

TENTAMEN I FYSIK FÖR n1 och BME1 DEN 14 Januari 2015

Skrivtid: 08.00-13.00

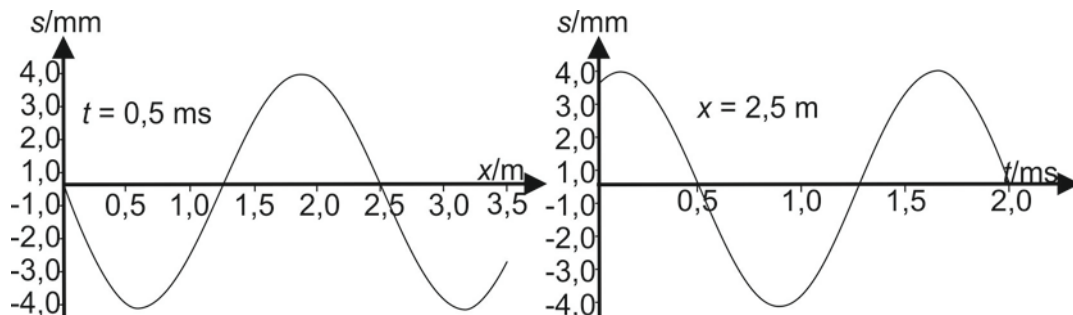
Hjälpmedel: Formelblad och räknare.

*Börja varje ny uppgift på nytt blad. Lösningarna ska vara **väl motiverade och försedda med svar**. Kladdblad rättas inte!*

Betyg: Varje korrekt löst uppgift ger 6 poäng. På varje uppgift görs en helhetsbedömning. För godkänt krävs minst 24 poäng varav 12 poäng på de fem första uppgifterna och 6 på de tre sista.

Observera att uppgifterna inte är ordnade efter svårighetsgrad!

1. En plan ljudvåg beskrivs av ekvationen $s = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) + \alpha \right]$
- a) Bestäm med hjälp av diagrammen nedan värden på A , T , λ och α samt avgör vågens utbredningsriktning.
- b) Bestäm vågens utbredningshastighet samt maximala partikelhastigheten



2. En handhållen polisradar (Stalker II SDR) är baserad på dopplerteknik och används för att mäta fordonshastighet. En kombinerad sändare/mottagare skickar ut mikrovågor med frekvensen $f_s = 34,7$ GHz rakt mot fordonet. Den utsända signalen reflekteras mot fordonet och mottagaren registrerar sedan svävningsfrekvensen Δf mellan den utsända och mottagna signalen.
- a) Härled ett uttryck för fordonets hastighet v . Rita figurer! Ledning: Detta har du gjort på laboration.
- b) Ange i vilket svävningsfrekvensintervall mottagaren är känslig för att kunna bestämma fordonshastigheter mellan 25-200 km/h. Svara i kHz.



3. Du har hittat två linser med brännvidd $+4\text{ cm}$ och har pappersröret ifrån en toalettrulle kvar sedan julpysslet då ni gjorde smällkarameller. Du bestämmer dig för att testa att göra ett primitivt "mikroskop" genom att sticka in de tunna linserna ytterst vid varje sida av toalettrullen som är 15 cm lång. När du är klar tittar du allra först genom "mikroskopet" ner på ett frimärke som ligger på bordet 6 cm ifrån den närmsta linsen.



- Beräkna var slutbilden av föremålet sedd genom "mikroskopet" hamnar.
- Hur stor är "mikroskopets" lateralförstoring?
- Rita strålgången genom "mikroskopet". Använd en pil för att illustrera frimärket i diagrammet.

4. Du är på jakt efter en LED TV för en härlig filmupplevelse samtidigt som du vill spara energi, men känner dig osäker då du bombarderas med reklam och inte bara priser och energiförbrukning skiljer sig åt. Nu propageras för så kallad ultra high definition (UHD) upplösning som ger 3840×2160 pixlar istället för tidigare upplösning kallad full HD. Anta att pixlarna är kvadratiska och att TV-sändningen har samma upplösning som TVn. Brytningsindex för ögat är $1,33$.

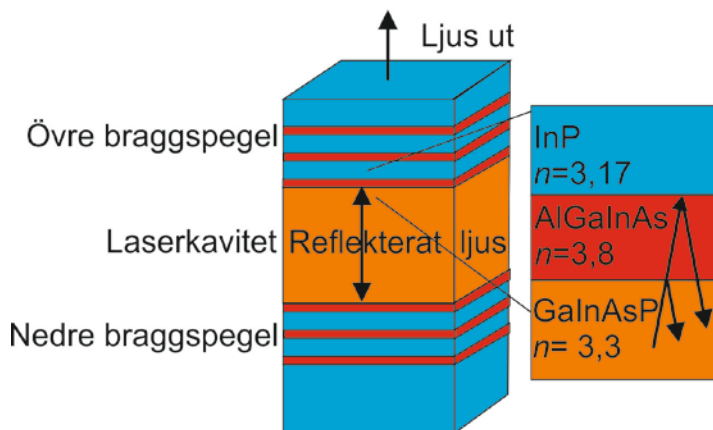
- a) Du sitter normalt c.a. 5 m ifrån Tvplatsen. Uppskatta hur stor TVn ska vara för att du ska börja se enskilda pixlar? Räkna på en våglängd mitt i det synliga området (550 nm) och låt ögats pupill vara 5 mm . Diagonalen på TVn definierar storleken och ges i tum där $1\text{ tum} = 25,4\text{ mm}$.



