CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för Teknisk Fysik

2015-06-05
kl.:08^{30}-12^{30}
Sal : M

Tentamen i **FYSIK K/E (FFY401)**

Examinator: Stig-Åke Lindgren, tel 7723346
Åke Fäldt, tel 7723349

Hjälpmedel: Valfri kalkylator (tömt på för kursen relevant minnesinnehåll), Beta, Physics Handbook, TEFYMA eller motsvarande gymnasietabell samt ett A4- blad med egenhändigt framställda anteckningar

Betygsgränser: 10p, 15p och 20p för 3:a, 4:a och 5:a respektive

---

OBS! 7. Ange om Du gjorde duggan under innevarande läsperiod genom att sätta ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som motsvarar uppgift 7. Skriv också ut "gjort duggan" till höger om krysset. Om Du inget skriver kan du komma att missa eventuella bonuspoäng.

OBS! 8. Ange om Du är godkänd (i år eller tidigare år) på diffraktionslabben genom att sätta ett kryss i den ruta på tentamensomslaget som motsvarar uppgift 8. Skriv också ut till höger om krysset "gjort labben år 20xx". Om du inget skriver finns risk att momentet inte kommer att registreras.

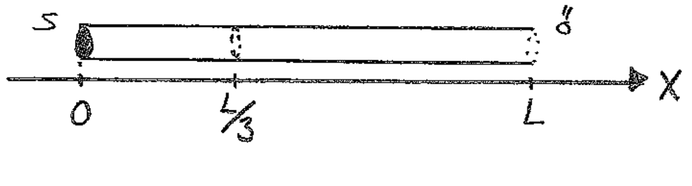
1. Som bekant kan man få resonanssvängningar (stående vågor) med vissa frekvenser i ett smalt rör fyllt med luft. Frekvenserna bestäms av faktorer som lufttemperatur, rörlängd och hur det ser ut i rörets ändar (tex om röret är öppet i båda ändar eller slutet (= igenkorkat) i ena änden).

Figuren nedan visar ett visst rör med längden L som är slutet i ena änden (vid x= 0) och öppet i den andra (vid x= L). Röret fås att ljuda med först grundtonen och sedan 1:a övertonen. Amplituden, A, vid den öppna änden är densamma för båda resonanssvängningarna.

a) Skissa i var sin figur hur luftmolekylernas elongationer ser ut vid några olika tidpunkter för de båda stående vågorna. Ange också den matematiska funktion, s(x,t) , som beskriver luftmolekylernas elongation som funktion av x och t för de två stående vågorna. Tänk på att funktionen skall återspegla randvillkoren som gäller vid rörets ändar (sluten och öppen vid x= 0 respektive x= L).

b) Betrakta nu de luftmolekyler som befinner sig vid en tredjedels rörlängd från den öppna änden (x= L/3 i figuren) och där svänger fram och tillbaka. Hur mycket ändras den maximala elongationen för dessa molekyler när frekvensen ändras från grundtonen till 1a övertonen? Besvara frågan genom att ange kvoten mellan maximala elongationerna (1:a övertonens dividerat med grundtonens).

c) Hur mycket ändras den maximala hastigheten för de svängande luftmolekylerna vid x= L/3 då tonen ändras? Besvara frågan genom att ange kvoten mellan de maximala hastigheterna (1:a övertonens dividerat med grundtonens). (4p)



2. Figuren nedan visar schematiskt (ej skalenligt alls i något avseende) ett gitter med blott fem spalter träffas av vinkelrätt infallande monokromatiskt ljus med våglängd λ och där ett utgående och i praktiken parallellt knippe av ljusstrålar (avböjningsvinkel θ) får mötas och interferera i en punkt P på en avlägsen bildskärm. Spaltbredden b är exakt en tredjedel av gitterkonstanten d.

