



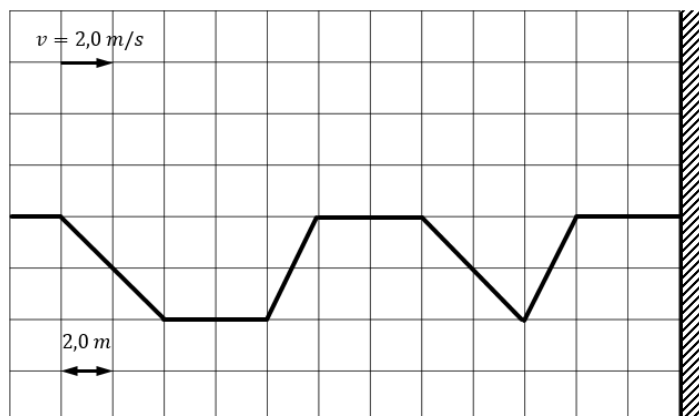
KTH Teknik och hälsa

TENTAMEN I FYSIK

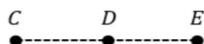
Kurs:	HF0025 Fysik för basår II						
Moment:	TENB 8 fup						
Program:	Tekniskt basår/Bastermin TBASA						
Rättande lärare:	Stefan Eriksson, Staffan Linnæus						
Examinator:	Staffan Linnæus						
Datum:	2021-04-06						
Tid:	8.00-12.00						
Jourhavande lärare:	Staffan Linnæus, tel 08-7904804						
Hjälpmedel:	Miniräknare Godkänd formelsamling ISBN978-91-27-72279-8 eller ISBN978-91-27-42245-2, passare, gradskiva och linjal						
Omfattning och betygsgränser:	0-10p	11p	12-14	15-17	18-20	21-23	24-26
	F	Fx	E	D	C	B	A
Övrig information:	Till samtliga uppgifter krävs fullständiga lösningar. Lösningarna skall vara tydliga och lätta att följa. Skriv helst med blyertspenna. Införda beteckningar skall definieras. Uppställda samband skall motiveras. Till uppgifter innehållande kraftsituationer (eller andra vektorsituationer) skall vektorfigurer ritas med linjal. Uppgifter med elektriska kretsar skall redovisas med kopplingsscheman som definierar använda storheter. Lycka till!						

Uppgift 1-6 avgör om tentamen blir godkänd.

- 1 Två transversella pulser i en fjäder rör sig åt höger med hastigheten $v = 2,0 \text{ m/s}$ enligt figur. Fjäders högra ände är fastsatt i en vägg. Rita ut dess utseende efter $6,0 \text{ s}$. Visa tydligt hur du har konstruerat denna. (2p)



- 2 Två likadana högtalare är placerade i A och B. De sänder ut ljud i fas med frekvensen 540 Hz . Ljudets hastighet är 330 m/s . Det är samma avstånd från C till båda högtalarna. Om man går med en mikrofön från C till E så registreras ett första ljudminimum vid D och ett andra ljudminimum vid E. Avståndet mellan högtalare B:s membran till punkt E är $6,4 \text{ m}$. Bestäm avståndet mellan högtalare A:s membran och punkt E. (2p)

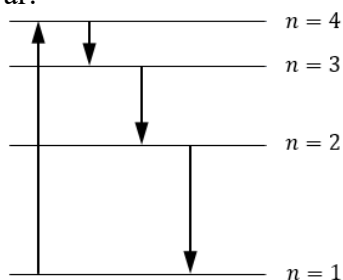


- 3 En absolut svart kropp utstrålar effekten $0,54 \text{ W}$, när temperaturen är $320 \text{ }^\circ\text{C}$. Hur stor blir effekten om temperaturen höjs till $640 \text{ }^\circ\text{C}$? (2p)
- 4 Den närmaste stjärnan på den södra stjärnhimmelen är Alfa Centauri. Avståndet till stjärnan är $4,4 \text{ ljusår}$ från jorden. Hur lång tid tar det för en partikel att färdas till stjärnan enligt dess egna referenssystem om partikelns hastighet är 62% av ljusets hastighet? (2p)
- 5 När man håller för ena öppningen av ett plaströr och blåser vid den andra öppningen kommer luften inuti röret i resonans. Det avger då sin grundton med frekvensen 415 Hz . Genom att blåsa något hårdare så kan man erhålla den första övertonen. Beräkna frekvensen hos denna överton. (2p)

- 6 Isotopen $^{241}_{95}\text{Am}$ av Americium används i många brandvarnare för att upptäcka rökpartiklar i luften. Hur mycket energi frigörs när en $^{241}_{95}\text{Am}$ atom sönderfaller? Svara med två värdesiffror. (2p)

Uppgift 7-12 avgör betyget på tentamen under förutsättning att den är godkänd.

