# WALLENBERGS FYSIKPRIS

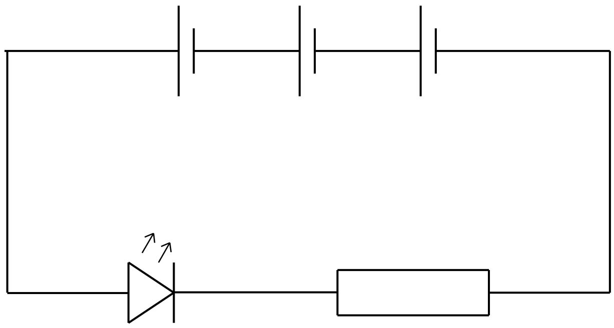
KVALIFICERINGSTÄVLING

22 januari 2015

**SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET**

LÖSNINGSFÖRSLAG KVALTÄVLINGEN 2015

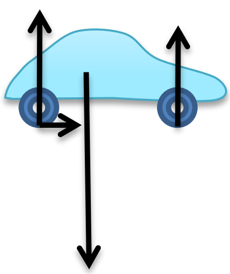
1. a)
   Resistansen ska kopplas i serie med lysdioden, eftersom spänningen över dioden skall vara 3,1V > 3V.



b)
Avläsning ger att spänningen över lysdioden när strömmen är 40 mA blir 3,1 V. Tre seriekopplade batterier ger 4,5 V. Över resistorn skall det vara $4{,}5 - 3{,}1 = 1{,}4$ V.
Ohms lag ger:
$R = \frac{U}{I} = \frac{1{,}4}{0{,}04}\Omega = 35\Omega.$

c)
Effekten som utvecklas i resistorn,
$P = UI = 1{,}4 \cdot 0{,}04 = 0{,}056$ W.
Effekten som utvecklas i hela kretsen:
$P = UI = 4{,}5 \cdot 0{,}04 = 0{,}18$ W.
Vilket ger $\frac{0{,}56}{1{,}8} = 31\%$.
**Svar**: 31% av effekten utvecklas i resistorn.

2. a)



b)
Mätning i figuren ger följande längder (55mm svarar mot 2m):
Horisontellt avstånd bakhjul – tyngdpunkt, $l_b$ = 0,87 m.
Horisontellt avstånd framhjul – tyngdpunkt, $l_f$ = 1,38 m.
Vertikalt avstånd markyta – tyngdpunkt, $h$ = 0,47 m.
Låt $N_b$ och $N_f$ beteckna den totala normalkraften på bak- respektive framhjul och $F$ den framåtdrivande kraften.

Vid vila ($F$=0) ger då kraftjämvikt och momentlagen med tyngdpunkten som momentpunkt sambanden:

$$N_b + N_f = mg$$
$$-N_b \cdot l_b + N_f \cdot l_f = 0$$

Förenkling ger: $N_f = \frac{mg}{1+l_f/l_b} = 4{,}7\text{ kN}$ och $N_b = mg - N_f = 7{,}5\text{ kN}$
Bilens acceleration blir $\frac{100/3{,}6}{4{,}8}\,\mathrm{m/s^2} = 5{,}79\,\mathrm{m/s^2}$
Den framåtdrivande kraften, enligt kraftlagen: $F = ma = 1250 \cdot 5{,}8\text{ N} = 7{,}234\text{ kN}$

Vid accelerationen ger då kraftjämvikt och momentlagen med tyngdpunkten som momentpunkt sambanden:

$$N_b + N_f = mg$$
$$-N_b \cdot l_b + N_f \cdot l_f + F \cdot h = 0$$

Förenkling ger $N_f = \frac{mg - F\cdot h/l_b}{1+l_f/l_b} = 3{,}2\text{ kN}$ och $N_b = mg - N_f = 9{,}0\text{ kN}$

**Svar**: Tryckkrafterna vid vila är 4,7 kN och 7,5 kN på fram respektive bakhjul.
Tryckkrafterna vid accelerationen är 3,2 kN och 9,0 kN på fram respektive bakhjul.

c
Vid gränsen för stegring gäller att $N_f = 0$. Med $F = ma$ gäller det att

$$N_b = mg$$
$$-mg \cdot l_b + ma \cdot h = 0$$

Förenkling ger $a = \frac{gl_b}{h} \approx 18\,\mathrm{m/s^2}$

**Svar**: Accelerationsgränsen för att bilen skall stegra sig är 18 m/s$^2$.
*Kommentar:* Om bilen börjar stegra sig så fortsätter framändan att höjas eftersom hävarmen minskar.

3. a)
   Trycket i en tom hydrofor med volymen $V_1 = 150$ liter är 1,0 atm, och trycket efter kompression är 7,5 atm. Enligt Boyles lag, $p_1 V_1 = p_2 V_2$ blir den komprimerade luftens volym:
   $V_2 = \frac{150}{7,5} = 20$ liter.
   När hydroforens tryck är 3,5 atm är volymen:
   $V_2 = 150/3,5 = 43$ liter.
   Differensen blir 23 liter.

