CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Teknisk Fysik

2013-05-31
kl.:08^{30}-12^{30}
Sal : V

Tentamen i **FYSIK E (FFY401) och K (TIF256 och TIF255)**

Examinator: Stig-Åke Lindgren, 0707238333
Åke Fäldt, 0705679080

Hjälpmedel: Valfri kalkylator (tömd 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

Information om rättningsprotokoll och granskning: se kurshemsidan

---

OBS! 7. Ange om Du är godkänd på diffraktionslabben genom att sätta ett kryss i den ruta som motsvarar uppgift 7 på tentamensomslaget OCH skriv till höger om krysset vilket år Du gjorde labben, gäller även om Du blev godkänd i år.

1. En orgelpipa med längden L som är öppen i ena och sluten i andra änden skall delas i 2 olika långa delar (L_1 och L_2) så att var del för sig får samma grundton (grundfrekvensen för den del som är öppen/sluten skall alltså vara densamma som grundfrekvensen för den del som är öppen/öppen).

a) Hur långa skall de två delarna vara uttryckt i bråkdelar av originalpipans längd L?

b) Vid ett visst tillfälle när den odelade originalpipan fick ljuda med sin grundfrekvens var amplituden vid den öppna änden 50 μm. Hur stor var den maximala partikelhastigheten i mitten av originalpipan vid detta tillfälle? Räkna med att grundtonen blev 90 Hz för vardera av delarna efter att originalpipan delats enligt ovan.

Anm. För full poäng i b krävs ett korrekt numeriskt svar i m/s.
Enbart ett bokstavsuttryck på den sökta partikelhastigheten i mitten av originalpipan då den ljuder med grundtonen kan ge en enstaka poäng.
Observera att 90 Hz inte är grundtonen hos den odelade originalpipan.

(4p)

2. När monokromatiskt ljus får infalla under rät vinkel och belysa de 6 översta spalterna i ett gitter observeras på en avlägsen (någon meters avstånd) bildskärm att det finns fyra små ljusintensitetsmax mellan nollte- och första ordningens principalmax. Avståndet mellan dessa principalmaxima är av storleksordningen några cm. Spaltbredden b är hälften av gitterkonstanten d.

a) Hur stor, uttryckt i I_0, är intensiteten hos nollte ordningens principalmax?

b) Hur stor, uttryckt i I_0, är intensiteten hos första ordningens principalmax?

c) Hur stor, uttryckt i I_0, är intensiteten hos det småmax som är närmast nollte ordningens principalmax?

d) Hur stor, uttryckt i I_0, är intensiteten hos det småmax som är närmast första ordningens principalmax (fjärde småmax från nollte ordningens principalmax räknat)?

Anm. I_0 betecknar på sedvanligt vis intensiteten mitt i centralmax (rakt fram) med endast en spalt belyst.

(4p)

3. En elektron i en 1-dimensionell potentiallåda med längd L= 12 nm (tjänar som grov modell för rörelsen hos en elektron innestängd i ett tunt nanorör med längd 12 nm) befinner sig i ett exciterat tillstånd där sannolikhetstätheten har ett första maximum på ett avstånd av 1,0 nm från ena lådkanten

a). Hur stor är sannolikhetstätheten på avståndet 1,0 nm från lådkanten?

b) Hur stor är sannolikheten att hitta elektronen i den vänstra tolftedelen av nanoröret?

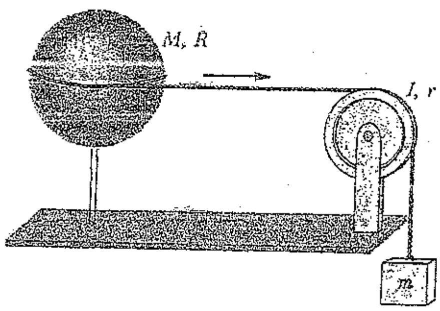
c) Vilken fart har elektronen?

d) Vilken ljusvåglängd skulle krävas på EM-strålning för att excitera elektronen vidare till närmast högre energitillstånd?

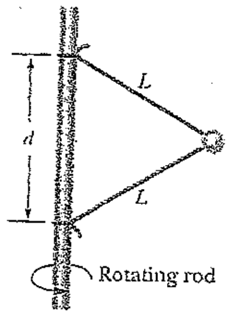
Anm. För full poäng krävs numeriska svar med korrekt enhet.