- 7 Då man belyser natriumånga med ljus av våglängden 330 nm exciteras natriumatomen från grundtillståndet till nivå $n = 4$ enligt diagrammet nedan. Den exciterade atomen kan avge sin energi på flera olika sätt vid deexcitation. Exempel på våglängden som sänds ut är:

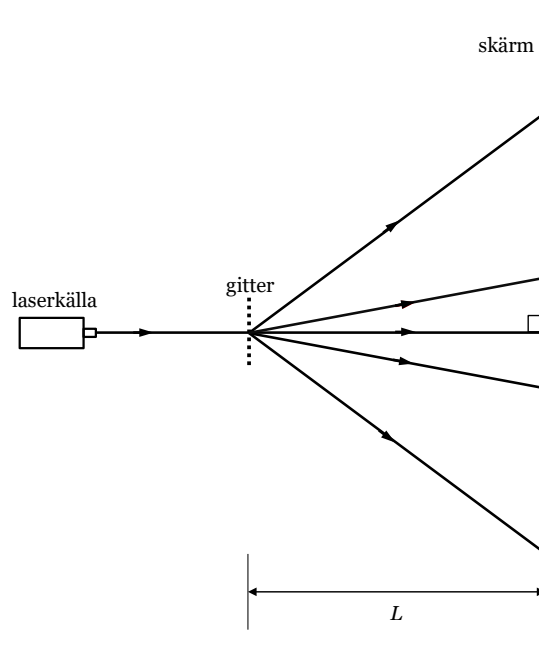


övergång	λ (nm)
$n = 3$ till $n = 2$	1140
$n = 2$ till $n = 1$	589

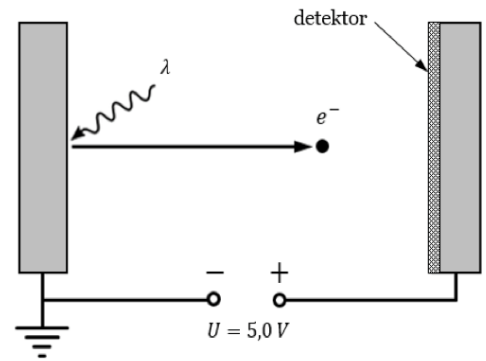
Vilken våglängd sänds ut vid övergången från nivå $n = 4$ till $n = 3$? (2p)

- 8 I en laboration belystes ett gitter med laserljus. Gittret hade 540 linjer/mm och lasern hade våglängden 633 nm. Bakom gittret på avståndet $L=2,00$ m hade man placerat en skärm. Där kunde man endast observera 5 ljusa fläckar, trots att skärmen är mycket stor.

Om samma försök skulle utföras under vatten, hur många ljusa fläckar skulle man då maximalt kunna se på denna skärm bakom gittret? (2p)

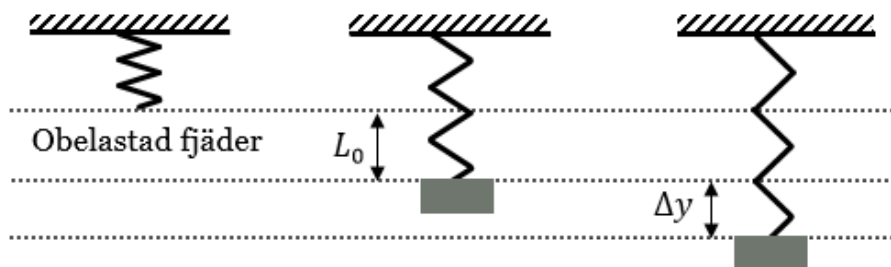


- 9 En bit av metallen kalium som har ett utträdesarbete E_u på 2,29 eV belyses med ljus av våglängden 380 nm varvid elektroner frigörs från metallbiten. Med spänningen 5,0V mellan metallbiten och detektorn accelereras de frigjorda elektronerna mot detektorn. Vilken rörelseenergi har elektronerna maximalt precis innan de når detektorn? (2p)



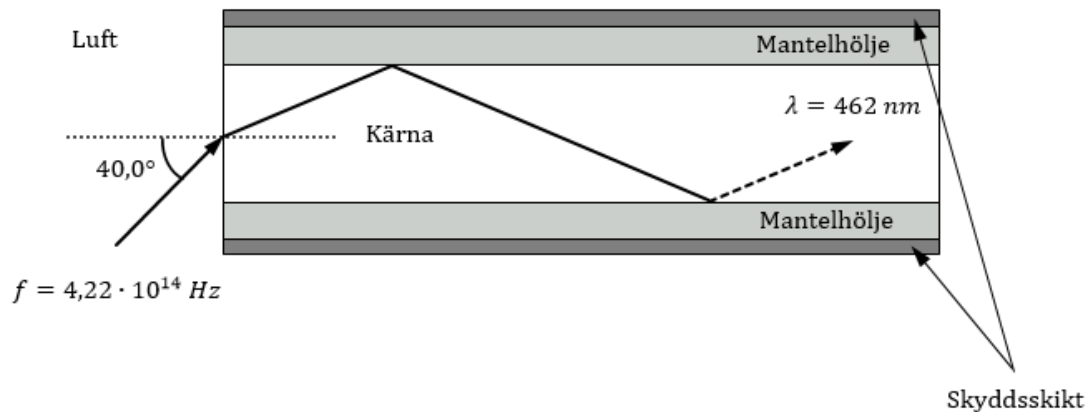
- 10 En högtalare alstrar ljud genom att ett cirkulärt membran vibrerar och vibrationerna fortplantar sig i luften i form av ljudvågor. Vid en viss ton utför membranets mittpunkt en harmonisk svängningsrörelse med amplituden 0,010 mm. Det är 0,65 ms mellan en tidpunkt då accelerationen är maximal och närmaste tidpunkt då hastigheten är maximal. Bestäm värdet på den högsta accelerationen under rörelsen. (2p)

- 11 En vikt fästs i en obelastad fjäder med fjäderkonstanten k . Fjäders förlängs då sträckan L_0 enligt figuren nedan där den intar sitt jämviktsläge. Därefter drar en fysiklärare i vikten sträckan Δy nedanför jämviktsläget. Där hålls vikten stilla.



