



WALLENBERGS FYSIKPRIS

KVALIFICERINGSTÄVLING

28 januari 2016

SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET

LÖSNINGSFÖRSLAG KVALTÄVLINGEN 2016

1. a)

Den stora och lilla bollen faller båda 2,0 m. Energiprincipen ger hastigheten då den stora bollen slår i golvet:

$$mgh = \frac{mv^2}{2}$$
$$v_0 = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,82 \cdot 2,0} \approx 6,3 \text{ m/s}$$

Svar: 6,3 m/s

b)

Den lilla bollen rör sig också med fritt fall 2,0 m, varmed den får samma hastighet som den stora bollen.

Svar: 6,3 m/s

c)

Den stora bollen studsar elastiskt och får direkt efter studsen hastigheten v_0 riktad uppåt.

Den lilla bollen krockar med den stora med hastighet v_0 riktad nedåt. Den relativa hastigheten är $2v_0$ före stöten.

Om vi antar att stötarna är elastiska är den lilla bollens hastighet $2v_0$ i förhållande till den stora bollen även efter stöten. Om vi bortser från rekylen på den stora bollen ($M \gg m$) får den lilla bollen hastigheten $3v_0$ i förhållande till marken

Rörelseenergin omvandlas till lägesenergi:

$$mgh_1 = \frac{m(3v_0)^2}{2}$$

$h_1 = \frac{(3v_0)^2}{2g} = 9h_0 = 18 \text{ m}$. Studshöjden blir då $18+0,24 \text{ m} \approx 18 \text{ m}$ över marken, eller $18-2 \text{ m}=16 \text{ m}$ över utgångsläget.

Svar: 18 m över marken kommer den lilla bollen om stötarna är elastiska.

2. a)

$$\text{Instrålad energi mot solfångaren: } I \cdot t \cdot A = 0,9 \cdot 30 \cdot 60 \cdot 9,0 \text{ kJ} = 14580 \text{ kJ}$$

Temperaturen under första halvtimmen ökar 10° .

$$\text{Mottagen energi av vattnet i tanken: } c \cdot m \cdot \Delta T = 4,18 \cdot 310 \cdot 10 \text{ kJ} = 12960 \text{ kJ}$$

$$\text{Verkningsgraden blev då: } \frac{12960}{14580} = 0,89 = 89\%$$

Svar: Verkningsgraden är 89% första halvtimmen (13.15-13.45).

b)

Vid tiden $t = 135$ minuter får den mottagna effekten med hjälp av lutningen av $T(t)$:

$$\frac{dT}{dt} = 0,138 \text{ K/min}$$

Den mottagna effekten blir då

$$P = \frac{dE}{dt} = c \cdot m \cdot \frac{dT}{dt} = 4,18 \cdot 310 \cdot \frac{0,138}{60} \text{ kW} \approx 3 \text{ kW}$$

Svar: Mottagen effekt kl 15.30 var 3 kW.

c)

Den instrålade effekten på grund av att solen sjunkit har då minskat:

$$P_1 = P_0 \cos(34^\circ).$$

Den mot solpanelen instrålade effekten blir då:

$$P = 0,9 \cdot 9,0 \cdot \cos(34^\circ) \text{ kW} = 6,715 \text{ kW}$$

$$\text{Verkningsgraden: } \frac{2,980}{6,715} \approx 0,44$$

Svar: Verkningsgraden kl 15.30 är 44%.

3. Sträckan, $s = 2,2$ m, och tiden, $t_{\text{TOF}} = 622$ ns, som elektronerna rört sig ger elektronens hastighet:

$$v = \frac{s}{t_{\text{TOF}}} = \frac{2,2}{622 \cdot 10^{-9}} \text{ m/s} = 3,537 \cdot 10^5 \text{ m/s},$$

Energin hos en foton ger jonisation av kväveatomen samt rörelseenergi hos elektronen.

