CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Fysik och Teknisk Fysik

2006-05-30
kl.:08^{30}-12^{30}
Sal : V

Tentamen i **FYSIK K/E**

Examinator: Stig-Åke Lindgren, tel 7723346
Åke Fäldt, tel 7723349 alt 0705679080

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

Rättningsprotokollet anslås senast 2006-06-02

Granskning : 2006-06-02 kl. 10^{00}-10^{30} i rum Akvariet, Soliden, Fysik.

---

1. Som bekant kan man få gasen i en sk orgelpipa (ett rör som är slutet i ena änden och öppen i den andra) i resonanssvängningar (stående vågmönster) med vissa svängningsfrekvenser. I en pipa som är 1,00 m lång och fylld med het vätgas observeras en hel serie med resonanssvängningar. Två i frekvens närliggande svängningar är 2800 Hz och 3600 Hz (det finns alltså inga andra stående vågor med frekvenser mellan 2800Hz och 3600 Hz).
Hur hög är ljudhastigheten i den uppvärmda vätgasen? Kan du säga något om temperaturen i vätgasen? (4p)

2. En oljefilm med tjocklek 280 nm flyter på en vattenyta. Vilken färg har det ljus i det synliga våglängdsområdet som reflekteras kraftigast vid vinkelrätt infall?
Oljan har ett brytningsindex på 1,45 medan vatten har 1,33.
Besvara frågan genom att först beräkna den ljusvåglängd som reflekteras kraftigast. (4p)

3. En elektron som är fri att röra sig men endast i en dimension i en potentiallåda (oändligt höga väggar) med längden L = 1000 nm befinner sig i ett tillstånd som karakteriseras av att sannolikhetstätheten har totalt 1000 maxima i lådan.

   a) Hur hög är sannolikhetstätheten (uttryckt i $(nm)^{-1}$) att hitta elektronen på ett avstånd av 0,5 nm från den vänstra änden av lådan?

   b) Hur stor är elektronens de Broglie våglängd?

   c) Hur många stötar (reflektioner) gör elektronen mot den vänstra änden av lådan per sekund?

   Vågfunktionen för endimensionell potentiallåda:
   $\Psi(x) = A \sin(n\pi x/L)$ där n= 1,2,3,.... och $A= (2/L)^{1/2}$. (4p)

4. Ett mynt, som ligger på en horisontell roterande skiva och ursprungligen 5,0 cm från dess centrum, har massan 2,0 kg. Den roterande skivan fullbordar 3 fulla varv på 3,14 s. I denna position relativt centrum glider inte myntet utan roterar med skivan. När man flyttar ut myntet så att det ligger 10,0 cm från centrum är det precis på gränsen till att börja glida relativt skivan. Den ursprungliga rotationshastigheten bibehålls.

   a. Bestäm myntets acceleration (riktning och belopp) i ursprungspositionen.
   b. Åskådliggör i lämplig figur nettokraften som verkar på myntet i denna position.
   c. Hur stor är friktionskoefficienten mellan mynt och skiva? (4 p)

5. Ett block med massan 2,5 kg glider längs ett horisontellt underlag. Den kinetiska friktionskoefficienten mellan blocket och underlaget är 0,25. Blocket glider mot en horisontell masslös ideal fjäder vars kraftkonstant k är 320 N/m. Fjädern börjar då komprimeras och när blocket stannar (tillfälligt för att åter börja röra sig åt motsatt håll) har fjädern komprimerats 7,5 cm.

   a. Bestäm det arbete som <u>fjädern</u> uträttar under kompressionen.
   b. Bestäm ökningen av den termiska energin hos systemet block/golv under kompressionen av fjädern.
   c. Bestäm blockets hastighet just innan det börjar komprimera fjädern.

(4 p)

6. Två små bollar, vars massor är 2,0 kg vardera, sitter i varsin ände av en (ursprungligen) horisontell smal och masslös pinne med längden 50,0 cm. Pinnen kan rotera friktionsfritt i vertikalplanet genom en axel som går genom dess mitt. En liten klump lera, vars massa är 50,0 g, släpps från ett läge rakt ovanför en av bollarna och träffar den bollen med en fart som är 3,0 m/s och fastnar på den.

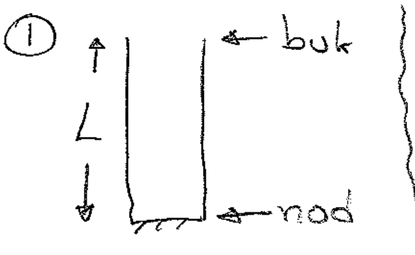
   a. Hur stor är vinkelhastigheten för systemet pinne/bollar/lerklump omedelbart efter det att den senare har fastnat?
   b. Hur stor vinkel kommer systemet att rotera innan det stannar tillfälligt?

