KVALIFICERINGS- OCH LAGTÄVLING

SKOLORNAS FYSIKTÄVLING 9 februari 1995

SVENSKA DAGBLADET **SVENSKA FYSIKERSAMFUNDET**

LÖSNINGSFÖRSLAG

1. För att upphetta 1 kg vatten från 20 ˚C till 100 ˚C åtgår en energi av

$$4,2\cdot 10^3\cdot 1\cdot 80\text{ J} = 336\text{ kJ}$$

Den tillförda energin är

$$1,5\cdot 10^3\cdot 5\cdot 60\text{ J} = 450\text{ kJ}$$

Medeleffektförlusten är alltså

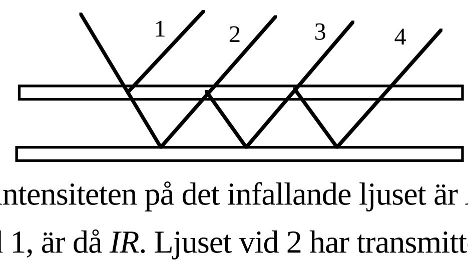
$$(450-336)/(5\cdot 60)\text{ kW} = 0,38\text{ kW}$$

En del energi åtgår för att värma upp själva kastrullen men denna kan man uppskatta och den blir ganska liten. Större delen av energiförlusten sker till omgivningen. Denna energiförlust blir större ju större temperaturskillnaden med omgivningen är. Effektförlusten vid 100 ˚C är därför möjligen dubbelt så stor som medeleffektförlusten eller kanske något mindre eftersom kastrullen nu inte behöver värmas upp. En rimlig uppskattning kan vara att effektförlusterna är runt 0,5 - 0,6 kW , då blir den tillförda effekten vid kokningen cirka 0,9 kW. Detta ger en tid för att förånga vattnet helt som är

$$t = \frac{c_å\cdot m}{P} \approx \frac{2,26\cdot 10^6\cdot 1}{0,9\cdot 10^3}\text{ s} = 2500\text{ s} \approx 40\text{ minuter}$$

En verklig mätning gav 37 minuter vilket innebär att förlusterna något har överskattats.

2.



Anta att intensiteten på det infallande ljuset är *I*. Intensiteten på det ljus som reflekterats en gång, vid 1, är då *IR*. Ljuset vid 2 har transmitterats en gång, reflekterats en gång och sedan transmitterats ytterligare en gång. Dess intensitet är därför *ITRT*. Intensiteten vid 3 blir *ITRRRT* och vid 4 *ITRRRRRT* osv. Den totala intensiteten ges därför av

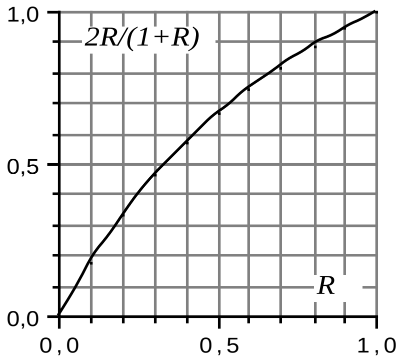
$$IR + ITRT + ITRRRT + ITRRRRRT + \ldots =$$

$$IR + IT^2\left[R + R^3 + R^5 + \ldots\right]$$

Summerar vi den geometriska serien får vi

$$IR + IT^2 \frac{R}{1-R^2} = IR\frac{1-R^2+(1-R)^2}{1-R^2} = IR\frac{2(1-R)}{1-R^2} = I\frac{2R}{1+R}$$

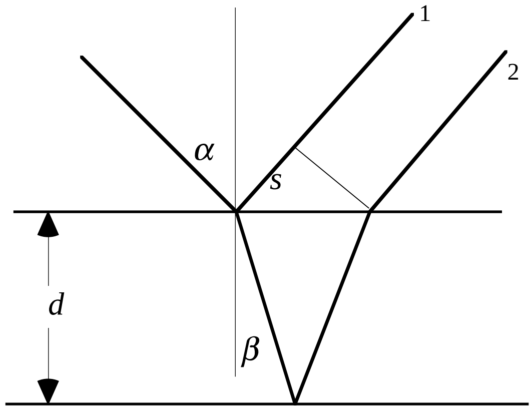
Grafen nedan visar den totala reflektansen



Två lager papper reflekterar bättre än ett lager. En intelligent gissning är att när antalet lager ökar kommer kurvan att stiga all brantare från noll och all mer närma sig den horisontella linjen 1,0.