- a) Bestäm ett uttryck för svängningstiden T . (2p)
 Du får endast använda symbolerna g, k, L_0 samt Δy i uttrycket.
- b) Bestäm ett uttryck för hur mycket fjäderns energi ökar när den förlängs sträckan Δy . (1p)
 Du får endast använda symbolerna g, k, L_0 samt Δy i uttrycket.

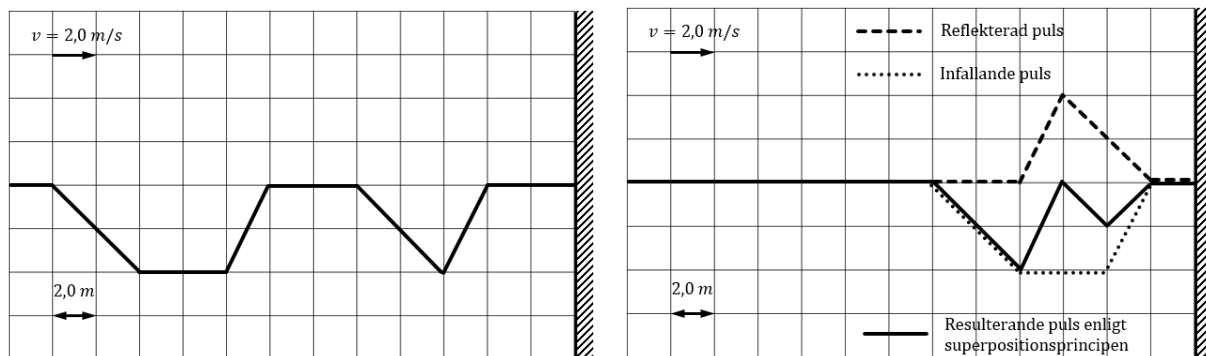
- 12 Ljus med frekvensen $4,22 \cdot 10^{14}$ Hz infaller från luft mot centrum till änden av en cirkulär fiberoptisk kabel, se figur. Inne i den optiska kabeln är ljusets våglängd 462 nm. Kabeln är 1,00 km lång.



- a) Vilka värden kan mantelhöljets brytningsindex ha för att ljuset ska kunna reflekteras och färdas vidare längs kabelns kärna om ljuset förs in med vinkeln $40,0^\circ$ mot normalen av änden, se figur? (2p)
- b) Hur lång tid tar det för ljuset att passera genom kabelns kärna? (1p)

LÖSNINGSFÖRSLAG:

- 1 Reflektion mot fastare medier sker omvänt. Då $v = 2,0 \text{ m/s}$ och $t = 6,0 \text{ s}$ är $s = v \cdot t = 2,0 \cdot 6,0 = 12,0 \text{ m}$, vilket motsvarar 6 rutor. Superposition mellan den infallande pulsen och den omvända reflekterade pulsen ger resultatet i figuren nedan.

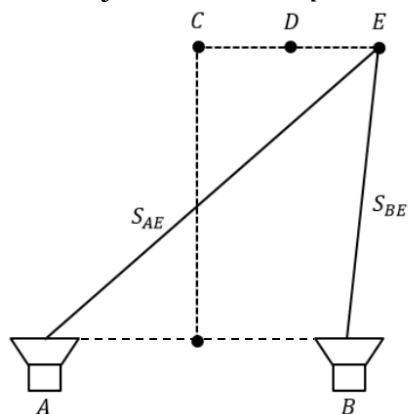


- 2 Våglängden för ljudet:
 $v = f\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{330}{540} = 0,6111 \text{ m}$

För ljudminimum gäller

$$\Delta s = (p + \frac{1}{2})\lambda \quad (1)$$

För andra ljudminimum är $p = 1$



Avståndsskillnaden Δs från E till respektive högtalare ges av s_{AE} och s_{BE} så att:

$$\Delta s = s_{AE} - s_{BE} \quad (2)$$

(2) i (1) ger:

$$s_{AE} - s_{BE} = (p + \frac{1}{2})\lambda \Rightarrow$$

$$s_{AE} = (p + \frac{1}{2})\lambda + s_{BE} = (1 + \frac{1}{2}) \cdot 0,6111 + 6,4 = 7,317 \text{ m}$$

SVAR: 7,3 m

$$\begin{aligned}
 3 \quad T_1 &= 320 + 273,15 = 593,15 \text{ K} & \text{Stefan-Boltzmanns lag: } M_e &= \sigma \cdot T^4 (1) \\
 T_2 &= 640 + 273,15 = 913,15 \text{ K} & M_e &= \frac{P}{A} (2)
 \end{aligned}$$

Effekt P_1 innan temperaturökning: $P_1 = 0,54 \text{ W}$

Kroppens area ges av (2): $A = \frac{P_1}{M_1}$, insättning av (1) ger: $A = \frac{P_1}{\sigma \cdot T_1^4}$

