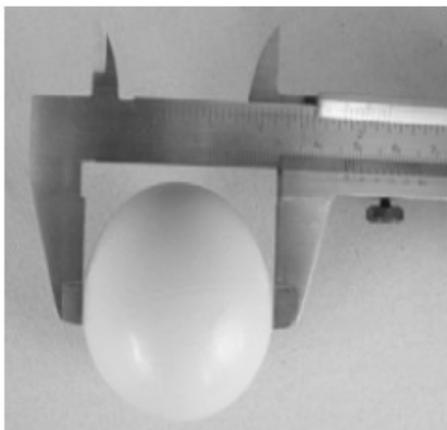


| Aufgabe 1 (Grundlagen) | | |
|--|--|----------------------------------|
| Tropfender Wasserhahn | | 3 Punkte |
| Ein Wasserhahn ist nicht ganz dicht und tropft. Es fällt jede Sekunde ein Tropfen, und ein leer darunter gestelltes Einlitergefäss ist nach 24 h voll. | | |
| Wie gross ist das Volumen eines Tropfens? (nur numerisch) | | |
| $V_{\text{Tropfen}} = \frac{V}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1\text{l}}{86400} = 1,1565 \cdot 10^{-5}\text{l} = 11,564 \cdot 10^{-6}\text{dm}^3 = 11,7\text{mm}^3$ | | num. 1 P. |
| Die frei fallenden Tropfen sind alle gleich gross und haben Kugelform. Wie gross ist ihr Durchmesser? | | |
| $V_{\text{Tropfen}} = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{\pi}{6}d^3$ $d = \sqrt[3]{\frac{6V_T}{\pi}} = 2,81\text{mm}$ | | alg. 1 P. num. 1 P. |

| Aufgabe 2 (Grundlagen) | | |
|---|--|----------|
| Eier | | 6 Punkte |
| <p>Herr Müller hat auf dem Markt extragrosse und normal grosse Eier gekauft. Er hat ein extragrosses Ei gewogen und ausgemessen. Es wiegt 77 g und ist 47 mm dick (vgl. Bild). Nun soll ohne Waage bestimmt werden, wie viel ein normal grosses Ei wiegt.</p> | | |
|  | | |

Zur Vorbereitung: Wie hängt das Volumenverhältnis zweier verschieden grosser Eier bei gleichen Proportionen vom Verhältnis ihrer Durchmesser ab?

Stellen Sie algebraisch $\frac{V_2}{V_1}$ als Funktion von $\frac{D_2}{D_1}$ dar und begründen Sie Ihr Resultat.

Das Volumen eines Körpers (Ei) ist proportional zu Länge, Breite und Dicke : $V = cLBD$. Außerdem lassen sich Länge und Breite durch die Dicke ausdrücken : $L = aD, H = bD$

Aufgrund der Ähnlichkeit der Eier sind a und b bei beiden Eiern gleich. Somit ist :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{cL_2B_2H_2}{cL_1B_1D_1} = \frac{aD_2bD_2D_2}{aD_1bD_1D_1} = \frac{D_2^3}{D_1^3} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

alg.
2 P.

Wie viel wiegt ein Ei mit 43 mm Durchmesser und gleicher Dichte wie das grosse Ei?

$$D_2 = 43\text{mm}$$

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{\rho V_2}{\rho V_1} = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3$$

$$M_2 = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^3 M_1 = \left(\frac{43}{47}\right)^3 77\text{g} = 59\text{g}$$

alg.
1 P.num.
1 P.

Ein Wachtelei wiegt 10 g.

Wie gross ist sein Durchmesser? (gleiche Proportionen, gleiche Dichte)