(4p)

4. Ett uniformt sfäriskt skal, med massan $M = 4,5$ kg och radie $R = 8,5$ cm, kan rotera friktionsfritt runt en vertikal axel såsom figuren visar. Ett masslöst och otänjbart snöre är lindat rund sfärens ekvator och löper runt en trissa vars radie $r = 5,0$ cm och tröghetsmoment I är $3,0 \ 10^{-3}$ kg m^2. I ena änden av snöret hänger en massa $m = 0,60$ kg. Det finns ingen friktion i trissans axel och snöret glider inte på trissans yta. Hur stor är m:s fart när den har fallit 82 cm från startläget, där den befann sig i vila? Tröghetsmomentet för ett tunt sfäriskt skal ges av uttrycket $2/3 \ MR^2$.

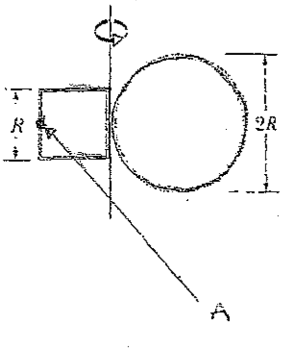


5. En boll vars massa är 1,34 kg är förbunden med en vertikal roterande stång via två masslösa snören. Vart och ett av snörena har en längd som är 1,70 m. Avståndet mellan de ställen där snörena är fastsatta i stången är även det 1,70 m. Under rotationsrörelsen är snörena helt sträckta. Beloppet av spännkraften i det övre snöret är 35 N. Figuren visar en ögonblicksbild av systemet.
   a. Bestäm beloppet av spännkraften i det undre snöret.
   b. Bestäm beloppet av vektorsumman av alla krafter som verkar på bollen.
   c. Bestäm bollens fart.



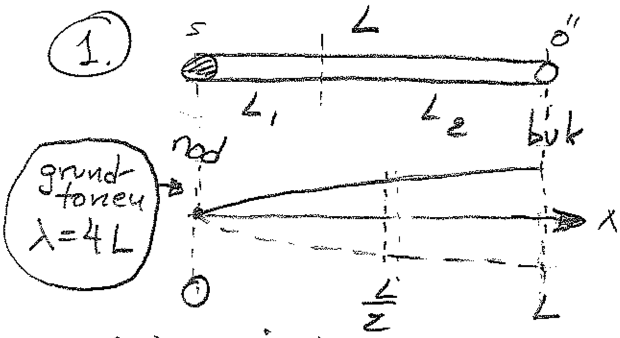
6. Figuren visar en rigid konstruktion bestående av en tunn cirkulär ring (radie R och massa m) samt en kvadrat som är tillverkad av fyra tunna stavar, var och en med radien R och massan m. Hela konstruktionen kan rotera friktionsfritt runt den vertikala axeln. Massan $m = 3,0$ kg och $R = 1,2$ meter. I punkten A appliceras en kraft F, vars belopp är 15 N, som under sin verkningstid 3,0 sekunder, hela tiden är parallell med normalen till kvadratens yta. (Det innebär att den hela tiden är riktad så att dess verkan på rörelsen hos konstruktionen är maximal). Om konstruktionen är stillastående när kraften appliceras, hur stor är då vinkelhastigheten efter de tre sekunderna som den verkar? En tunn ring som snurras runt en axel som går längs dess diameter har ett tröghetsmoment som är ½ MR^2, där M är massan och R är radien. Observera att du inte kan tillämpa det senare rakt av på detta problem utan måste modifiera uttrycket för att få det tröghetsmoment som är tillämpbart i det här fallet.

(4 p)



Lösn. anv. Fysik för KE (FFY401, TIF256, TIF255) 2013-05-31

1.



$s(x,t) = A \sin kx \sin \omega t$

$v_{part} = \frac{\partial s}{\partial t} = A\omega \sin kx \cos \omega t$

$v_{part,max} = A\omega \sin kx =$

$= \left\{ \begin{array}{l} \omega = 2\pi f = 2\pi \cdot 30\ s^{-1};\ A = 50\,\mu m \\ k = \frac{2\pi}{\lambda} \text{ där } \lambda = 4L \text{ och } x = \frac{L}{2} \end{array} \right\} =$