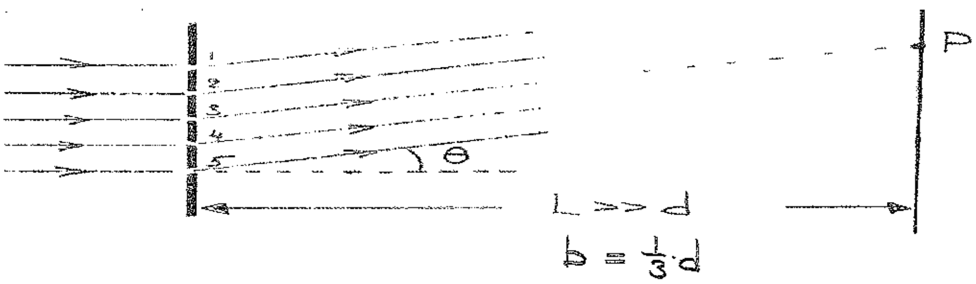
Om de tre understa spalterna blockeras och endast de båda översta strålarna således får interferera visar det sig att ljusintensiteten i punkten P blir noll. Inspektion av det karakteristiska dubbelspaltmönstret avslöjar också att punkten P råkar ligga i det första ljusminimumet räknat från det kraftiga maximumet som uppmäts rakt fram. För fallet med endast de två översta spalterna öppna uppmäts intensiteten rakt fram ($\theta = 0°$) till 8,0 W/m^2.

a) Hur hög blir intensiteten rakt fram när alla fem spalterna är öppna?

b) Hur hög är intensiteten i 1:a ordningens principalmaximum när alla fem spalterna är öppna?

c) Hur hög är intensiteten i punkten P när alla fem spalterna är öppna?

(4p)



3. Den endimensionella potentiallådan tjänar som en grov modell av rörelsemönstret för en lättrörlig elektron i ett långsmalt nanorör. Elektronen kan röra sig helt utan motstånd och elastiskt studsa fram och tillbaka mellan rörets båda ändar.

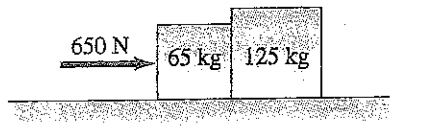
Betrakta ett fall där elektronen är i ett exciterat tillstånd som kännetecknas av att sannolikhetstätheten varierar så att det finns totalt 4 stycken maximum i röret med längd L. Antag vidare att genom en tvärsnittsyta belägen vid rörets mittpunkt passerar elektronen tusen miljarder gånger i sekunden från vänster till höger och lika många gånger (dvs $1{,}00 \cdot 10^{12}$ ggr/s) från höger till vänster.

a) Hur många gånger skulle elektronen passera tvärsnittsytan vid rörets mittpunkt från vänster till höger om elektronen hade varit i sitt grundtillstånd? (här räcker en kort motivering och så ett svar) (1p)

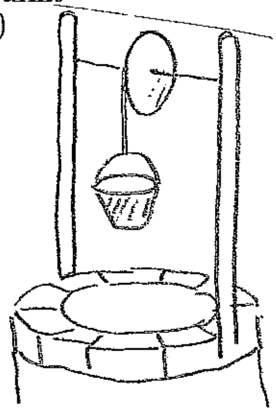
b) Hur långt är röret? Tag först fram ett bokstavsuttryck L=..... innan du sedan stoppar in värden på naturkonstanter och annat för att beräkna ett numeriskt värde på L uttryckt i nm.
Anm. Utan ett korrekt bokstavsuttyck och om numeriska svaret är felaktigt kan det lätt bli att alla poäng på uppgiften ryker. (3p)

4. a. Två astronauter, en med massan 65 kg och en med massan 85 kg, är ursprungligen i vila i yttre rymden. De knuffar iväg varandra. Hur stort är avståndet mellan dem när den lättare av dem har flyttat sig 12 m? (2 p)

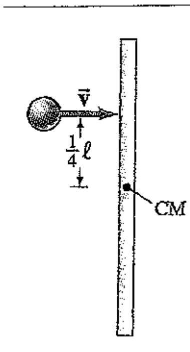
   b. Två lådor med egenskaper enligt figuren utsätts för en horisontell yttre kraft F, vars belopp är 650 N. Beräkna beloppet av kontaktkraften P mellan de båda blocken om vi vet att den kinetiska friktionskoefficienten mellan blockens undersida och det horisontella underlaget är 0,18. (2 p)