3. "Stjärnan" måste vara en planet. Eftersom den befinner sig väsentligen mitt emot solen på stjärnhimlen måste den vara en yttre planet. Vi har alltså att välja på Mars, Jupiter eller Saturnus. Eftersom planeten efter ett år går upp två timmar senare har den sedd från jorden flyttat sig 30˚ under ett år. Mars har en omloppstid på omkring två år. Om den stod mitt emot solen för ett år sedan står den alltså nära solen ett år senare.Återstår Jupiter och Saturnus. Saturnus har en omloppstid på 30 år dvs flyttar sig 12˚ på ett år runt solen. Dess avstånd från jorden är som närmast 8,5 gånger avståndet jorden-solen. Sedd från jorden kommer den då att röra sig något mer än 12˚ på himlen under ett år. Jupiters omloppstid är cirka 12 år och dess närmaste avstånd från jorden är 4,2 gånger avståndet jorden-solen. Sedd från jorden kommer den då under ett år att flytta sig något mer än 30˚ på himlen vilket stämmer med texten i uppgiften. Jupiter har ett medelavstånd från solen av 5,2 gånger avståndet jorden-solen.

4.



Vi har

$$\sin\alpha = n\sin\beta$$

Optisk väglängd för stråle 2 blir

$$2n\frac{d}{\cos\beta} = 2nd\frac{1}{\sqrt{1-\sin^2\beta}} = \frac{2n^2 d}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}$$

Optisk väglängd för stråle 1 blir

$$s = 2d\tan\beta\sin\alpha = \frac{2d\sin^2\alpha}{n\cos\beta} = \frac{2d\sin^2\alpha}{n\sqrt{1-\sin^2\beta}} = \frac{2d\sin^2\alpha}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}$$

Vid stråle 1:s reflektion mot ett tätare medium får man en extra vägskillnad på $\lambda/2$. De våglängder som släcks ut skall därför uppfylla

$$\frac{2n^2 d}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}} - \frac{2d\sin^2\alpha}{\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}} = 2d\sqrt{n^2-\sin^2\alpha} = p\lambda, \quad p \text{ heltal}$$

Våglängderna uppfyller

$$\lambda = \frac{2d\sqrt{n^2-\sin^2\alpha}}{p} = \frac{1298[\mathrm{nm}]}{p}$$

För p = 2 och 3 får vi våglängder inom det synliga området och respektive våglängder blir 650 (rött) och 432 nm (blått). Det reflekterade ljuset kommer att se gulgrönt ut.

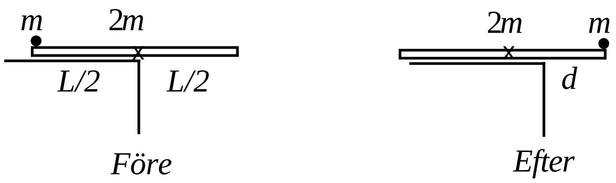
5. Vi antar att glaset i flaskan är någon millimeter tjockt vilket är avståndet d mellan kondensatorplattorna. "Plattarean" , A , i kondensatorn är ungefär handens area d v s omkring 10^{-2} m^2. Glas har enligt tabell ett dielektricitetstal på omkring 7. Vi använder sambandet

$$C = \varepsilon_r\varepsilon_0\frac{A}{d} = 7\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\,\frac{10^{-2}}{10^{-3}}\ \mathrm{F} = 600\ \mathrm{pF}$$

Energiinnehållet ges av

$$\tfrac{1}{2}CV^2 \approx \tfrac{1}{2}600\cdot 10^{-12}\cdot 10^{8} = 30\ \mathrm{mJ}$$

6. Eftersom det inte är någon friktion mellan röret och bordet kommer masscentrum att ligga stilla. Kalla flugans massa för *m*. Vi använder beteckningar enligt figuren



Vi lägger ett koordinatsystem utefter bordet med positiv riktning åt höger. Masscentrums koordinat ges då av

$$x = \frac{2m \cdot 0 + m\left(-\frac{L}{2}\right)}{2m + m} = -\frac{L}{6}$$

Masscentrum flyttar sig inte. Detta ger om vi räknar på sluttillståndet

$$\frac{2m\left(-\frac{L}{2} + d\right) + md}{2m + m} = -\frac{L}{6} \text{ eller } d = \frac{L}{6}$$

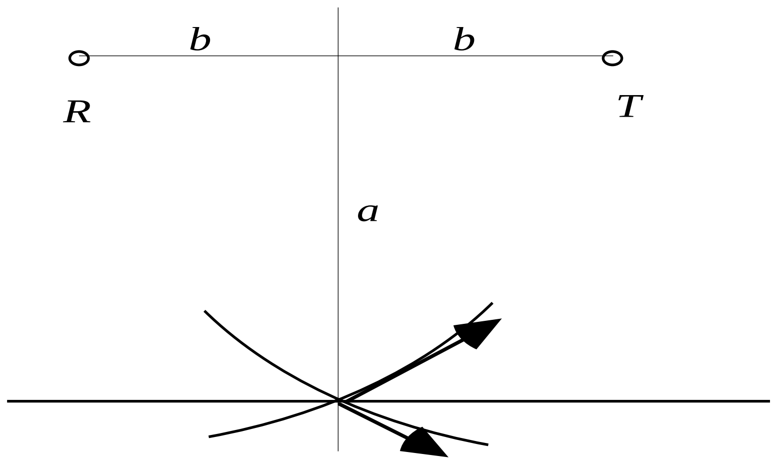
Anta att den nya flugans massa är $a \cdot m$.