(4 p)

7. *Skriv din namnteckning i den ruta på tentamensomslaget som hör till uppgift nr 7 om du godkänner att ditt resultat läggs ut på nätet identitetsskyddat med hjälp av kod eller att ditt resultat skickas till dig per e-mail.*

Lösningsförslag Fysik K/E (2006-05-30)

1.



möjliga våglängder $\lambda = 4L, \frac{4L}{3}, \frac{4L}{5}$ osv

möjliga frekvenser blir då $\left(f = \frac{v}{\lambda}\right)$

dvs $f = \frac{v}{4L}, 3\cdot\frac{v}{4L}, 5\frac{v}{4L}$ osv

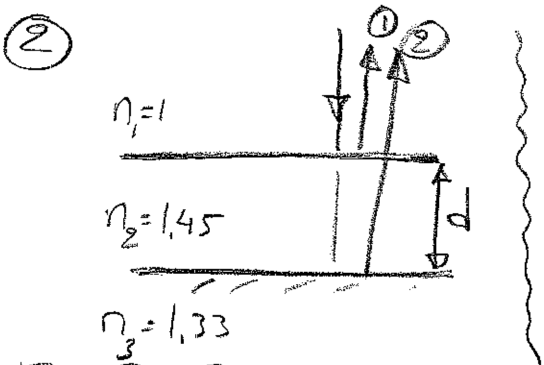
frekvensavståndet mellan närliggande svängningar är således $\frac{v}{2L}$

∴ enligt uppgift $3600 - 2800 = \frac{v}{2L}$ där $L = 1\,m \Rightarrow v = 2 \cdot 800 = 1600\ \frac{m}{s}$

För tvåatomig gas: $\kappa = 1{,}40$ och normala förhållanden $v = \sqrt{\frac{\kappa R T}{M}}$

där $R = 8{,}3\ \frac{J}{K\,mol}$; $M_{H_2} = 0{,}002\ \frac{kg}{mol} \Rightarrow T = 440\,K$

2.



Villkor för konstruktiv interferens:

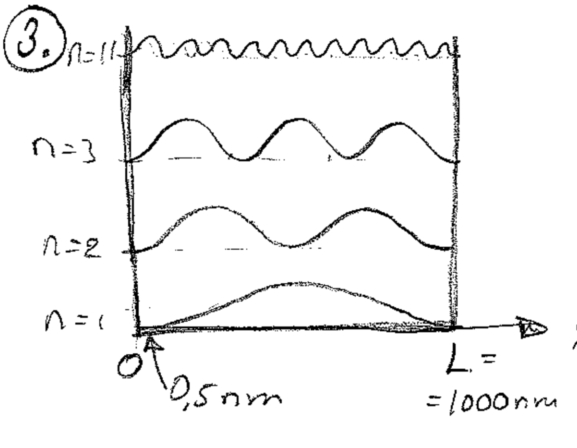
$$\Delta L + (q_2 - q_1)\cdot\frac{\lambda}{2} = m\cdot\lambda$$

där $\begin{cases} \Delta L = 2 n_2 d \\ q_2 = 0 \; ; \; q_1 = 1 \end{cases}$ (q = antal refl. mot tätare medium)

$$\therefore\ 2n_2 d - \frac{\lambda}{2} = m\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{2n_2 d}{m + \frac{1}{2}} = \begin{cases} m = 0 \Rightarrow \lambda = 1624\,nm \ (IR) \\ m = 1 \Rightarrow \lambda = 541\,nm \ (\text{grönaktig}) \\ m = 2 \Rightarrow \lambda = 325\,nm \ (UV) \end{cases}$$

Svar: $\lambda = 541\,nm$ (grönaktig)

3.



$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin \frac{n\pi}{L} x \qquad n = 1, 2, 3, \ldots$

$|\psi(x)|^2 = \text{sannolikhetstäthet} = \frac{2}{L} \sin^2\left(\frac{n\pi}{L} x\right)$

a) $\left|\psi_{n=1000}(x = 0{,}5\,nm)\right|^2 = \frac{2}{1000} \sin^2\left(\frac{1000\pi}{1000}\cdot 0{,}5\right) = \frac{1}{500}\ nm^{-1}$

b) $n = 1000$ betyder 500 de Broglie våglängder

$\therefore\ \lambda = \frac{1000\,nm}{500} = 2\,nm$

c) tiden att färdas fram och åter i lådan $T = \frac{2L}{v}$

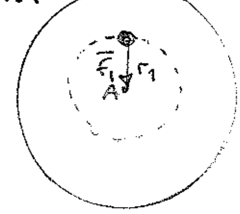
där v fås ur $\lambda = \frac{h}{mv}$; Stötfrekvensen $= \frac{1}{T} =$

$$= \frac{v}{2L} = \frac{h}{m\lambda \cdot 2L} = \frac{6{,}63\cdot 10^{-34}}{9{,}1\cdot 10^{-31}\cdot 2\cdot 10^{-9}\cdot 2\cdot 1000\cdot 10^{-9}}\ s^{-1} = 1{,}8\cdot 10^{11}\,Hz$$