5. Hissanordningen i en brunn består av en homogen skiva med radien 33,0 cm och massan 4,00 kg. I det, i stort sett masslösa, snöre som går ner i brunnen hänger en hink med massan 1,53 kg. Friktionen i den axel som skivan hänger i skapar ett bromsande vridande moment som är 1,1 Nm. När man släpper hinken utan att hålla i axeln kommer den att färdas neråt. Hur stor är dess fart när den kommer ned till vattenytan i botten på brunnen om avståndet mellan hinkens startpunkt och vattenytan är 8 meter? (4 p)



6. Bilden visar en tunn pinne med massan 2,0 kg och längden 4,0 meter som ursprungligen vilar på en horisontell och friktionslös yta. Den träffas i den punkt som visas i figuren av en liten lerklump vars massa är 50 g och som har en hastighet med beloppet 10 m/s och en riktning som är vinkelrät mot pinnens längdriktning. Lerklumpen fastnar på pinnen och de börjar beskriva en rörelse som är en kombination av translations- och rotationsrörelse. Hur många varv har systemet pinne + lerklump roterat när systemets tyngdpunkt har flyttat sig 3,0 m. Eftersom massan hos lerklumpen är liten i förhållande till pinnens är det tillåtet att göra approximationen att systemet roterar runt pinnens tyngdpunkt. (4 p)



Lösn. förslag Fysik KE (FFY401), 2015-06-05

1. Stående våg: $s(x,t) = A\sin(kx+\alpha)\cdot\sin(\omega t)$

Här en nod i $x=0 \Rightarrow \alpha = 0$; $\omega_n = 2\pi f_n$ där $\begin{cases} f_n = (2n-1)\cdot\frac{v}{4L} \\ k_n = \frac{2\pi}{\lambda_n} = \frac{2\pi}{4L}\cdot(2n-1) \end{cases}$

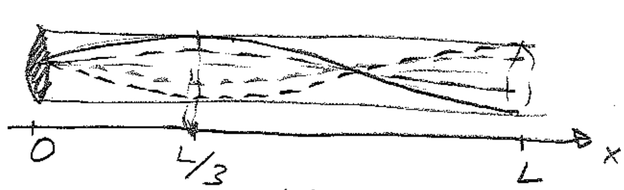
a) grundtonen, $n=1$

$\lambda_1 = 4L$; $k_1 = \frac{\pi}{2L}$; $\omega_1 = \frac{\pi v}{2L}$

$S_{n=1}(x,t) = A\sin\left(\frac{\pi}{2L}\cdot x\right)\cdot\sin\left(\frac{\pi v}{2L}t\right)$

b) 1:a övertonen, $n=2$

$\lambda_2 = \frac{4L}{3}$; $k_2 = \frac{\pi}{2L}\cdot 3$; $\omega_2 = \frac{\pi v}{2L}\cdot 3$



$S_{n=2}(x,t) = A\sin\left(\frac{3\pi}{2L}\cdot x\right)\sin\left(\frac{3\pi v}{2L}t\right)$

b) $$\frac{S_{n=2}(x=\frac{L}{3})_{max}}{S_{n=1}(x=\frac{L}{3})_{max}} = \frac{A\sin\left(\frac{3\pi}{2L}\cdot\frac{L}{3}\right)\cdot 1}{A\sin\left(\frac{\pi}{2L}\cdot\frac{L}{3}\right)\cdot 1} = \frac{\sin\frac{\pi}{2}}{\sin\frac{\pi}{6}} = 2 = \text{Svar}$$