Kroppens effekt P_2 efter temperaturhöjningen:

$$P_2 = A \cdot M_2 = A \cdot \sigma \cdot T_2^4 = \frac{P_1}{\sigma \cdot T_1^4} \cdot \sigma \cdot T_2^4 = P_1 \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^4 = 0,54 \left(\frac{913,15}{593,15} \right)^4 = 3,033 \text{ W}$$

SVAR: 3,0 W

- 4 Tiden t som en observatör på jorden anser att det tar för partikeln att komma till stjärnan:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow t = \frac{s}{t} = \frac{s}{0,62c} = \frac{4,4 \cdot 9,46055 \cdot 10^{15}}{0,62 \cdot 2,99792458 \cdot 10^8} = 2,239 \dots \cdot 10^8 \text{ s} = 7,101 \dots \text{ år}$$

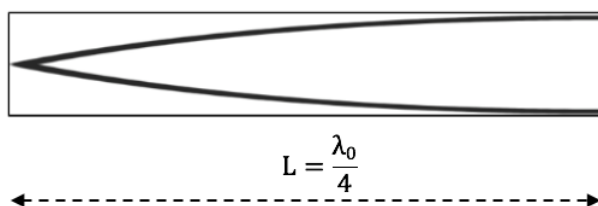
Den upplevda tiden t_o enligt partikeln blir då:

$$t = \frac{t_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ där } t \text{ är tiden i observatörens system på jorden}$$

$$t_o = t \sqrt{1 - \frac{t^2}{c^2}} = 7,101 \cdot \sqrt{1 - \frac{(0,62c)^2}{c^2}} = 7,101 \cdot \sqrt{1 - 0,3844} = 5,572 \text{ år}$$

SVAR: 5,6 år ($1,8 \cdot 10^8 \text{ s}$)

- 5 Vid grundtonen $f_0 = 415$ Hz ges utseendet av den stående vågen enligt:

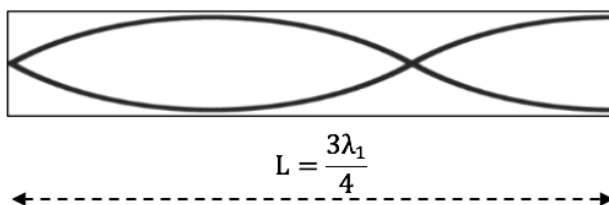


Som framgår av bilden ovan gäller följande samband mellan plaströrets längd L och våglängden λ_0 :

$$L = \frac{\lambda_0}{4} \Rightarrow \lambda_0 = 4L$$

$$v = f_0 \cdot \lambda_0 = 415 \cdot 4L \quad (1)$$

När man blåser något hårdare i röret så erhålls den första övertonen med frekvensen f_1 enligt följande utseende:



För första övertonen gäller sambandet mellan plaströrets längd L och våglängden λ_1 :

$$L = \frac{3\lambda_1}{4} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{4L}{3}$$

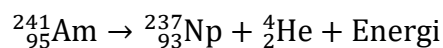
$$v = f_1 \cdot \lambda_1 = f_1 \cdot \frac{4L}{3} \quad (2)$$

Hastigheten v är lika stor i både (1) och (2). Detta ger:

$$415 \cdot 4L = f_1 \cdot \frac{4L}{3} \Rightarrow f_1 = 1245 \text{ Hz}$$

SVAR: 1,25 kHz

- 6 Då det är α –sönderfall (se formelsamling) ges följande reaktion för $^{241}_{95}\text{Am}$:



För att få fram hur mycket energi som frigörs räknas skillnaden i massa mellan före och efter reaktionen ut enligt:

$$\Delta m = m(^{241}_{95}\text{Am}) - 95 \cdot m_e - (m(^{237}_{93}\text{Np}) - 93 \cdot m_e + m(^4_2\text{He}) - 2 \cdot m_e)$$

$$\Delta m = m(^{241}_{95}\text{Am}) - m(^{237}_{93}\text{Np}) - m(^4_2\text{He})$$

$$\Delta m = 241,0568 - 237,0482 - 4,002603 = 0,005997 \text{ u}$$

En 1u motsvarar energin $931,494 \cdot 10^6 \text{ eV}$. Totalt frigörs energin:

$$E = 0,005997 \cdot 931,494 \cdot 10^6 = 5,586 \cdot 10^6 \text{ eV}$$

SVAR: 5,6 MeV

- 7 Varje övergång svarar mot energin: $E_{\text{foton}} = hf = \frac{hc}{\lambda}$
där $v = \lambda \cdot f$ och $v = c$