$$M_3 = 10\text{g}$$

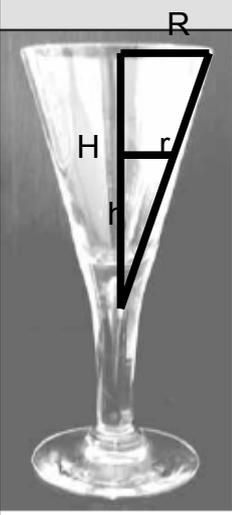
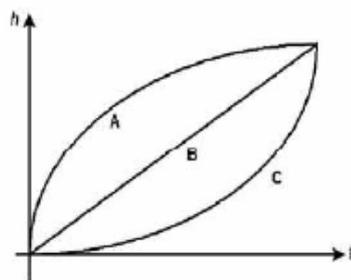
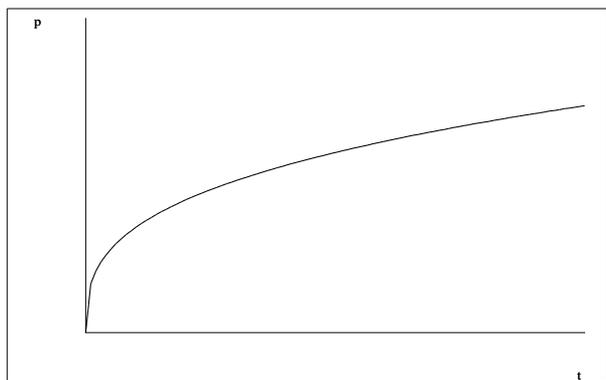
$$\frac{M_3}{M_1} = \left(\frac{D_3}{D_1}\right)^3 \Rightarrow D_3 = \sqrt[3]{\frac{M_3}{M_1}} D_1 = \sqrt[3]{\frac{10}{77}} 47\text{mm} = 24\text{mm}$$

alg.
1 P.num.
1 P.

| Aufgabe 3 (Hydrostatik) | | |
|---|--|----------------------------------|
| Wasserdruck | | 4 Punkte |
| Eine Armbanduhr ist wasserdicht und hält laut Werksangabe dem Wasserdruck in 30 m Tiefe stand. | | |
| Wie gross ist der Druck, den die Uhr in 30 m Wassertiefe aushalten muss? (numerisches Resultat in Grundeinheit und in bar) | | |
| $\underline{\underline{p_s = \rho \cdot g \cdot h = 294300 \frac{N}{m^2} = 2,9 \cdot 10^5 Pa = 2,9 bar}}$ | | alg. 1 P. num. 1 P. |
| Wie gross ist die Kraft, welche auf das Uhrglas wirkt? (Durchmesser: 30 mm) | | |
| $\underline{\underline{F = p_s \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = 208 N = 0,21 kN}}$ | | alg. 1 P. num. 1 P. |

| Aufgabe 4 (Wärme) | | |
|---|--|----------------------------------|
| Verschwenderische Dusche | | 3 Punkte |
| Wenn ich heiss dusche, geht mit dem Duschwasser viel Wärmeenergie ungenutzt ins Abwasser. | | |
| Welcher Leistung entspricht es, wenn ich pro Minute 6.0 Liter Wasser von 35°C verbrauche? Annahme: Das Wasser musste von 10°C auf die 35°C erwärmt werden. | | |
| $\underline{\underline{P = \frac{Q}{t} = \frac{c_w \cdot m_w \cdot \Delta T}{t} = \frac{c_w \cdot \rho_w \cdot V_w \cdot (T_2 - T_1)}{t} = 10455 W = 10 kW}}$ | | alg. 2 P. num. 1 P. |