$= 50 \cdot 10^{-6} \cdot 2\pi \cdot 30 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{4L} \cdot \frac{L}{2}\right) = \underline{6{,}7\ mm/s}$ → $\boxed{\text{Svar i b}}$

delad pipa i L_1 (s/ö) och L_2 (ö/ö)

för s/ö-pipa längd L_1: $f_{grund} = \frac{v}{4L_1}$

för ö/ö-pipa längd L_2: $f_{grund} = \frac{v}{2L_2}$ ⇒

⇒ $\frac{v}{4L_1} = \frac{v}{2L_2}$ (enl. uppgift) ⇒ $L_2 = 2L_1$

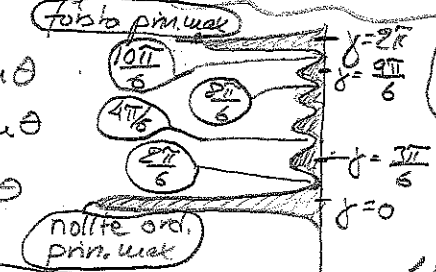
eller med $L_1 + L_2 = L$ att $\underline{L_1 = \frac{1}{3}L}$ och $\underline{L_2 = \frac{2}{3}L}$

odelade pipan:

$f_{grund} = \frac{v}{4L} = \frac{v}{4 \cdot 3L_1} = \frac{1}{3} \cdot \frac{v}{4L_1} = \frac{90}{3} = \underline{30\,Hz}$

2.

$\left\{ \begin{array}{l} \gamma = kd \sin\theta \\ \beta = kb \sin\theta \end{array} \right.$



6 ljusvågor med γ = fasdiff. mellan närliggande vågor.

$\underline{I = 0}$ då $\gamma = \frac{2\pi}{6}, 2 \cdot \frac{2\pi}{6}, 3 \cdot \frac{2\pi}{6}, 4\frac{2\pi}{6}, 5\frac{2\pi}{6}$

o. småmax då $\gamma = \frac{3\pi}{6}, \frac{5\pi}{6}, \frac{7\pi}{6}$ och $\frac{9\pi}{6}$

$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \beta/2}{(\beta/2)^2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{N\gamma}{2}}{\sin^2 \frac{\gamma}{2}}$ Här: $N = 6$ och $\beta = \frac{1}{2}\gamma$ (ty $b = \frac{d}{2}$)

a) nollte princ.max: $\theta = 0 \Rightarrow \gamma = \beta = 0$

$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 0}{0^2} \cdot \frac{\sin^2 6 \cdot 0}{\sin^2 0} = \underline{36\, I_0}$

b) första princ.max: $\gamma = 2\pi$ och med $\beta = \pi$ ⇒

$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \frac{\pi}{2}}{(\frac{\pi}{2})^2} \cdot \frac{\sin^2 \frac{6 \cdot 2\pi}{2}}{\sin^2(\frac{2\pi}{2})} = \frac{4}{\pi^2} \cdot 36 I_0 = \underline{14{,}6\, I_0}$

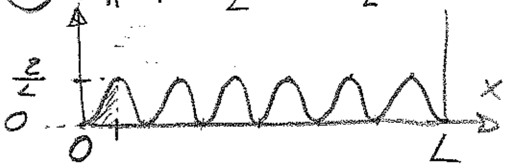
c) första småmax: $\gamma = \frac{3\pi}{6}$ och med $\beta = \frac{3\pi}{12}$ ⇒

$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \pi/8}{(\pi/8)^2} \cdot \frac{\sin^2 6 \cdot \frac{3\pi}{12}}{\sin^2 \frac{3\pi}{12}} = 0{,}949 \cdot 2 I_0 = \underline{1{,}90\, I_0}$

d) fjärde småmax: $\gamma = \frac{9\pi}{6}$ och med $\beta = \frac{9\pi}{12}$ ⇒

$I = I_0 \cdot \frac{\sin^2 \frac{3\pi}{8}}{(3\pi/8)^2} \cdot \frac{\sin^2 6 \cdot \frac{9\pi}{12}}{\sin^2 \frac{9\pi}{12}} = 0{,}61 \cdot 2 I_0 = \underline{1{,}23\, I_0}$

3. $|\Psi_n(x)|^2 = \frac{2}{L} \sin^2 \frac{n\pi}{L} x$



1:a max av $|\Psi(x)|^2$ vid $x = \frac{L}{12}$

⇒ $\underline{n = 6}$

a) $|\Psi_{n=6}(x = \frac{L}{12})|^2 = \frac{2}{L} = \underline{\frac{1}{6}\,(nm)^{-1}}$

b) $\int_0^{L/12} |\Psi(x)|^2 dx = \underline{\frac{1}{12}}$ (se fig)

c) $mv = \frac{h}{\lambda}$ där $\lambda = \frac{L}{3} = 4\,nm$ (se fig)