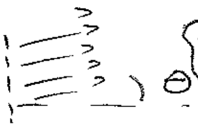
c) $v_{part} = \frac{\partial s}{\partial t} = \omega A\sin(kx)\cos\omega t \Rightarrow v_{part,max}(x) = \omega A\sin(kx)\cdot 1$

$$\frac{v_{part,n=2}(x=\frac{L}{3})_{max}}{v_{part,n=1}(x=\frac{L}{3})_{max}} = \frac{\omega_2\cdot A\cdot\sin(k_2\cdot\frac{L}{3})}{\omega_1\cdot A\sin(k_1\cdot\frac{L}{3})} = 3\cdot 2 = 6 = \text{Svar}$$

2. $I = I_0\cdot\frac{\sin^2\beta/2}{(\beta/2)^2}\cdot\frac{\sin^2\frac{N\gamma}{2}}{\sin^2\frac{\gamma}{2}}$

där N=antal belysta spalter

$\begin{cases}\gamma = kd\sin\theta \\ \beta = kb\sin\theta = \frac{b}{d}\gamma = \frac{1}{3}\gamma \text{ här}\end{cases}$



Vi vet: P i 1:a min till dubbel spalten (1+2) $\Rightarrow \gamma = \pi$

a) nollte ordningen

$\theta = 0° \Rightarrow \gamma = \beta = 0$

$I = I_0\cdot 1\cdot N^2$; Vi har $I = 8\frac{W}{m^2}$ då $N=2 \Rightarrow I_0 = 2\frac{W}{m^2}$

Då $N=5$: $I = I_0\cdot 1\cdot 5^2 = 25 I_0 = 50\frac{W}{m^2}$ Svar

b) 1:a ordningen

$\gamma = 2\pi \Rightarrow \beta = \frac{2\pi}{3}$

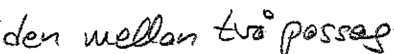
$\therefore I = I_0\cdot\frac{\sin^2\frac{2\pi}{6}}{\left(\frac{2\pi}{6}\right)^2}\cdot\frac{\sin^2\frac{5\cdot 2\pi}{2}}{\sin^2\frac{2\pi}{2}} = I_0\cdot 0{,}684\cdot 25 = 34\frac{W}{m^2}$ Svar

c) i punkten P

$\gamma = \pi \Rightarrow \beta = \pi/3$

$\therefore I = I_0\cdot\frac{\sin^2\pi/6}{(\pi/6)^2}\cdot\frac{\sin^2\frac{5\pi}{2}}{\sin^2\frac{\pi}{2}} = I_0\cdot 0{,}912\cdot 1 = 1{,}8\frac{W}{m^2}$ Svar

3. nanorör, längd L



T = tiden mellan två passager från vänster → höger $= 1{,}00\cdot 10^{-12}$ s

$2L = v_n\cdot T$ där v ur: $mv_n = \frac{h}{\lambda_n}$

$n=4$: $\lambda_4 = \frac{2L}{4}$ (exc. tillstånd, 4 max hos $|\Psi|^2$)

$n=1$: $\lambda = 2L$ (grundtillstånd)

a) När λ ökar med faktor 4 minskar v och därmed frekvensen med faktor 4

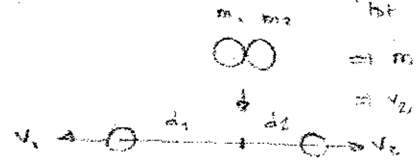
$\therefore$ Svar: $0{,}25\cdot 10^{12}$ ggr/sek = Svar i a

b) $2L = v_n\cdot T$ där $v_n = \frac{h}{m\lambda_n}$ och $\lambda_n = \frac{2L}{n}$

$\therefore 2L = \frac{h\cdot n\cdot T}{m\cdot 2L} \Rightarrow L^2 = \frac{nhT}{4m}$

$\begin{Bmatrix} n=4 \\ T=1\cdot 10^{-12}\text{s}\end{Bmatrix} \Rightarrow L = 27\text{ nm} = \text{Svar i b}$