| Aufgabe 5 (Dynamik, Wärme) | |
|---|---|
| Benzinverbrauch | 12 Punkte |
| <p>Ein Auto, welches 1200 kg wiegt, soll aus dem Stillstand auf 100 km/h beschleunigt werden. Beim Verbrennen von einem <u>Kilogramm</u> Benzin werden 42 MJ Wärmeenergie frei: $H_B = 42 \text{ MJ/kg}$. Benzin hat eine Dichte von $\rho_B = 0.78 \text{ kg/dm}^3$.</p> | |
| <p>Wie viel Benzin (Volumen) muss dafür verbrannt werden? Rechnen Sie zuerst mit dem (unmöglichen) Idealfall, dass die ganze im Benzin steckende chemische Energie zur Beschleunigung des Autos genutzt werden kann.</p> $E = \frac{1}{2}mv^2 = mH = \rho VH$ $V = \frac{mv^2}{2\rho H} = \frac{1200\text{kg} \cdot \left(\frac{100}{3.6} \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 780 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 42 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 1.4 \cdot 10^{-5} \text{m}^3 = 1.4 \cdot 10^{-2} \text{dm}^3 = 0.014 \text{l}$ | <p>alg. 3 P.</p> <p>num. 1 P.</p> |
| <p>Rechnen Sie nun, um dem Realfall näher zu kommen, mit einem Wirkungsgrad von $\eta = 10 \%$.</p> $\eta = 10\%$ $\frac{E}{E'} = \eta = \frac{\rho VH}{\rho V'H} = \frac{V}{V'}$ $V' = \frac{V}{\eta} = \frac{mv^2}{2\rho H\eta} = 0.14 \text{l}$ | <p>alg. 1 P.</p> <p>num. 1 P.</p> |
| <p>Ein Auto fährt auf der (horizontalen) Autobahn mit 120 km/h und verbraucht dabei auf hundert Kilometer zehn Liter Benzin. Bei dieser Fahrweise beträgt der Wirkungsgrad des Motors 20%. Die Motorleistung ist vor allem erforderlich, um den Luftwiderstand zu überwinden.</p> | |
| <p>Wie gross ist die Nutzleistung des Motors?</p> $P = \frac{W'}{t} = \frac{\eta W}{t} = \frac{\eta \cdot m \cdot H}{t} = \frac{\eta \cdot \rho \cdot V \cdot H}{t} = \frac{\eta \cdot \rho \cdot R \cdot s \cdot H}{t} = \eta \cdot \rho \cdot R \cdot v \cdot H$ $P = 0.2 \cdot 0.780 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 10 \frac{\text{dm}^3}{100\text{km}} \cdot 120 \frac{\text{km}}{3600\text{s}} \cdot 42 \cdot 10^6 \text{J} = 22 \text{kW}$ | <p>alg. 3 P.</p> <p>num. 1 P.</p> |
| <p>Wie gross ist die Luftwiderstandskraft?</p> $P = \frac{W'}{t} = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v$ $F = \frac{P}{v} = \frac{\eta \cdot \rho \cdot R \cdot v \cdot H}{v} = \eta \cdot \rho \cdot R \cdot H = 0.66 \text{kN}$ | <p>alg. 1 P.</p> <p>num. 1 P.</p> |

| Aufgabe 6 (Grundlagen, Hydrostatik) | | 6 Punkte |
|---|---|----------|
| Kelchglas | | |
|  | <p>Ein kegelförmiges Kelchglas (Annahme: der Hohlraum ist ein gerader Kreiskegel, der unten in eine Spitze ausläuft) fasst bis zum Rand genau 80 Milliliter Flüssigkeit. Ich schütte in das leere Glas zuerst 10 ml. Wie hoch ist es gefüllt? (in % der gesamten Füllhöhe) Nur numerisch, aber gut begründet!</p> $\frac{R}{H} = \frac{r}{h} \Rightarrow \frac{r}{R} = \frac{h}{H}$ $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\frac{1}{3}\pi r^2 h}{\frac{1}{3}\pi R^2 H} = \frac{h^3}{H^3} = \left(\frac{h}{H}\right)^3$ $\frac{h}{H} = \sqrt[3]{\frac{V_2}{V_1}} = \sqrt[3]{\frac{10}{80}} = \frac{1}{2},$ <p>also ist der Kelch bis zur halben Höhe gefüllt.</p> | 2 P. |
| <p>Wie ändert sich der Druck zu unterst im Glas, wenn ich weitere 70 ml hineinschütte? (Der Druck wird ...mal grösser.) Nur numerisch, aber gut begründet!</p> <p>Da der Druck proportional zur Höhe der Flüssigkeit ist, wird er sich verdoppeln wenn man das Glas ganz füllt (also noch 70ml zugiesst).</p> | | 1 P. |
| <p>Nun fülle ich das inzwischen leer getrunkene Gefäss langsam und gleichmässig mit Flüssigkeit. (Zuwachs der Flüssigkeitsmenge pro Zeiteinheit konstant) Welche der drei Kurven (A, B oder C) gibt den Zuwachs der Füllhöhe als Funktion der Zeit am besten wieder? Begründen!</p> $R = konst. = \frac{V}{t}$ $V = R \cdot t = \frac{1}{3}\pi h^3$ $h = \sqrt[3]{\frac{3Rt}{\pi}} = k \cdot \sqrt[3]{t}$ <p>Der Anstieg geht also mit der dritten Wurzel aus t. Damit ist Kurve A am besten geeignet.</p> |  | 1 P. |
| <p>Wie sieht der zeitliche Verlauf des Druckes zu unterst im Glas aus? Zeichnen Sie ein Diagramm (t-Achse horizontal, p-Achse vertikal)!</p> |  | 2 P. |
| <p>Da $p \sim h = k \cdot \sqrt[3]{t}$ steigt auch p wie eine dritte Wurzel</p> | | |

Aufgabe 7 (Dynamik)

Küchentrick

4 Punkte

Herr Meier schlägt mit dem Schwingbesen Rahm. Da nach getaner Arbeit ein Teil des Schlagrahms am Schwingbesen hängen bleibt, klopft Herr Meier diesen hart auf den Schüsselrand.