Gränsillkoret för att röret precis tippar är då att vridmomenten med avseende på bordskanten är i jämvikt

$$3m\frac{L}{6} = am\frac{L}{6}$$

Detta ger $a = 3$ dvs den andra flugans massa kan högst vara 3 gånger den första flugans.

7. Beteckningar enligt figur. *S*-ledningen ger ingen vertikal magnetfältskomponent. För de två andra får man vardera en komponent som är riktad snett relativt marken. Se figur!



De vertikala komponenterna räknade positiva uppåt blir respektive

$$B_R = \quad \frac{\mu_0 I_0 \sin(\omega t + 2\pi/3)}{2\pi\sqrt{a^2+b^2}} \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} = \frac{\mu_0 I_0 \sin(\omega t + 2\pi/3)}{2\pi} \frac{b}{a^2+b^2}$$

$$B_T = \quad -\frac{\mu_0 I_0 \sin(\omega t - 2\pi/3)}{2\pi\sqrt{a^2+b^2}} \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} = -\frac{\mu_0 I_0 \sin(\omega t - 2\pi/3)}{2\pi} \frac{b}{a^2+b^2}$$

Addera och utveckla sinustermerna

$$B = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{b}{a^2+b^2} \left(\sin(\omega t + 2\pi/3) - \sin(\omega t - 2\pi/3)\right) =$$

$$\frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{b}{a^2+b^2} \left(\sin\omega t \cdot \cos\frac{2\pi}{3} + \cos\omega t \cdot \sin\frac{2\pi}{3} - \sin\omega t \cdot \cos\frac{2\pi}{3} + \cos\omega t \cdot \sin\frac{2\pi}{3} \right) =$$

$$\frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{b}{a^2+b^2} 2\cos\omega t \cdot \sin\frac{2\pi}{3} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{b}{a^2+b^2} 2 \cdot \cos\omega t \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{\sqrt{3}b}{a^2+b^2} \cos\omega t$$

Magnetfältets amplitud blir alltså

$$\frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{\sqrt{3}b}{a^2+b^2} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1{,}3 \cdot 10^3}{2\pi} \frac{\sqrt{3} \cdot 9{,}0}{11{,}5^2 + 9{,}0^2} T \approx 19 \mu T$$

Den horisontella komponenten kan beräknas på liknande sätt. Den blir mycket mindre.

8. Anta att i jämvikt trycket i flaskan är p och att volymen under proppen är V. Om volymen ändras till $V + \Delta V$ så blir trycket $p + \Delta p$. Boyles lag ger då

$$p \cdot V = (p + \Delta p) \cdot (V + \Delta V) = p \cdot V + p \cdot \Delta V + V \cdot \Delta p + \Delta p \cdot \Delta V$$

Vi försummar den sista termen som är en produkt av två små storheter. Detta ger

$$\Delta p = -\frac{p \cdot \Delta V}{V}$$

Kraften på proppen blir då $F = -\frac{p \cdot \Delta V \cdot A}{V}$ där A är proppens tvärsnittsarea.

Vidare är ju $\Delta V = A \cdot \Delta x$ där Δx är proppens förflyttning.

Detta ger $F = -\frac{p \cdot A^2}{V} \Delta x$ dvs en "fjäderkonstant" $k = \frac{p \cdot A^2}{V}$

Proppens massa är $m = \rho \cdot A \cdot l$, l är proppens längd och ρ luftens densitet.

Vibrationsfrekvensen blir då

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{pA}{\rho l V}} \approx \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{10^5 \cdot \pi\left(9 \cdot 10^{-3}\right)^2}{1{,}3 \cdot 8 \cdot 10^{-2} \cdot 0{,}75 \cdot 10^{-3}}}\,\text{Hz} \approx 90 \text{ Hz}$$

Experimentellt finner man att frekvensen blir något högre (ungefär 110 Hz) vilket beror på att modellen med Boyles lag inte är korrekt. I stället bör man använda att sambandet mellan tryck ock volym är adiabatiskt dvs $p \cdot V^\gamma =$ konstant med $\gamma = 1{,}4$ vilket medför att frekvensen ovan multipliceras med roten ur 1,4. Detta ger mycket god överenstämmelse med det experimentella värdet.