Chalmers
Fysik och Teknisk Fysik

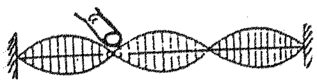
2001-10-23
kl 08.45-12.45

Tentamen i Fysik 1 för E2 FFY141

Lärare: Åke Fäldt, tel 772 3349
Hjälpmedel: Physics Handbook, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell. Valfri kalkylator och ett A4-blad med egenhändigt framställda anteckningar.
Rättning: Protokollet anslås senast 01-11-05
Granskning: 2001-11-05 kl 11.25-12.30 i HC1.
Betyg: 3:a 10-14 p, 4:a 15-19 p, 5.a 20-24 p. Slutbetyget i Fysik ges av medelvärdet av resultaten på de två delkurserna 1 & 2.

INFÖRDA BETECKNINGAR SKALL FÖRKLARAS OCH UPPSTÄLLDA EKVATIONER MOTIVERAS. RITA TYDLIGA FIGURER TILL VARJE PROBLEM.

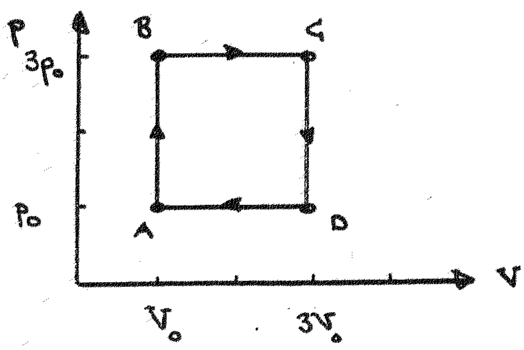
1. När man slår an en sträng på ett stränginstrument uppstår som bekant stående vågor. Genom ytterligare påverkan av strängen kan man styra vilka av de möjliga stående vågorna som skall höras bäst. Detta kan utnyttjas t ex när man stämmer en fiol.
En lätt beröring av en viss sträng exempelvis en tredjedel in på den gör att strängen svänger med tre bukar (se figuren nedan).
Om en sträng (vi kallar den y-strängen) fås att svänga med tre bukar (y-strängens andra överton) och en annan sträng (x-strängen) på motsvarande sätt fås att svänga med två bukar (x-strängens första överton) så ger de båda strängarna samma ton. y-strängens grundton har en frekvens som är 660 Hz. Hur stor är då frekvensen för x-strängens grundton? (4 p)



2. a. Elektronen i en väteatom beskrivs i grundtillståndet av en vågfunktion som är proportionell mot exp(-r/a), där r är avståndet till kärnan och a är Bohrradien. Beräkna på vilket avstånd från kärnan det är som störst sannolikhet att finna elektronen. (2 p)

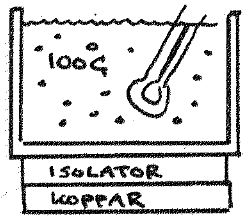
b. Använd Bohrmodellen för att beräkna våglängden hos det ljus som utsänds då en väteatom övergår från tillståndet n = 8 till ett sluttillstånd som innebär att radien för elektronbanan är minskar till en fjärdedel. (2 p)

3. En enatomig gas med idealt uppförande genomlöper en kretsprocess som beskrivs i figuren nedan. Bestäm termiska verkningsgraden. (4 p)

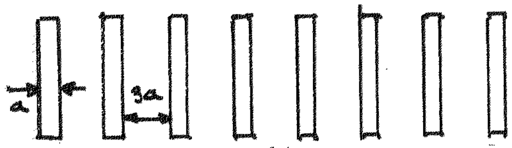


VG VÄND!

4. Fitchs metod att bestämma värmeledningsförmågan hos isolatorer illustreras i figuren nedan. Med hjälp av en doppvärmare kokas vatten i en kastrull med tunn planslipad botten. Temperaturen i hela vattenvolymen är 100 grader Celsius. Isolatorn, vars värmeledningsförmåga skall bestämmas, är planparallell och placerad på en kopparskiva. När experimentet börjar har kopparskivan rumstemperatur. Kastrullen ställs på isolatorn varefter kopparskivans temperatur registreras. Under en del av förloppet stiger temperaturen approximativt linjärt med tiden och man registrerade då en ökning av kopparplattans temperatur från 29 till 31 grader Celsius på 1,0 s.
Kopparplattan har tjockleken 5,0 mm medan isolatorplattan är 6,0 mm tjock. Specifikt värme respektive densitet för koppar är 390 J/kg K och 8930 kg/kubikmeter.
Bestäm isolatorplattans värmeledningsförmåga. Bortse från randeffekter. (4 p)