Energi för excitation:

$$\Delta E_{14} = \frac{hc}{\lambda_{14}}$$

Denna energi avges vid deexcitation:

$$\Delta E_{14} = \Delta E_{43} + \Delta E_{32} + \Delta E_{21}$$

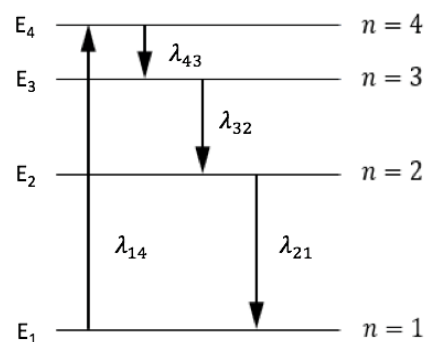
$$\frac{hc}{\lambda_{14}} = \frac{hc}{\lambda_{43}} + \frac{hc}{\lambda_{32}} + \frac{hc}{\lambda_{21}}$$

och vi förenklar och löser ut den sökta våglängden λ_{43} :

$$\frac{1}{\lambda_{43}} = \frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{32}} - \frac{1}{\lambda_{21}}$$

$$\lambda_{43} = \left(\frac{1}{\lambda_{14}} - \frac{1}{\lambda_{32}} - \frac{1}{\lambda_{21}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{330 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{1140 \cdot 10^{-9}} - \frac{1}{589 \cdot 10^{-9}} \right)^{-1} = 2,1963 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

SVAR: 2,20 μm



8 När försöket görs under vatten blir laserljusets våglängd:

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

Där n är brytningsindex för vatten och λ_0 är våglängden i luft/vakuum. Enligt formelsamlingen är brytningsindex för vatten 1,33. Det ger våglängden:

$$\lambda = \frac{633 \cdot 10^{-9}}{1,33} = 475,94 \cdot 10^{-9} = 475,94 \text{ nm}$$

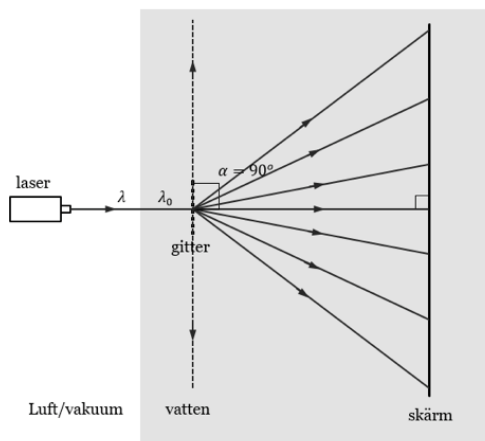
Det maximala värdet för p ges med gitterformeln:

$$d \cdot \sin \alpha = p\lambda, \quad p = 0, 1, 2, \dots$$

Med $\alpha = 90^\circ$ och gitterkonstanten $d = \frac{1}{540 \cdot 10^3} = 1,8519 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ ges:

$$p = \frac{d \cdot \sin \alpha}{\lambda} = \frac{1,8519 \cdot 10^{-6} \cdot \sin 90^\circ}{475,94 \cdot 10^{-9}} = 3,8909$$

med $p = 0, 1, 2, \dots$ dvs heltalsvärden $\Rightarrow p_{\max} = 3$



Totalt 7 ljusa fläckar, 3 ljusa fläckar på varsin sida av centralmaximum.

SVAR: 7 ljusa fläckar.

- 9 Fotonerna som når kaliummetallens yta har var och en energin: $E_{foton} = h \cdot f$.

Med $v = \lambda \cdot f$ där $v = c$ ges:

$$E_{foton} = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,6261 \cdot 10^{-34} \cdot \frac{2,99792458 \cdot 10^8}{3,80 \cdot 10^{-7}} = 5,2275 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 3,2627 \text{ eV}$$

För att frigöra en elektron då en foton absorberas av metallen krävs en energimängd motsvarande utträdesarbetet E_u och eventuellt överskott omvandlas till rörelseenergi $E_{k,1}$ hos elektronen, enligt:

$$hf = E_u + E_k \Rightarrow$$

$$E_{k,1} = hf - E_u = E_{foton} - E_u = 3,263 - 2,29 = 0,97 \text{ eV}$$

Den frigjorda elektronen har alltså rörelseenergin 0,97 eV och accelereras sedan över spänningen 5,0 V, d.v.s. den tillför en rörelseenergi $E_{k,2}$:

$$E_{k,2} = \Delta E_p = QU = e \cdot 5,0 = 5,0 \text{ eV}$$

Den totala rörelseenergin $E_k = E_{k,1} + E_{k,2} = 0,97 + 5,0 = 5,97 \text{ eV}$

SVAR: maximalt 6,0 eV (alternativt $9,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$)

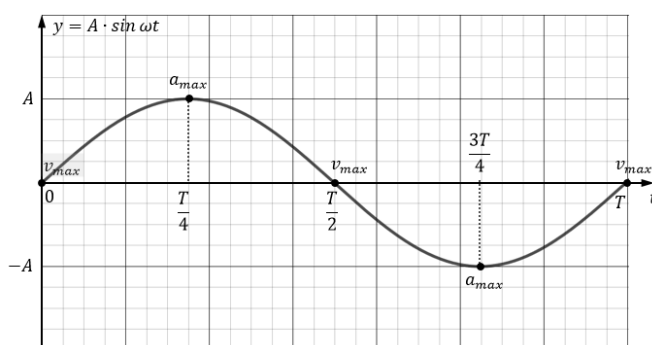
(Kommentar: Giftiga ämnen kan upptäckas och mätas genom att dessa, när de fäster på ytan av ett material, ger upphov till en ändring i materialets utträdesarbete.)