④ a)



p_{tot} bevaras

$\Rightarrow m_1 v_1 = m_2 v_2$

$\Rightarrow v_2 = v_1 \frac{m_1}{m_2}$

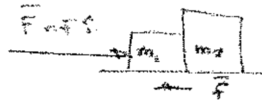
$$\left.\begin{array}{l} d_1 = v_1 \cdot t \\ d_2 = v_2 \cdot t \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{d_2}{d_1} = \frac{m_1}{m_2}$$

$$d_2 = d_1 \frac{m_1}{m_2}$$

$$\Rightarrow d_1 + d_2 = d_1\left(1 + \frac{m_1}{m_2}\right) =$$

$$= 12\left(1 + \frac{65}{85}\right) = 21{,}2\ m = \underline{\underline{21\ m}}$$

④ b)

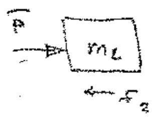


$\bar{F} + \bar{f} = (m_1 + m_2)\bar{a}$

$\bar{f} = -(m_1 + m_2)\mu_k g$

$\Rightarrow F - (m_1 + m_2)\mu_k g = (m_1 + m_2) a$

$$\Rightarrow a = \frac{F}{m_1 + m_2} - \mu_k g$$

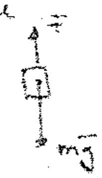


$P - f_2 = m_2 a \Rightarrow P = m_2 a + f_2$

$$\Rightarrow P = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F - m_2 \mu_k g + m_2 \mu_k g =$$

$$= \frac{m_2}{m_1 + m_2} F = \frac{125}{190} 650 = \underline{\underline{428\ N}}$$

⑤



$mg - T = ma$ (1)

$R_0 T - \bar{\tau}_f = I\alpha$

$\Rightarrow R_0 T - \tau_f = \frac{1}{2} M R_0^2 \alpha = \frac{1}{2} M R_0^2 \frac{a}{R_0}$ (2)

(1) + (2) ger

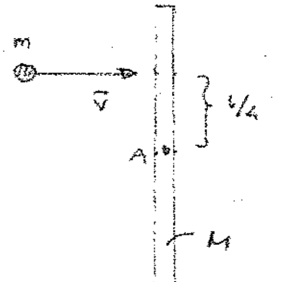
$$a = \frac{m g R_0 - \tau_f}{\frac{1}{2} M R_0 + m R_0} = \frac{1{,}53 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}33 - 1{,}1}{\frac{1}{2} 4 \cdot 0{,}33 + 1{,}53 \cdot 0{,}33} = 3{,}307\ m/s^2$$

v efter 8 meters acceleration:

$$v^2 = 2 \cdot a \cdot s \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{2 \cdot 3{,}307 \cdot 8}\ m/s = 7{,}27\ m/s = \underline{\underline{7\ m/s}}$$

⑥

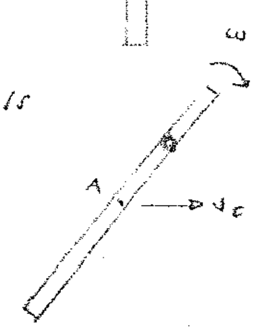
Såväl rörelsemängd som L_{tot} bevaras



P: $mv = (m + M)v_f \Rightarrow v_f = \frac{m}{m+M} v = \frac{50 \cdot 10}{2050} = 0{,}2439\ m/s$

L: m.a.p A: $mv \frac{l}{4} = I\omega = \left[\frac{1}{12} M l^2 + m\left(\frac{l}{4}\right)^2\right]\omega$

$$\Rightarrow \omega = \frac{mv\frac{l}{4}}{\frac{1}{12} M l^2 + m\left(\frac{l}{4}\right)^2} = \frac{0{,}050 \cdot 10 \cdot 1}{\frac{1}{12} 2 \cdot 4^2 + 0{,}05 \cdot 1^2} = 0{,}184\ rad/s$$



$$t = \frac{s}{v_f} = \frac{\Delta\theta}{\omega} \Rightarrow \Delta\theta = \frac{s\omega}{v_f} = \frac{3 \cdot 0{,}184}{0{,}2439} = 2{,}264\ rad$$

$$\therefore \frac{2{,}264}{2\pi} \text{ varv} = \underline{\underline{0{,}36 \text{ varv}}}$$