5. I figuren nedan visas ett transmissionsgitter som består av ett 8 aperturer. Detta belyses med monokromatiskt ljus med en våglängd som är 20% av aperturbredden a. Mellan aperturerna finns ett ogenomskinligt mellanrum vars bredd är 3a. I vertikal led har aperturerna mycket stor utsträckning. Rita en tydlig figur som visar hur intensiteten, på stort avstånd från gittret, varierar som funktion av vinkeln mot normalen. Tag hänsyn till såväl interferens som diffraktion. Ange hur styrkan av huvudmaxima varierar. När det gäller sekundära maxima och minima räcker det att ange vinklar. (4 p)



6. En elektron som befinner sig i grundtillståndet är bunden till en kubformig tredimensionell potentiallåda med mycket höga potentialväggar. Inuti kuben, som har en kantlängd a, är potentialen konstant. Om vi belyser lådan med vitt ljus (dvs elektromagnetisk strålning innehållande alla våglängder) kommer vissa våglängder att kunna absorberas.
Om vi låter en av lådans kantlängder öka (dvs kuben får bli en rätvinklig låda med måtten a, a och a(1+x)) kommer absorptionsspektrum att ändras. Hur stor skall ändringen av kantlängden vara för att den längsta våglängd som kan absorberas av potentiallådan skall öka med 25%? (Beräkna alltså ett värde på den relativa ändringen av kantlängden x och betrakta endast excitationer från grundtillståndet.) (4p)

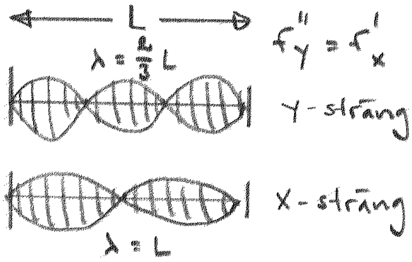
7. lämnat in lösningar på minst fyra av årets 5 inlämningsuppgifter.

8. Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som motsvarar uppgift 8 om du i år har gjort samtliga tre laborationer (O2, T4 och A4) som tillhör Fysik del 1.

9. Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som motsvarar uppgift 7 om du Sätt ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som motsvarar uppgift 9 och skriv din namnteckning till höger om rutan om du godkänner att ditt tentamensresultat (identifierat hed hjälp av din kod) läggs ut på nätet.

Lösningar till FYSIK del 1 för E2, 2001-10-23

(1)



$f_y'' = f_x'$

$v = f \cdot \lambda$

$$Y: \quad v_y = f_y'' \cdot \frac{2}{3}L = f_y^0 \cdot 2L$$

$$\Rightarrow f_y'' = 3f_y^0$$

$$X: \quad v_x = f_x' \cdot L = f_x^0 \cdot 2L$$

$$\Rightarrow f_x' = 2f_x^0$$

$$f_y'' = f_x' \Rightarrow 3f_y^0 = 2f_x^0$$

$$\therefore f_x^0 = \frac{3}{2}f_y^0 = \frac{3}{2}660 = \underline{\underline{990\,\text{Hz}}}$$

(2)

$$\Psi = c \cdot e^{-r/a} \Rightarrow |\Psi|^2 = c^2 \cdot e^{-2r/a}$$

a) Sannolikheten att finna el. på avst. r från kärnan ges av $dP = |\Psi|^2 \cdot 4\pi r^2 \cdot dr$

Maximal sannolikhet då:

$$\frac{d}{dr}\left(r^2 e^{-2r/a}\right) = 0 \Rightarrow 2re^{-2r/a}\left(1 - \frac{r}{a}\right) = 0$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{r = a}}$$

b) Bohrmodellen för väte: $E_n = -13{,}6\frac{1}{n^2}\,\text{eV}$

$r_n = n^2 \cdot 0{,}53\,\text{Å}$

Begynnelsetillstånd: $n_i = 8 \Rightarrow E_8 = -\frac{1}{8^2} \cdot 13{,}6\,\text{eV}$

$r_8 = 8^2 \cdot 0{,}53\,\text{Å}$

Sluttillstånd: $r_f = \frac{1}{4}r_8 = \frac{64}{4}0{,}53 =$

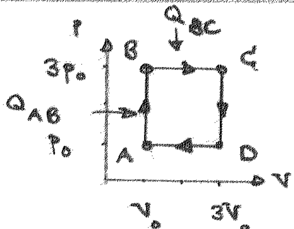
$= 16 \cdot 0{,}53\,\text{Å} \Rightarrow n_f = 4$

$\Rightarrow E_4 = -\frac{1}{4^2} \cdot 13{,}6\,\text{eV}$

$\frac{hc}{\lambda} = (E_8 - E_4) \Rightarrow \underline{\underline{\lambda = 1{,}95\,\mu\text{m}}}$