Fotonens energi ($\lambda = 24,8$ nm): $E_f = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot 2,998 \cdot 10^8}{24,8 \cdot 10^{-9} \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}}$ eV = 49,9944 eV

Elektronens rörelseenergi: $E_e = \frac{mv^2}{2} = \frac{9,109 \cdot 10^{-31} \cdot 2,2^2}{2 \cdot (622 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 1,6022 \cdot 10^{-19}}$ eV = 35,562 eV

Jonisationsenergin ges då av: $E_j = E_f - E_e = 49,994 \text{ eV} - 35,562 \text{ eV} \approx 14 \text{ eV}$

Svar: Det elektroniska tillståndet som observerades hade jonisationsenergin 14 eV.

Kommentar: Detta är den lägsta jonisationsenergin för kväve

4. I en platt spole ges magnetiska flödestätheten av:

$$B = \frac{N\mu I}{2r} \text{ där } \mu = \mu_r 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Vs/Am},$$

där μ_r är den relativa permeabiliteten (minst 200 för järn, men upp till 2000).

Strömmen avtar snabbt med konstant derivata $\frac{di}{dt} = 4200 \text{ A/s}$ enligt den förenklade figuren fås med $N_1 = 40$ varv och $r = 5 \text{ cm}$. Detta ger en ändring i det magnetiska flödet:

$$\frac{d\Phi}{dt} = \pi r^2 \frac{dB}{dt} = \pi r^2 N_1 \mu \frac{1}{2r} \frac{di}{dt} = \pi r N_1 \mu \frac{1}{2} \frac{di}{dt} =$$

$$= \pi \cdot 0,05 \cdot 40 \cdot (4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot 200) \frac{1}{2} \cdot 4200 \text{ Wb/s} = 3,316 \text{ Wb/s}$$

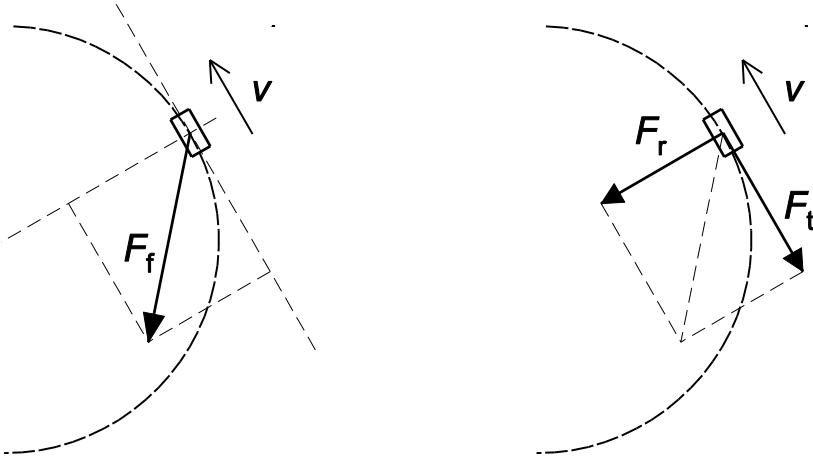
Antag att det är samma magnetiska flöde på primär och sekundärsidan. Då kommer det att induceras en spänning på sekundärsidan, $N_2 = 1000$ varv:

$$e = N_2 \frac{d\Phi}{dt} = 3,316 \text{ kV}$$

Detta ger fältstyrkan: $E = \frac{e}{d} = \frac{3,316}{0,5} \text{ MV/m} \approx 7 \text{ MV/m}$

Svar: Fältstyrkan i tändstiftet blir 7 MV/m Det borde blivit en gnista!

5. Friktionskraften från vägen på bilen, F_f , är riktad enligt bilden till vänster nedan.



Denna krafts verkan är både att bromsa bilen och verka som centripetalkraft i kurvan. Storleken på kraften ges av fullt utbildad friktion $F_f = \mu mg$, där m är bilens massa.