Erklären Sie mit physikalischen Argumenten, weshalb der Schlagrahm nicht von selbst hinunterfällt, sich aber beim Aufschlagen des Schwingbesens löst. Verwenden Sie Begriffe wie Kraft, Trägheit, Beschleunigung, Kohäsion, Adhäsion, Newtonsche Axiome.

Der Schlagrahm fällt zuerst nicht von alleine herunter, da sein innerer Zusammenhalt (Kohäsion) so gross ist, dass er (gerade) nicht von sich selbst heruntertropft. Außerdem ist seine Bindung an den Schwingbesen (Adhäsion) ebenfalls so groß, dass er auch nicht von diesem abfällt.

Beim Aufschlag des Besens auf den Rand der Schüssel wird die Geschwindigkeit des Besens innerhalb sehr kurzer Zeit auf Null reduziert. Es gibt also eine gewisse Geschwindigkeitsänderung in sehr kurzer Zeit und somit eine große Beschleunigung.

Sowohl der Besen, als auch der Rahm erfahren dieselbe Beschleunigung. Proportional zu ihrer Masse wirkt dabei auch eine entsprechende Kraft auf sie ein. Die Festigkeit des Metalls bewirkt eine Gegenkraft, die den Besen zum Stillstand bringt.

Der Rahm hat im Vergleich zum Metall des Besens keine nennenswerten inneren Bindungskräfte und auch seine Haftung an den Besen ist verglichen mit den auftretenden Kräften eher gering. Daher wirken bei ihm kaum Kräfte seiner Trägheit entgegen und er bewegt sich fast mit der Geschwindigkeit weiter, die Rahm und Besen vor dem Aufprall auf die Schüssel hatten.

Somit fällt er vom Besen ab.

4 P.

Aufgabe 8 (Elektrizität, Mechanik, Wärme)

Batterien

11 Punkte

Eine aufladbare Batterie vom Typ AAA, wie man sie z.B. in Digitalkameras verwendet, hat eine Spannung von 1.2 V und fasst 900 mAh.



Wie gross ist die in der Batterie enthaltene Energiemenge?

$$E = Q \cdot U = 900 \text{mAh} \cdot 1.2 \text{V} = 1.08 \text{Ah} = 3888 \text{J} = 3.9 \text{kJ}$$

alg.
2 P.
num.
1 P.

Wie hoch könnte man einen 60 kg schweren Menschen mit dieser Energiemenge heben?

$$E = mgh = QU$$

$$h = \frac{QU}{gm} = \frac{900 \text{mAh} \cdot 1.2 \text{V}}{9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 60 \text{kg}} = 6.6 \text{m}$$

alg.
2 P.
num.
1 P.

Wie viele Gramm Benzin enthalten gleich viel Energie?
Ein Kilogramm Benzin enthält 42 MJ ($H_B = 42 \text{ MJ/kg}$).

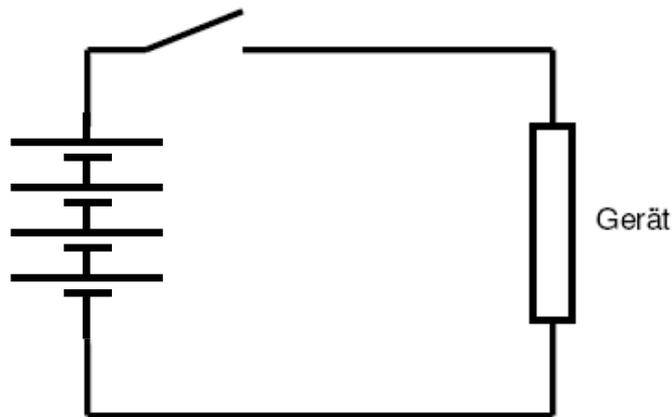
$$E = QU = mH$$

$$m = \frac{QU}{H} = \frac{900 \text{mAh} \cdot 1.2 \text{V}}{42 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = \frac{0.9 \cdot 3600 \cdot \text{A} \cdot 1.2 \text{V}}{42 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{g}}} = 0.093 \text{g}$$

alg.
2 P.
num.
1 P.