- 10 Elongation: $y = A \cdot \sin \omega t$

Hastighet: $v = y' = A\omega \cdot \cos \omega t$,

Acceleration: $a = y'' = -A\omega^2 \cdot \sin \omega t$ $a_{max} = A\omega^2$ (då $\sin \omega t = -1$)

Amplituden är känd, men periodtiden T behövs. Största hastigheten fås då membranet passerar jämviktsläget och största värdet på accelerationen fås i vändlägena. Mellan två sådana tidpunkter går tiden $T/4$, som är 0,65 ms enligt uppgiften.

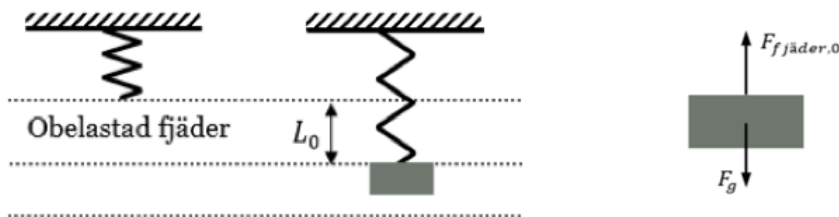


Periodtiden $T = 4 \cdot 0,65 \cdot 10^{-3} = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ s}$. Med $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$ ges:

$$a_{max} = A\omega^2 = A \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 = 0,01 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{2\pi}{2,6 \cdot 10^{-3}}\right)^2 = 58,40 \text{ m/s}^2$$

SVAR: Maximala accelerationen är 58 m/s²

- 11 a) Fjäderkraft: $F = kx$ Tyngdkraft: $F = mg$ Svängningstid: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$



Vid jämviktsläget, dvs då fjäderns förlängning $x_0 = L_0$:

$$\uparrow F_{fjäder,0} - F_g = 0$$

$$F_{fjäder,0} = F_g$$

$$kL_0 = mg$$

$$m = \frac{kL_0}{g} \quad (i)$$

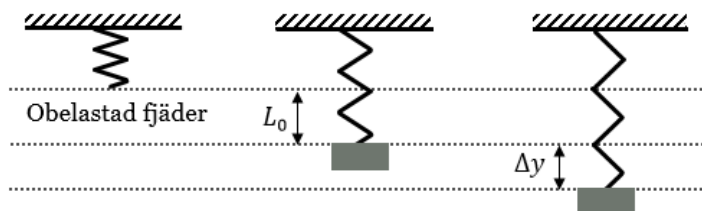
När fjädern släpps blir periodtiden blir med hjälp av (i):

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{kL_0}{kg}} = 2\pi\sqrt{\frac{L_0}{g}}$$

- b) Fjäderenergi: $E = k\frac{x^2}{2}$, där x är fjäderns förlängning.

Vid jämviktsläget är $x_0 = L_0$:

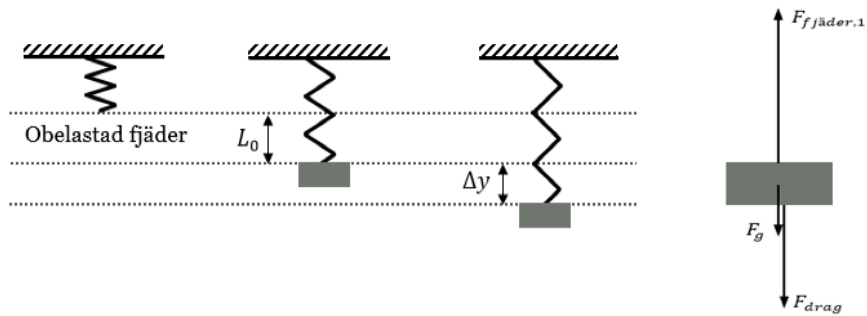
Vid nedersta läget där vikten hålls fast är fjädern utdragen ytterligare Δy , dvs $x_1 = L_0 + \Delta y$:



Ökningen av fjäderns energi ($\Delta E_{fjäder}$) ges av skillnaden mellan fjäderns energi ($E_{fjäder,1}$) när den totalt är utdragen $\Delta y + L_0$ och energin vid jämviktsläget ($E_{fjäder,0}$):

$$\begin{aligned} \Delta E_{fjäder} &= E_{fjäder,1} - E_{fjäder,0} = \frac{k(x_1)^2}{2} - \frac{k(x_0)^2}{2} = \frac{k(L_0 + \Delta y)^2}{2} - \frac{k(L_0)^2}{2} = \\ &= \frac{k(L_0^2 + 2L_0\Delta y + \Delta y^2)}{2} - \frac{kL_0^2}{2} = \frac{kL_0^2}{2} + kL_0\Delta y + \frac{k\Delta y^2}{2} - \frac{kL_0^2}{2} = k\Delta y(L_0 + \frac{\Delta y}{2}) \end{aligned}$$

Alternativ lösning med krafter:



