \text{ W}$$

Aufgabe V/2

Taschenlampe (5 Punkte)

Eine Taschenlampe besteht – neben dem Gehäuse – aus einer Glühbirne, drei 1.2-V-Batterien und einem Schalter. Die 0.45-Watt-Glühbirne hat eine Betriebsspannung von 3.6 V. Es werden Batterien mit den folgenden Daten verwendet: 1.2 Volt, 800 mAh.
Zeichnen Sie das Schaltschema. Verwenden Sie die korrekten Symbole.

Schaltschema (2 P.)



Wie lang funktioniert die Lampe mit einem Batteriesatz? Annahme: Die Batterien haben bis zum Ende ihrer Lebensdauer konstante Spannung und versagen dann plötzlich.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{0.45 \text{ W}}{3.6 \text{ V}} = 125 \text{ mA}$$

Die Stromstärke in der Lampe beträgt 125 mA.

$K = 800 \text{ mAh}$

$$t = \frac{K}{I} = \frac{K}{\frac{P_L}{U_L}} = \frac{800 \text{ mAh}}{125 \text{ mA}} = 6.4 \text{ h}$$

VI Moderne Physik (8 Punkte)

Aufgabe VI/1

Radioaktiver Zerfall I (3 Punkte)

Uran-238 hat eine Halbwertszeit von $4.5 \cdot 10^9$ Jahren. Die Uranvorkommen der Erde werden heute auf $41 \cdot 10^{12}$ Tonnen geschätzt.

Welche Uranmenge war zur Zeit der Entstehung der Erde vor 4.7 Milliarden Jahren vorhanden?

$$N = N_o \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{T_{1/2}}} \quad m = m_o \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{T}{T_{1/2}}}$$

$$m_o = m \cdot 2^{\frac{T}{T_{1/2}}} = 2.06 \cdot m = 85 \cdot 10^{12} \text{ Tonnen}$$

oder gute numerische Abschätzung mit sinnvoller Begründung (3 P.)

Die Halbwertszeit entspricht ungefähr dem Alter der Erde. Folglich muss zur Zeit der Entstehung der Erde die Uranmenge etwa doppelt so gross gewesen sein.

$$m_o \approx 2 \cdot m = 82 \cdot 10^{12} \text{ t}$$

Aufgabe VI/2

Radioaktiver Zerfall II (2 Punkte)

Eine radioaktive Substanz zerfällt so, dass nach 24 h noch 25% der ursprünglichen Menge vorhanden sind. Wie viele Tage muss ich insgesamt warten, bis die verbleibende Menge der ursprünglichen Substanz unter 1% gesunken ist?

Angabe in ganzen Tagen. (mit Herleitung oder plausibler Begründung 2 Punkte)

Die Halbwertszeit beträgt 12 h: Nach 12 h haben wir noch 50%, nach weiteren 12 h die Hälfte davon, also 25%. Nach weiteren 24 h bleibt $\frac{1}{4}$ von 25%, d.h. 6.25%, nach einem weiteren Tag (also nach 3 Tagen) noch 1.6%. Am vierten Tag wird die Menge unter die 1%-Grenze sinken.

Aufgabe VI/3

" $E = m \cdot c^2$ " (3 Punkte)

Ein Kernreaktor wandelt Kernenergie in Wärme um mit einer Leistung von 3.0 GW. Nach der Einstein-Formel $E = m c^2$ wird dabei Masse in Energie verwandelt.

Wie viel Masse wird im Jahr in Energie umgewandelt?

$$P \cdot t = m \cdot c^2 \quad m = \frac{P \cdot t}{c^2} = 1.1 \text{ kg}$$