Komposanterna (bilden till höger) ges enligt:

En komposant bromsar farten i banan (tangentiell): $F_t = 0,75 \cdot \mu mg$

En komposant gör att bilen svänger (radiell): $F_r = \frac{mv^2}{r}$

Pythagoras sats: $F_f^2 = F_t^2 + F_r^2$

Insättning och förenkling:

$$v = \sqrt{\mu gr \sqrt{1 - 0,75^2}} = \sqrt{\mu gr \sqrt{7/16}} = \sqrt{0,5 \cdot 9,82 \cdot 40 \sqrt{7/16}} \text{ m/s} \approx 11 \text{ m/s}$$

Svar: Farten i banan får inte vara större än 11m/s (41km/h).

Att jämföra med hastigheten man kan ha utan att bromsa $v = \sqrt{\mu gr} = 50 \text{ km/h}$. Om man körs med hastigheten 50 km/h går det alltså bra så länge man inte bromsar.

6. a)

Vid jämvikt $F_L - mg = 0$. $F_L = \rho g V_0$ är lyftkraften, där V_0 är bollens volym.

Trycket vid jämvikt är p_0 . Vid en liten förflyttning uppåt minskar trycket $\rho g \Delta x$

Volymen ökar då enligt Boyles lag, $(p_0 - \rho g \Delta x)V = p_0 V_0$,

$$\text{vilket ger volymen efter förflyttningen: } V = \frac{p_0 V_0}{p_0 - \rho g \Delta x}$$

Den resulterande kraften (positiv riktning uppåt):

$$F_R = F_L - mg = \rho g \frac{p_0 V_0}{p_0 - \rho g \Delta x} - mg$$

$$F_R = \rho g V_0 \left(\frac{p_0}{p_0 - \rho g \Delta x} - 1 \right) > 0$$

$$\text{Om } \Delta x < 0 \text{ får vi: } F_R = \rho g V_0 \left(\frac{p_0}{p_0 + \rho g |\Delta x|} - 1 \right) < 0$$

Kraftresultanten har i båda fallen samma riktning som förflyttningen, vilket ger en *instabil* jämvikt.

Svar: Den resulterande kraften är $F_R = \rho g \frac{p_0 V_0}{p_0 - \rho g \Delta x} - mg$.

$F_R > 0$ för $\Delta x > 0$ och $F_R < 0$ för $\Delta x < 0$ ger *instabil* jämvikt.

b)

De samband som gäller för bollarna då snöret är sträckt, $F_T \neq 0$ är spänkkraften i tråden. Index 1 hänvisar till den övre bollen, index 2 till den nedre och index v till vätskan:

Kraftjämvikt för den övre bollen: $F_{L1} - F_T = mg$

vilket ger $\rho_v g V_1 > \rho_1 g V_1$.

Det första villkoret: $\rho_1 < \rho_v$ (den övre bollens densitet är lägre än vattnets).

Kraftjämvikt för den nedre bollen: $F_{L2} + F_T = mg$

vilket ger $\rho_v g V_2 < \rho_2 g V_2$.

Det andra villkoret: $\rho_2 > \rho_v$ (den nedre bollens densitet är större än vattnets)

Kraftjämvikt för systemet med båda bollarna: $F_{L1} + F_{L2} = 2mg$,

vilket ger:

$$\rho_v g V_1 + \rho_v g V_2 = 2mg$$

$$V_1 + V_2 = \frac{2m}{\rho_v}$$

$$\frac{m}{\rho_1} + \frac{m}{\rho_2} = \frac{2m}{\rho_v}$$

$$\text{vilket är det tredje villkoret: } \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} = \frac{2}{\rho_v}$$

eller $\rho_v = \frac{2\rho_1\rho_2}{\rho_1 + \rho_2}$ (medeldensiteten för bollarna är samma som densiteten förvattnet).

Svar: De tre villkoren för bollarnas densiteter är $\rho_1 < \rho_v$, $\rho_2 > \rho_v$ och $\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} = \frac{2}{\rho_v}$.