Ein elektrisches Gerät hat eine Betriebsspannung von 4.8 V und braucht 4 Batterien von der oben beschriebenen Art.

Ergänzen Sie das angefangene Schaltschema mit korrekten Symbolen!



2 P.

Aufgabe 9 (Elektrizität)

Parallel- und Serieschaltung

5 Punkte

Zwei Widerstände, von denen der eine einen Widerstandswert von 1.0Ω hat, werden in einen Fall parallel, im andern Fall in Serie geschaltet. Die Ersatzwiderstände für die beiden Fälle verhalten sich wie 1:10.

Wie gross ist der zweite Widerstand? (falls mehrere Lösungen: alle angeben!)

$$R_1 = 1.0 \Omega$$

$$R_1 + R_2 = R_3$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_4} \Rightarrow R_4 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{10}{1} \Rightarrow R_4 = \frac{1}{10} R_3$$

$$\left. \begin{array}{l} R_1 + R_2 = R_3 \\ \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{10} (R_1 + R_2) \end{array} \right\} \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{10} (R_1 + R_2)$$

$$10 \cdot R_1 \cdot R_2 = (R_1 + R_2)^2$$

$$R_2 = 4R_1 \pm R_1 \sqrt{15}$$

$$R_{2,1} = (4 + \sqrt{15}) \Omega = 7.9 \Omega$$

$$R_{2,2} = (4 - \sqrt{15}) \Omega = 0.13 \Omega$$

alg.
3 P.num.
2 P.

Aufgabe 10 (Wärme, Elektrizität)

Kernkraftwerk

10 Punkte

Ein Schweizerisches Kernkraftwerk liefert eine Nutzleistung von 1.2 GW. Der Wirkungsgrad beträgt rund 33%, es muss also das Zweifache der Nutzleistung als Abwärme abgeführt werden.

Eine Variante, diese Abwärme loszuwerden, ist ein Kühlturm, in dem Wasser bei niedriger Temperatur verdampft wird. Abbildung: Gösgen.



Wie viele Liter Wasser werden je Sekunde durch diese Abwärmeleistung von 2.4 GW verdampft?

$$R = \frac{V}{t}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{L_V \cdot m}{t} = \frac{L_V \cdot \rho \cdot V}{t} = L_V \cdot \rho \cdot R$$

$$R = \frac{P}{L_V \cdot \rho} = \frac{2.4 \cdot 10^9 \text{ W}}{2.257 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 1.0634 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1063 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 1.1 \cdot 10^3 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

alg.
2 P.num.
1 P.

Bei der zweiten Variante wird die Abwärme durch Flusskühlung abgeführt. Abbildung: Beznau.



Wie stark wird die Temperatur des Flusswassers bei einer Durchflussmenge von 500 m³/s erhöht?

$$R = 500 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{c \cdot m \cdot \Delta T}{t} = \frac{c \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta T}{t} = c \cdot \rho \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{P}{c \cdot \rho \cdot R} = \frac{2.4 \cdot 10^9 \text{ W}}{4182 \frac{\text{J}}{\text{kgK}} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 500 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 1.1 \text{ K} = 1.1^\circ \text{C}$$

alg.
3 P.num.
2 P.

Wie gross wäre die Stromstärke, wenn das Werk die elektrische Leistung von 1.2 GW bei 230 V Spannung liefern würde?

$$P = U \cdot I$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1.2 \cdot 10^9 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 5.2 \cdot 10^6 \text{ A}$$

alg.
1 P.
num.
1 P

Aufgabe 11 (Elektrizität)

Widerstand

10 Punkte

Ein elektrischer Widerstand hat einen Widerstandswert von 1.10 Ω. Dieser Wert soll durch Beifügen eines zusätzlichen Widerstandes auf 1.00 Ω gesenkt werden.

Muss der zusätzliche Widerstand parallel oder in Serie dazu geschaltet werden?
Antwort begründen!