Vid jämviktsläget, dvs då $x_0 = L_0$ (se figur uppgift a):

$$\uparrow F_{fjäder,0} - F_g = 0$$

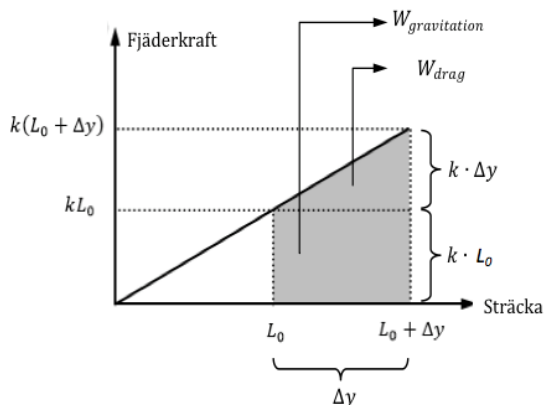
$$F_{fjäder,0} = F_g$$

Nedersta läget när vikten är fasthållen, $x_1 = L_0 + \Delta y$:

$$\uparrow F_{fjäder,1} - F_g - F_{drag} = 0$$

$$F_{fjäder,1} = F_g + F_{drag} \quad (ii)$$

Arbete: $W = Fs$



Energien som fjädern ökar med ($W_{fjäder}$) ges av tyngdkraftens arbete ($W_{gravitation}$) och arbetet från fysikläraren (W_{drag}). Det motsvaras av det markerade området i grafen ovan, dvs ur rektangeln och triangeln:

$$W_{fjäder} = W_{drag} + W_{gravitation} = \frac{\Delta y \cdot k\Delta y}{2} + \Delta y \cdot kL_0 = k\Delta y \left(L_0 + \frac{\Delta y}{2} \right)$$

$$\text{SVAR: a) } T = 2\pi \sqrt{\frac{L_0}{g}}$$

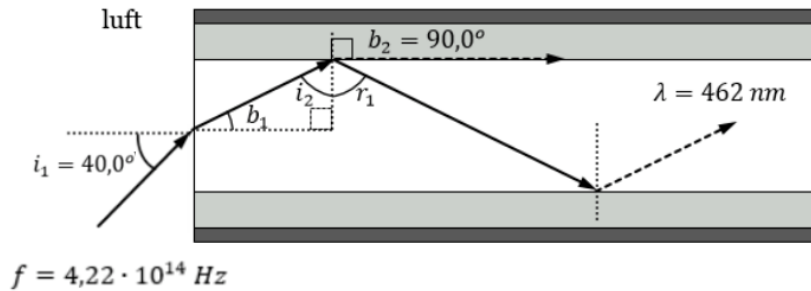
$$\text{b) } W = k\Delta y \left(L_0 + \frac{\Delta y}{2} \right)$$

- 12 a) Eftersom frekvensen aldrig ändras då en vågrörelse passerar gränsen mellan olika material kommer ljusets frekvens även inuti fibern att vara $4,22 \cdot 10^{14}$ Hz, d.v.s. ljusets utbredningshastighet inuti fiberkärnan $v = c_{kärna}$ blir då:

$$c_{kärna} = \lambda \cdot f = 4,22 \cdot 10^{14} \cdot 4,62 \cdot 10^{-7} = 1,9496 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Vid passage från omgivande luft in i fibern kommer ljusstrålen också att brytas i gränsen. För att ta fram brytningsvinkeln behöver brytningsindex räknas fram enligt:

$$n_{kärna} = \frac{c_0}{c_{kärna}} = \frac{2,9979 \cdot 10^8}{1,9496 \cdot 10^8} = 1,5377$$



Enligt brytningslagen fås då brytningsvinkeln från:

$$n_1 \cdot \sin \alpha_1 = n_2 \cdot \sin \alpha_2$$

$$n_{luft} \cdot \sin i_1 = n_{kärna} \cdot \sin b_1$$

$$\sin b_1 = \frac{n_{luft} \cdot \sin i_1}{n_{kärna}} = \frac{1,00 \cdot \sin 40,0^\circ}{1,5377} = 0,41804$$

$$b_1 = 24,710^\circ$$

För att ljuset inte försvagas krävs totalreflektion i gränsytan mellan kärnan och mantelhöljet. Villkoret för totalreflektion fås från brytningslagen med en brytningsvinkel på 90° för gränsen för totalreflektion.

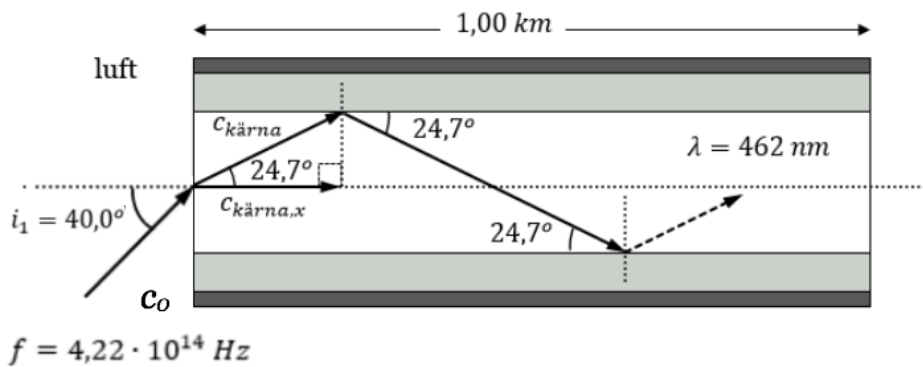
$$i_2 = 90^\circ - b_1 = 90^\circ - 24,711^\circ = 65,289^\circ$$

$$n_{kärna} \cdot \sin i_2 > n_{mantel} \cdot \sin b_2 \Rightarrow n_{mantel} < \frac{n_{kärna} \cdot \sin i_2}{\sin b_2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n_{mantel} < \frac{1,5376 \cdot \sin 65,289^\circ}{\sin 90^\circ} \Rightarrow n_{mantel} < 1,3969$$