   **Svar:** När 23 liter använts måste pumpen starta.

   b)
   Om vi antar att en våning är cirka 3 meter ligger den tredje våningen cirka 9 meter högre än hydroforen. Trycket vid duschen är då $\rho g h \approx$ 0,88 atm lägre än vid hydroforen. Detta blir det lägsta hydrofortryck vid vilket man kan duscha.
   När hydroforens tryck är 1,88 atm är volymen:
   $V_2 = 150/1,88 = 80$ liter.
   Differensen blir då 80-20liter = 60 liter.

   **Svar**: Det är möjligt att använda cirka 60 liter vatten på tredje våningen, trots att pumpen inte går. Detta borde räcka för en normal tvagning!

4. Eftersom simmaren har konstant hastighet gäller kraftjämvikt: $F_1 = F_2$, där $F_1$ är den framåtdrivande kraften och $F_2$ är den bromsande kraften.
   Simmarens hastighet i vattnet är *v* och simmaren rör armarna med hastigheten:
   $v_{\mathrm{arm}} = \frac{1,5}{1/2}\,\mathrm{m/s} = 3\ \mathrm{m/s}$
   Armarnas hastighet relativt vattnet är: $v_{\mathrm{arm}} - v$
   Kraftjämvikten ger då: $0,6 \cdot 7 \cdot v^2 = 0,8 \cdot 4 \cdot (3 - v)^2$
   vilket ger $v = \frac{3}{\sqrt{\frac{0,6 \cdot 7}{0,8 \cdot 4}} + 1} = 1,398$ m/s, och tiden för simningen.
   $t = \frac{100}{1,398}\,\mathrm{s} \approx 70\ \mathrm{s}$

   **Svar**: Det tar cirka 70 sekunder att simma 100 m frisim enligt modellen.
   *Kommentar*: Detta är en bra tid för en motionär, men en bit över världsrekordet (47 sekunder). Uppskattningarna i uppgiften är dock grova så även världsrekordet ligger troligen inom felmarginalen för uppskattningen.

5. a)
$v_0 = 1{,}83$ m/s, $s = 2{,}0$ m, $v = 0$.
Ekvationen: $v^2 - v_0{}^2 = 2as$ ger oss att $a = -0{,}837$ m/s$^2$.
Newtons andra lag med resultanten $F_\mathrm{f} = \mu mg$ ger
$\mu mg = ma$, ger att $\mu = a/g \approx 0{,}085$

**Svar**: Friktionstalet för rullmotståndet är 0,085

b)
Kraftanalys görs på bollen, både uppför och nerför. Newtons andra lag:
x: $m\,g\sin(\alpha) - F_\mathrm{f} = ma$
y: $F_\mathrm{N} - mg\cos(\alpha) = 0$
För $\alpha = 3°$ får man accelerationen uppför:
$a_\mathrm{u} = (-g\sin(\alpha) - \mu g\cos(\alpha)) = (-g\sin(3) - \mu g\cos(3)) = -1{,}35$ m/s$^2$
För $\alpha = -3°$ får man accelerationen nerför:
$a_\mathrm{n} = (-g\sin(\alpha) - \mu g\cos(\alpha)) = (g\sin(3) - \mu g\cos(3)) = -0{,}32$ m/s$^2$
För $s = 9$ m resp $s = 11$ m, samt sluthastigheten $v = 0$ m/s får man med hjälp av sambandet $v^2 - v_0{}^2 = 2as \Rightarrow v_0 = \sqrt{-2as}$ följande värden för $v_0$:
uppför: 4,93 m/s respektive 5,45 m/s och nerför: 2,40 m/s respektive 2,65 m/s

**Svar**:Intervall för hastigheter vid putt
uppför: 4,93 m/s < $v_0$ < 5,45 m/s och nerför: 2,40 m/s < $v_0$ < 2,65 m/s

6. a)
Sambandet mellan protonernas avverkade sträcka, $y$, och protonernas energi, $E$, fås av den primitiva funktionen till $-\frac{dy}{dE}$ med villkoret $y(0) = 6$ cm.
Vi får alltså $y(E) = -\frac{E^{1,8}}{1,8\cdot 280} + 6$
Energin vid inträdet, då $y = 0$, blir alltså: $E = (6 \cdot 280 \cdot 1{,}8)^{\frac{1}{1,8}} \approx 86$ MeV

**Svar**: Dåden inkommande protonens energi är 86 MeV kommer protonen precis genom tumören.

b) Energin, $E_2$, vid $y = 4$ cm fås då
$$4 = -\frac{E_2^{1,8}}{1{,}8 \cdot 280} + 6$$
$E_2 = (280 \cdot 1{,}8 \cdot 2)^{\frac{1}{1,8}} \approx 47$ MeV,
Denna energi avges i tumörcellen, vilket motsvarar $\frac{47}{86} \approx 54\%$ av protonens energi.

**Svar**: Protonen avger 54 % av sin energi i tumören.
*Kommentar*: Modellen som används för att få avgiven energi gäller bara för $E > 0{,}1$MeV men felet är försumbart, t.ex. i a): $\int_0^6 dy = \int_{0,1}^{E} \frac{E^{0,8}}{280} dE + \int_0^{0,1} 2 \cdot 10^{-3} dE$, vilket också ger $E \approx 86$MeV (endast 15ppm fel).
Läs om Skandionkliniken på: http://www.skandionkliniken.se/