1 P.

Wie gross muss sein Widerstandswert sein?

$$R_1 = 1.10 \Omega; R_G = 1.00 \Omega$$

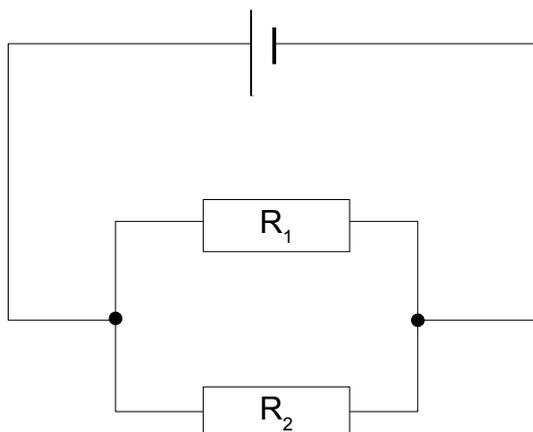
$$\frac{1}{R_G} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$R_2 = \frac{R_G \cdot R_1}{R_1 - R_G} = \frac{1.1 \Omega \cdot 1 \Omega}{1.1 \Omega - 1 \Omega} = 11.0 \Omega$$

alg.
2 P.

num.
1 P.

Zeichnen Sie das Schaltschema mit angeschlossener Stromquelle! (korrekte Symbole verwenden!)



2 P.

Wie gross sind die Stromstärken in den beiden Widerständen und wie gross sind die Spannungen über den beiden Widerständen, wenn man 10.0 V an die Schaltung anlegt?

$$U = U_1 = U_2 \text{ (Parallelschaltung)}$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{10V}{1\Omega} = 10.0A$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{10V}{11\Omega} = 0.909A$$

alg.
2 P.num.
2 P.

Aufgabe 12 (Elektrostatik)

Kraftakt mit Ladungen

4 Punkte

Nehmen Sie folgende – in der Praxis unmögliche – Situation an: Mitten auf dem Bundeshausplatz ist eine mit $Q = +1.0$ C geladene Kugel montiert. Sie halten eine gleich stark positiv geladene Kugel fest in der Hand und wollen sich damit der Kugel auf dem Platz nähern. Sie sind gut trainiert und können bis zu 1000 N Kraft auf Ihre Kugel ausüben.

Bis auf welche Entfernung können Sie sich der fest montierten ersten Kugel nähern?

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

$$r = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{F}} = 3000.0m = 3.0km$$

alg.
2 P.num.
2 P.

| Aufgabe 13 (Dynamik) | |
|--|----------------------------------|
| Bergwerk | 13 Punkte |
| <p>In den Stollen eines Bergwerks bricht in 800 m Tiefe jede Sekunde eine Wassermenge von 500 Litern ein. Dieses Wasser muss an die Oberfläche gepumpt werden, um eine Überflutung des Bergwerks zu vermeiden.</p> | |
| <p>Wie viele <u>Kubikmeter</u> Wasser müssen täglich hochgepumpt werden?</p> $h = 800m, R = 500 \frac{l}{s}$ $V = R \cdot t = 0.5 \frac{m^3}{s} \cdot 24 \cdot 3600s = 43200.0m^3 = 4.32 \cdot 10^4 m^3$ | num. 2 P. |
| <p>Wie gross ist der Druck, den die auf dem Stollengrund stehende Pumpe erzeugen muss, um das Wasser an die Erdoberfläche zu pumpen?</p> $p = p_s = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{N}{kg} \cdot 800m$ $= 7.85 \cdot 10^6 \frac{N}{m^2} = 7.86MPa = 78.5bar$ | alg. 1 P. num. 1 P. |
| <p>Wie gross ist die minimal erforderliche Leistung des Pumpenmotors?</p> $P = \frac{E}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{V\rho gh}{t} = R \cdot \rho \cdot g \cdot h$ $= 0.5 \frac{m^3}{s} \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{N}{kg} \cdot 800m = 3.92 \cdot 10^6 W$ | alg. 2 P. num. 1 P. |
| <p>Die Pumpe wird durch einen Elektromotor mit einer Betriebsspannung von 500 V betrieben. Wie gross ist die Stromstärke?</p> $P = U \cdot I$ $I = \frac{P}{U} = \frac{R \cdot \rho \cdot g \cdot h}{U} = 7840.0A = 7.84kA$ | alg. 1 P. num. 1 P. |