Eftersom brytning sker från normalen för brytningsindex hos mantelhöljet som är mindre än brytningsindex hos kärnan, och ju mindre brytningsindex desto större brytning, kommer också brytningsindex mindre än 1,40 att ge totalreflektion. Det ger ett intervall för brytningsindex enligt: $1,00 < n_{mantel} < 1,40$

b) Ljuset som faller in med vinkeln $40,0^\circ$ kommer upprepade gånger att totalreflekteras under sin färd genom kärnan. Den infallande vinkeln i fibern ($24,7^\circ$) kommer under passagen vara lika stor som ljusstrålens riktning mot den raka fiberkärnans riktning, se figur. Genom att ta fram hastighetskomponenten i fiberkärnans riktning $c_{kärna,x}$ så kan tiden t beräknas:



$$\cos 24.710^\circ = \frac{c_{\text{kärna},x}}{c_{\text{kärna}}}$$

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$t = \frac{s}{c_{\text{kärna},x}} = \frac{s}{\cos 24.710^\circ \cdot c_{\text{kärna}}} = \frac{1000}{\cos 24.710^\circ \cdot 1.9496 \cdot 10^8} = 5.6463 \cdot 10^{-6} = 5.65 \mu\text{s}$$

SVAR: a) $1.00 < n_{\text{mantel}} < 1.40$
b) $5.65 \mu\text{s}$

Rättningsmall

Generella riktlinjer för tentamensrättning

Omvandlingsfel t.ex. km/h till m/s; ton till kg.....	-1 p
Avrundningsfel, t.ex. $1.37 \approx 1.3$, $1.41 \approx 1.40$	-1 p/uppgift
Räknefel.....	-1 p
Fysikaliska fel.....	-2 p minst
Enhetsfel, t.ex. $F = 3.0 \text{ J}$	-1 p
För få värdesiffror i delberäkning.....	-1 p/uppgift
Omvandlingsfel i svaret vid frivilligt enhetsbyte.....	inget avdrag om rätt svar finns tidigare
Felaktigt antal värdesiffror i svaret (+/- 1 OK).....	-1 p/tentamensdel första gången
Odefinierade beteckningar (ej självklara).....	-1 p
Ofullständiga lösningar/lösningar svåra att följa.....	-1 p minst
Avskrivningsfel som inte påverkar uppgiften	-1 p

- Otillräcklig motivering, t ex infallande och reflekterad puls saknas i figuren -1p
Felaktig superposition från korrekt infallande och reflekterad puls -1p
Reflekterad puls ej omvänd -2p
Visar inte beräkningen för antalet rutor, konstaterar direkt 6 rutors fortskridning ej avdrag
- Räknar med ljudmaximum istället för ljudminimum -2p

- | | |
|---|-----------|
| 3. Gör ej om till K | -1p |
| 4. Räknar inte relativistiskt | -2p |
| Förväxlar t och t_0 . | -2p |
| 5. Någon av figurerna som visar korrekt grundton eller första övertonen saknas | -1p |
| Felaktigt samband mellan rörets längd och våglängd | -1p/fel |
| Ansätter värden på längden L | -2p |
| Ansätter en längd men kommenterar att lösningen är oberoende av L | -1p |
| Korrekt beräkning baserad på någon felaktig figur | -1p |
| 6. Redovisar inte elektronerna i beräkning av massdefekten | -1p |
| Fel sönderfall, dvs inte α -sönderfall | -2p |
| Rätt reaktionsformel och massdefekt, sedan fel | -1p |
| 7. Sätter $E = \frac{hc}{\lambda}$ direkt utan att visa hur det togs fram | ej avdrag |
| Otydligt energiresonemang, t ex definierar inte tydligt energisambandet | minst -1p |
| 8. Svarar att man ser tre ljusa fläckar, korrekt lösning i övrigt | -1p |
| Svarar att man ser sex ljusa fläckar (glömmer centralmax), korrekt lösning i övrigt | -1p |
| Avrundar p uppåt till 4 och därmed felaktig slutsats | -1p |
| 9. Räknar ut energin hos den frigjorda elektronen, sedan fel | -1p |
| Sätter $E = \frac{hc}{\lambda}$ direkt utan att visa hur det togs fram | ej avdrag |
| 10. Felaktig periodtid | -2p |
| Någon felaktig derivata av y, i övrigt korrekt a_{\max} | -1p |
| Visar direkt uttrycket för a utan att utgå från derivatan av y | -1p |
| 11. a) Kraftfigur felaktig/saknas | -1p |
| Svar med ytterligare/andra beteckningar än de angivna | -2p |
| b) Svar med ytterligare/andra beteckningar än de angivna | -1p |
| Beräknar inte energiökningen endast under förlängning Δy | -1p |
| 12. a) Figur med strålgång och vinklar saknas | -1p |
| Anger korrekt i_2 sedan fel brytningsindex | -1p |
| Felaktig infallande vinkel i_2 (använder exempelvis b_1),
därmed ej totalreflektion | -2p |
| Anger inte att n måste vara mindre än 1,40 | -1p |
| Svarar $n < 1,40$ | ej avdrag |
| Svarar med \leq istället för $<$ | ej avdrag |
| b) rätt/fel | - |