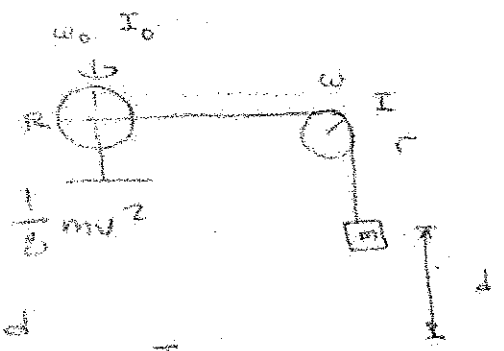
⇒ $v = \frac{h}{m \cdot L/3} = \frac{6{,}63 \cdot 10^{-34}}{9{,}1 \cdot 10^{-31} \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = \underline{0{,}18 \cdot 10^6\ m/s}$

d) $E_n = \frac{n^2 h^2}{8mL^2}$; $\frac{hc}{\lambda} = E_{n=7} - E_{n=6} =$

$= (7^2 - 6^2) \cdot \frac{h^2}{8mL^2} \Rightarrow \lambda = \frac{8mcL^2}{13h} = \underline{36\,\mu m}$

(4) Mekanisk energi bevares.

$\omega = \frac{v}{R}$



$$mgd = \frac{1}{2} I_0 \omega_0^2 + \frac{1}{2} I\omega^2 + \frac{1}{2} mv^2$$

$$\Rightarrow mgd = \frac{1}{2} I_0 \left(\frac{v}{R}\right)^2 + \frac{1}{2} I \left(\frac{v}{r}\right)^2 + \frac{1}{2} mv^2$$

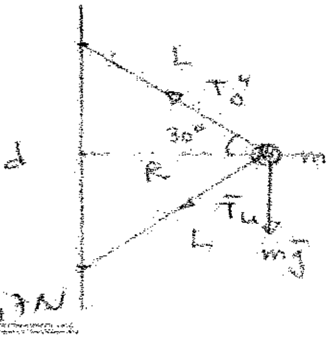
$$\Rightarrow v^2 \left[\frac{I_0}{R^2} + \frac{I}{r^2} + m \right] = 2mgd$$

$$\frac{I_0}{R^2} = \frac{2}{3} M$$

$$\Rightarrow v = \left[\frac{2 \cdot 0{,}60 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}82}{\frac{2}{3} \cdot 4{,}5 + \frac{3{,}0 \cdot 10^{-3}}{0{,}05^2} + 0{,}60} \right]^{1/2} = \underline{\underline{1{,}42 \text{ m/s}}}$$

---

(5) y-led: $\sum_i F_i = 0$



$$\Rightarrow T_o^y \sin 30^\circ = mg + T_u \cdot \sin\theta$$

$$\Rightarrow T_u = \left(T_o^y \sin 30^\circ - mg\right) / \sin 30^\circ =$$

$$= \left(35 \cdot \sin 30^\circ - 1{,}34 \cdot 9{,}81\right) / \sin\theta = \underline{\underline{8{,}7 N}}$$

x-led: $\sum_i F_i = 35 \cdot \cos 30^\circ + 8{,}7 \cdot \cos 30^\circ = \underline{\underline{37{,}8 N}} = \underline{\underline{38 N}}$

$$\left.\begin{aligned} m\frac{v^2}{R} &= 37{,}8 N \\ R &= L \cdot \cos 30^\circ \end{aligned}\right\} \Rightarrow v^2 = \frac{37{,}8 \cdot 1{,}70 \cdot \cos 30^\circ}{1{,}34} \Rightarrow \underline{\underline{v = 6{,}4 \text{ m/s}}}$$

---

(6)

$$I_c = \frac{1}{2} mR^2 + mR^2 = \frac{3}{2} mR^2$$

$$I_\square = 0 + 2 \cdot \frac{1}{3} mR^2 + mR^2 = \frac{5}{3} mR^2$$

$$\Rightarrow I_{tot} = \frac{19}{6} mR^2 = \frac{19}{6} \cdot 3{,}0 \cdot 1{,}2^2 = 13{,}68 \text{ kgm}^2$$

$$\left.\begin{aligned} \tau &= I\alpha \\ \tau &= FR \end{aligned}\right\} \Rightarrow \alpha = \frac{FR}{I} = \frac{15 \cdot 1{,}2}{13{,}68} \text{ rad/s}^2 = 1{,}316 \text{ rad/s}^2$$

$$\omega = \alpha \cdot t = \alpha \cdot 3{,}0 \Rightarrow \omega = \frac{15 \cdot 1{,}2}{13{,}68} \cdot 3 = 3{,}94 \text{ rad/s} =$$

$$= \underline{\underline{3{,}9 \text{ rad/s}}}$$