Um im Fall eines Stromausfalls den Schaden klein zu halten, steht ein Dieselmotor als Ersatz bereit. Dieser hat eine Nutzleistung von 3.5 MW und einen Wirkungsgrad von 40%. Wie viele Liter Dieselöl ($H_D = 40 \text{ MJ/kg}$, $\rho_D = 0.88 \text{ kg/dm}^3$) verbraucht er stündlich?

$$P = 3.5 \text{ MW}, R_D = \frac{V_D}{t}$$

$$P' = \eta P = \eta \cdot \frac{E}{t} = \eta \frac{m \cdot H}{t} = \eta \frac{\rho \cdot V_D \cdot H}{t} = \eta \cdot \rho \cdot R_D \cdot H$$

$$R_D = \frac{P'}{\eta \cdot \rho \cdot H} = \frac{3.5 \cdot 10^6 \text{ W}}{0.4 \cdot 880 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 40 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 2.5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.90 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 900 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

alg.
2 P.num.
2 P.

Aufgabe 14 (Grundlagen)

Speicherkraftwerk

16 Punkte

Ein Stausee hat ein Fassungsvermögen von 400 Millionen Kubikmetern. Nehmen wir nun an, er diene dem Betrieb eines Kraftwerks, das 800 m tiefer liegt. Die Druckleitung sei 1600 m lang und habe einen Innendurchmesser von 120 cm.

Wie gross ist die umgesetzte Leistung, wenn pro Sekunde 15 Kubikmeter Wasser durch die Turbine fließen?

$$R = \frac{V}{t} = 15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$P = \frac{E}{t} = \frac{mgh}{t} = \frac{\rho Vgh}{t} = \rho \cdot R \cdot g \cdot h$$

$$= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 800 \text{ m} = 1.2 \cdot 10^8 \text{ W}$$

alg.
2 P.num.
2 P.

Wie lange würde es bei Dauerbetrieb dauern, bis der Stausee leer wäre? (Annahme: keine Zuflüsse während dieser Zeit)

$$V = R \cdot t$$

$$t = \frac{V}{R} = \frac{400 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} = 2.6667 \cdot 10^7 \text{ s} = 309 \text{ d}$$

alg.
2 P.num.
2 P.

Wie gross ist die mittlere Wassergeschwindigkeit im Rohr?

$$V = A \cdot l$$

$$\frac{V}{t} = A \cdot \frac{l}{t} = A \cdot v = R$$

$$v = \frac{R}{A} = \frac{R}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4R}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 15 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi (1.2 \text{ m})^2} = 13 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

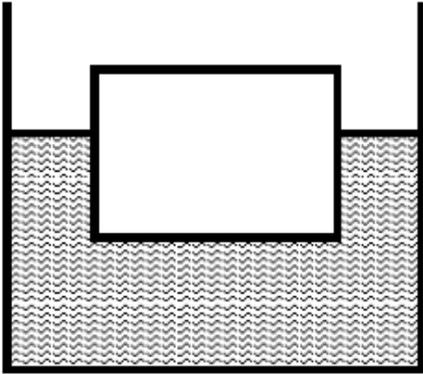
alg.
2 P.num.
2 P.

Wie gross ist die kinetische Energie des bewegten Wassers im ganzen Rohr?

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot l \cdot \left(\frac{R}{A} \right)^2$$

$$= \frac{R^2 \cdot l \cdot \rho}{2 \cdot A} = \frac{R^2 \cdot l \cdot \rho}{2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2} = \frac{2 \cdot \rho \cdot l \cdot R^2}{\pi \cdot d^2} = \underline{\underline{1,6 \cdot 10^8 \text{ J}}}$$

alg.
2 P.num.
2 P.