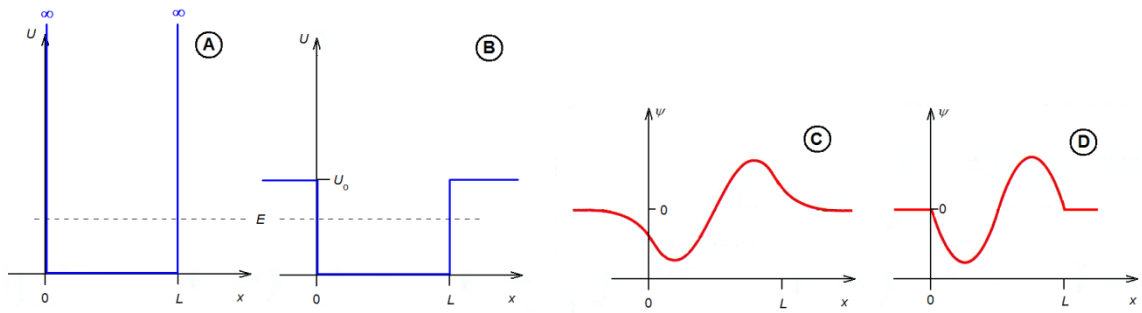
- b) Uppskatta hur nära en $55''$ TV du ska sitta för att kunna se enskilda pixlar på UHD TVn.

5. En vertical cavity surface emitting laser (vcsel) är en typ av halvledarlaser där laserkaviteten är inbakad mellan braggspeglar. Hela strukturen tillverkas sekventiellt i en enda process som består av flera steg. I ett arbete om VCSLEs hittar du att braggspeglarna består av 22 alternerande lager halvledarmaterial med brytningsindex $n = 3,8$ och $n = 3,17$. Vardera spegel ger en totalreflektion på 99% och är optimerade för ljus med en vakumvåglängd på $1,55\text{ }\mu\text{m}$ som används inom optisk kommunikation. Det emitterande lagret i kaviteten har ett brytningsindex på $n = 3,2$

Nu ska vi räkna bara på ett lager, dvs emission inifrån kaviteten som reflekteras mot det första lagret (se figur)



- a) Bestäm den minsta skiktjockleken av AlGaInAs för maximal reflektion. (Se figuren där pilar indikerar relevant strålgång med överdriven infallsvinkel för klarhet.) Rita en egen figur som inkluderar eventuell fasförskjutning.
- b) Hur stor del av intensiteten som emitteras i kaviteten reflekteras? Du behöver bara ta hänsyn till en reflektion i vardera ytan. Tanken är alltså att skapa en så bra spegelyta som möjligt. Observera att du med ett enda skikt inte kan komma i närheten av 100%.
6. Ett rymdskepp rör sig bort från Jorden med hastigheten $0,70c$. Ett år senare, mätt på jorden, lämnar ett något förbättrat och snabbare rymdskepp Jorden med hastigheten $0,80c$ i samma riktning som det första skeppet.
- a) Hur långt bort, räknat från en observatör på Jorden, hinner det snabbare rymdskeppet ikapp det långsammare? Svara i ljusår.
- b) Med vilken relativ hastighet passerar det snabbare skeppet det gamla rymdskeppet?
7. Fjärrkontrollen för inomhusbruk till UHD TVn ovan innehåller lysdioder med den infraröda våglängden 980 nm .
- a) Ljus av denna våglängd används för att jonisera en exciterad väteatom. Till vilken energinivå ($n = 1, 2, 3, 4, 5 \dots$) måste väteatomen minst vara exciterad för att strålningen ska förmå jonisera väteatomen?
- b) Hur många olika våglängder kan utsändas då en väteatom exciteras gång på gång till tillståndet i a-uppgiften och därefter återgår till grundtillståndet? Rita energinivådiagram!
- c) Beräkna den kortaste av dessa våglängder. Svara med fem gällande siffror.
8. I figurerna **A** och **B** ser du två potentialgropar i vilka ett tillåtet energitillstånd E markerats. Figurerna **C** och **D** illustrerar tillhörande vågfunktioner $\psi(x)$. Vilken vågfunktion hör till vilken potentialgrop? Motivera!



b) Hur stor är sannolikheten att finna elektronen mitt i någon av potentialgropparna? Motivera!

c) Förutom grodor som kan fås att levitera i ett starkt magnetiskt fält hävdar en del mystiker och magiker att de kan självlevitera. Uppskatta sannolikheten att du skulle levitera 1 m ovanför marken. Utgå ifrån dina kunskaper i atomfysik och anta att grundtillståndet är när du sitter på marken.