(3)

$$\eta = \frac{W_{netto}}{Q_{tillf}}$$



$C_V = \frac{3}{2}R \quad C_p = \frac{5}{2}R$

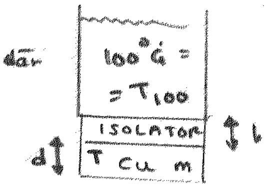
$$W_{netto} = W_{BC} + W_{DA} = 3p_0(3V_0 - V_0) + p_0(V_0 - 3V_0) = 4p_0V_0 = 4n'RT_A$$

$$Q_{tillf} = Q_{AB} + Q_{BC} = n'C_V(T_B - T_A) + n'C_p(T_C - T_B) = n'R\left(\frac{3}{2}2T_A + \frac{5}{2}6T_A\right) = n'R\,18\,T_A$$

$$\therefore \eta = \frac{4n'RT_A}{18n'RT_A} = \underline{\underline{0{,}22}}$$

(4)

För att höja Cu-blockets temp med dT åtgår dQ där



$dQ = m \cdot c \cdot dT =$

$= \rho \cdot d \cdot S \cdot dT$

Värmetransporten genom isolatorn bestäms av

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot S\frac{T_{100} - T}{l}$$

S är isolat. och Cu-block area.

T = Cu-blockets temp.

$$\frac{dQ}{dt} = \rho \cdot d \cdot S\frac{dT}{dt} = \lambda \cdot S\frac{T_{100} - T}{l}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{d \cdot \rho \cdot c\frac{dT}{dt} \cdot l}{(T_{100} - T)}$$

När $T = 30°C$ är $\frac{dT}{dt} = 2\,\text{K/s}$

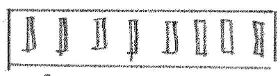
$T_{100} - T = 70\,\text{K}$

$\Rightarrow \underline{\underline{\lambda = 3{,}0\,\text{W/m}\cdot\text{K}}}$

(5)

$\lambda = 0{,}2a$

Ur fig:



8 aperturer

gitterkonst: 4a

spaltbred: a

Huvudmax: $4a \cdot \sin\theta = n\lambda = n(0{,}2a)$

$n = 0, 1, 2, \ldots$

$\Rightarrow \theta = \arcsin\left(n\frac{0{,}2}{4}\right)$

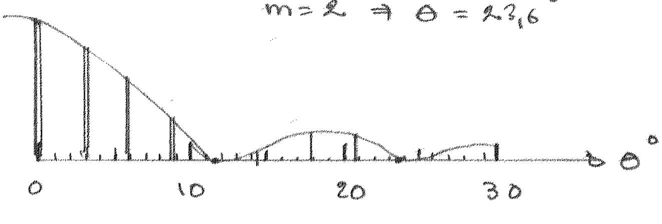
$\Rightarrow \theta = 0°, 2{,}9°, 5{,}7°, 8{,}6°, 11{,}5°, 14{,}5°, 17{,}5°, 20{,}5°, 23{,}6°, 26{,}7°, 30°$

mellan två huvudmaxima finns 6 sek. max och 7 minima. Dela vinkelavst i 7 delar!

Diffr. villkor för min: $a \cdot \sin\theta = m\lambda = m \cdot 0{,}2a$

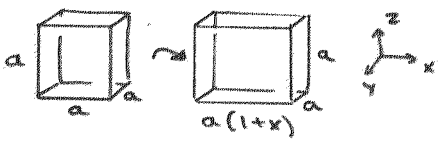
$m = 1 \Rightarrow \theta = 11{,}5°$

$m = 2 \Rightarrow \theta = 23{,}6°$



(6)

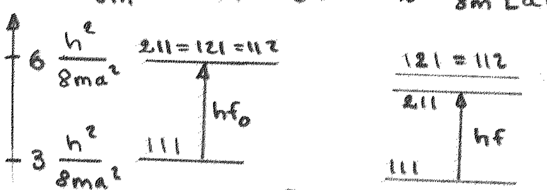
$$E = \frac{\hbar^2}{2m}k^2$$



Tillåtna tillstånd

$$\begin{cases} k_x = n_x\frac{\pi}{a} \\ k_y = n_y\frac{\pi}{a} \\ k_z = n_z\frac{\pi}{a} \end{cases} \sim \begin{cases} k_x' = n_x\frac{\pi}{a(1+x)} \\ k_y = n_y\frac{\pi}{a} \\ k_z = n_y\frac{\pi}{a} \end{cases}$$

$$E_k = \frac{h^2}{8m}(n_x^2 + n_y^2 + n_z^2) \qquad E_k' = \frac{h^2}{8m}\left[\frac{n_x^2}{a^2(1+x)^2} + \frac{n_y^2}{a^2} + \frac{n_z^2}{a^2}\right]$$



$$hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0} = 3\frac{h^2}{8ma^2} \qquad hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{h^2}{8ma^2}\frac{1}{(1+x)^2}$$

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0}\frac{1}{(1+x)^2} \Rightarrow (1+x)^2 = \lambda/\lambda_0 = 1{,}25 \Rightarrow \underline{\underline{x = 12\%}}$$