④

$t_i = 3{,}14\ s$ cirkulär centralrörelse på horisontellt underlag.

i)



a) $\omega = \frac{3}{t_i} \cdot 2\pi\ rad/s \qquad v = \omega \cdot r_1$

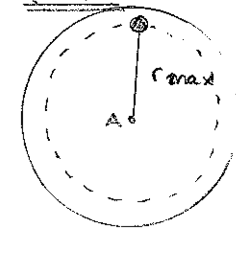
b) friktionskraft $f_1 = m\frac{v^2}{r_1} = m\frac{\omega^2 r_1^2}{r_1} = m r_1 \omega^2 =$

$= 2{,}0 \cdot 10^{-3}\, 0{,}05 \left(\frac{3}{t_i} 2\pi\right)^2 = \underline{3{,}6\ mN}$

acceleration $a_1 = \frac{v^2}{r_1} = r_1\omega^2 = 0{,}05\left(\frac{3}{t_i} \cdot 2\pi\right)^2 = \underline{1{,}8\ m/s^2}$

riktning: rakt mot cirkelns centrum A.

f)



c) $f_{max} = \mu N = \mu m g = m r_{max}\,\omega^2$

$\Rightarrow \mu = \frac{\cancel{m} r_{max}\left(\frac{3}{t_i} \cdot 2\pi\right)^2}{\cancel{m} g} = \frac{0{,}100\left(\frac{3}{3{,}14} \cdot 2\pi\right)^2}{9{,}81} =$

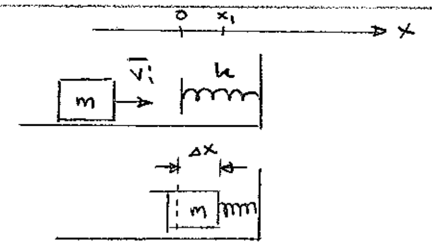
$= \underline{\underline{0{,}36}}$

---

⑤

$m = 2{,}5\ kg \qquad k = 320\ N/m$

$\mu_k = 0{,}25 \qquad \Delta x = 0{,}075\ m = x_1$



a) Av fjädern uträttat arbete

$\bar{F} = -kx\hat{x} \qquad W = \int_0^{x_1} \bar{F} \cdot d\bar{x} = \int_0^{x_1} (-kx\hat{x}) \cdot (dx\,\hat{x}) =$

$d\bar{x} = dx\,\hat{x}$

$= -\int_0^{x_1} kx \cdot dx = -\frac{1}{2}kx_1^2 = -\frac{1}{2}\, 320 \cdot 0{,}075^2\ Nm = \underline{\underline{-0{,}90\ J}}$

b) Arbete som friktionskraften uträttar under kompressionen $\bar{F} = -\mu_k m g\,\hat{x}$

$W_f = \int_0^{x_1} (-\mu_k m g\,\hat{x}) \cdot (dx\,\hat{x}) = -\mu_k m g\, x_1 = -0{,}46\ J$

∴ termiska energin i block/underlag ökar med 0,46 J.

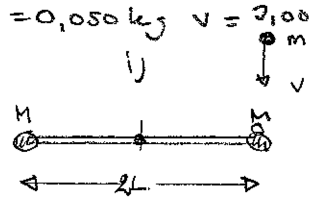
c) Rörelseenergin $\frac{1}{2}mv_i^2$ åtgår för att komprimera fjädern $(-W)$ samt till att öka den termiska energin block/underlag

$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 = (-W) + (-W_f) \quad \Rightarrow \quad v_i = \left(\frac{2(-W) + (-W_f)}{m}\right)^{1/2} = 1{,}047\ m/s = \underline{\underline{1{,}0\ m/s}}$

---

⑥

$2L = 0{,}50\ m \quad M = 2{,}00\ kg \quad m = 0{,}050\ kg \quad v = 3{,}00\ m/s$



i) $I_i = 2ML^2 \qquad L_i = mvL$

f) : omedelbart efter att lerklumpen fastnat

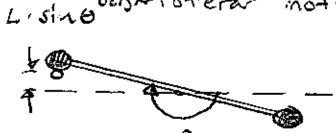
$I_f = 2ML^2 + mL^2 \qquad L_f = I_f\,\omega$

rörelsemängdsmomentet bevaras (det yttre vridande momentet ≈ 0)

$L_i = L_f \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{mv\cancel{L}}{L^{\cancel{2}}(2M+m)} = \frac{0{,}050 \cdot 3{,}00}{0{,}25(4{,}00 + 0{,}05)}\ rad/s$

$= \underline{\underline{0{,}148\ rad/s}}$

Här vänder systemet och börjar rotera moturs



Mekaniska energin bevaras

$\frac{1}{2}I_f\omega^2 = mg(L \cdot \sin\theta) \quad \Rightarrow \quad \sin\theta = \frac{L^2(2M+m)\omega^2}{2 \cdot mgL}$

$\Rightarrow \underline{\underline{\theta = 181^\circ}}$