| Aufgabe 15 (Hydrostatik) | |
|--|---|
| Schwimmender Körper | 9 Punkte |
|  | <p>In einem Gefäss schwimmt ein Holzquader im Wasser. Er taucht $h_T = 80 \text{ mm}$ tief ein. Der Klotz ist $\ell = 200 \text{ mm}$ lang, $b = 180 \text{ mm}$ breit und $h = 140 \text{ mm}$ hoch.</p> |
| <p>Berechnen Sie den im Wasser bei der Grundfläche des Quaders herrschenden, durch das Wasser verursachten Druck.</p> | <p>alg. 1 P. num. 1 P.</p> |
| $p_S = \rho_W \cdot g \cdot h_T = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 0.8 \text{ dm} = 7.848 \frac{\text{N}}{\text{dm}^2} = 784.80 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 7.8 \text{ mbar}$ | |
| <p>Dieser Druck bewirkt eine Kraft auf die Grundfläche des Quaders. Wie gross ist sie und wie ist sie gerichtet? (alg., num. und Krafrichtung in obige Skizze einzeichnen)</p> | <p>alg. 1 P. num. 1 P. Sk. 1 P.</p> |
| $F = p_S \cdot A = p_S \cdot l \cdot b = \rho_W \cdot g \cdot h_T \cdot l \cdot b = 28 \text{ N}$ | |
| <p>Der Quader bleibt in dieser Lage, weil er kräftemässig im Gleichgewicht ist. Wie gross ist seine Masse?</p> | <p>alg. 1 P. num. 1 P.</p> |
| $F = F_G$ $\rho_W \cdot g \cdot h_T \cdot l \cdot b = m_Q \cdot g$ $m_Q = \rho_W \cdot h_T \cdot l \cdot b = 2.88 \text{ kg}$ | |
| <p>Wie gross ist die Dichte des Quadermaterials?</p> | <p>alg. 1 P. num. 1 P.</p> |
| $\rho_Q = \frac{m_Q}{V} = \frac{\rho_W \cdot h_T \cdot l \cdot b}{l \cdot b \cdot h} = \frac{h_T}{h} \cdot \rho_W = \frac{80}{140} \cdot 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} = 0.57 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$ | |

| Aufgabe 16 (Dynamik) | |
|---|---|
| Rassiger Start | 9 Punkte |
| <p>Beschleunigung beim Starten</p> <p>Die Haftreibungszahl zwischen Pneus und Boden beträgt $\mu_H = 0.60$, die Gleitreibungszahl $\mu_G = 0.45$.</p> | |
| <p>Wie gross ist die maximal mögliche Beschleunigung auf horizontaler Strasse? Nehmen Sie an, dass das Auto Vorderradantrieb hat und dass zwei Drittel der Gewichtskraft auf die Vorderräder entfallen.</p> <p>Bei durchdrehenden Rädern wirkt nur die Gleitreibung mit der kleineren Gleitreibungszahl. Die Beschleunigung ist somit geringer und zwar im Verhältnis $\mu_G/\mu_H = 0.45/0.6 = 3/4$. Die Beschleunigung betrage also nur $1.5 \frac{m}{s^2}$</p> | <p>alg. 2 P.</p> <p>num. 1 P.</p> |
| <p>Warum ist ein „rassiger“ Start mit durchdrehenden Rädern eine Dummheit, wenn man eine grosse Beschleunigung des Autos erreichen will? (in Worten)</p> <p>Der Motor kann nur soviel Kraft auf die Strasse bringen, wie der Reibungskraft an den Vorderrädern entspricht.</p> $F = F_{Haftreibung,vorne} - F_{Haftreibung,hinten}$ $ma = \mu_H \cdot m_{vorne} \cdot g - \mu_H \cdot m_{hinten} \cdot g = \mu_H \cdot \frac{2}{3}m \cdot g - \mu_H \cdot \frac{1}{3}m \cdot g$ $ma = \mu_H \cdot \frac{1}{3}m \cdot g$ $a = \frac{1}{3}\mu_H g = \frac{1}{3} \cdot 0.6 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} = 2.0 \frac{m}{s^2}$ | 2 P. |
| <p>Welche Rolle spielt die Stärke des Motors für die mögliche Beschleunigung? (in Worten)</p> <p>Der Motor muss in der Lage sein eine Kraft $F=ma$ aufzubringen, um obige Beschleunigung erreichen zu können. Kann er eine noch grössere Kraft aufbringen, so nutzt ihm dies beim Start erst einmal nichts, aber bei zunehmender Geschwindigkeit kommen Reibungskräfte (z.B. durch den Fahrtwind) hinzu, die ein stärkerer Motor "länger" kompensieren, also länger die maximale Beschleunigung beibehalten kann.</p> | 2 P. |
| <p>Zeichnen Sie beim abgebildeten Auto sämtliche während der Beschleunigung auf das Auto wirkenden Kräfte ein. (Nur auf das Auto wirkende Kraftvektoren einzeichnen!)</p> | 2 P. |