Lycka till!

heltfattaede lösningssörslag till tentamen 2015-01-14

$$\Delta = 4 \text{ mm}$$

$$T = 1,5 \text{ ms}$$

$$\lambda = 2,5 \text{ m}$$

$$\vec{v} = 84 \text{ väster}$$

$$\text{identificera } s=A \quad \text{tex} \quad t=0,5 \text{ ms}$$

$$x = \frac{3}{4} \cdot 2,5 \text{ m}$$

$$1 = \sin\left(2\pi\left(\frac{0,5}{1,5} + \frac{1,875}{2,5}\right) + \alpha\right)$$

$$\frac{\pi}{2} + 2\pi m = \frac{2\pi}{3} + 1,5 \cdot \pi + \alpha$$

$$\alpha = \frac{3\pi}{6} - \frac{13\pi}{6} + 1,5 \cdot 2\pi = \frac{\pi}{3} (+ 2\pi m)$$

$$s = 4,0 \text{ mm} \cdot \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{1,5 \text{ ms}} + \frac{x}{2,5 \text{ m}}\right) + \frac{\pi}{3}\right)$$

$$b) v = f \cdot \lambda = \frac{\lambda}{T} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,5 \text{ ms}} = 1,67 \text{ km/s}$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial t}\right)_{\max} = A \cdot \frac{2\pi}{T} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 2\pi}{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 16,75 \text{ m/s}$$

svår: 1,7 km/s
17 m/s

2)



$$f_m = \frac{v - v_m}{v - v_s} \cdot f_s \Rightarrow f_{bil} = f_s \cdot \frac{c + v_{bil}}{c}$$

$$f_{mott} = f_{bil} \cdot \frac{c}{c - v_{bil}} = f_s \cdot \frac{c + v_{bil}}{c - v_{bil}}$$

$$\Delta f = f_m - f_s = f_s \left(\frac{c + v_{bil}}{c - v_{bil}} - 1 \right) = f_s \cdot \frac{2v_{bil}}{c - v_{bil}}$$

$$(c - v_{bil}) \Delta f = f_s \cdot 2v_{bil} \quad c \Delta f = v_{bil} (2f_s + \Delta f) \quad v_{bil} = \frac{c \Delta f}{2f_s + \Delta f} \approx \frac{c \Delta f}{2f_s}$$

$$b) 25 - 200 \text{ km/s} \Rightarrow 6,944 - 55,55 \text{ m/s}$$

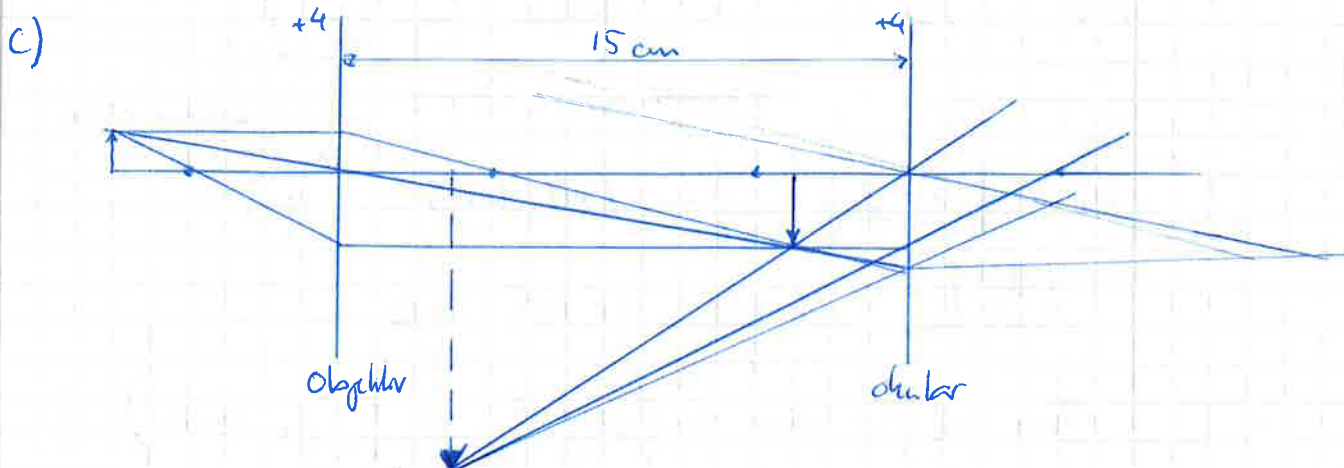
$$\Delta f = v_{bil} \cdot \frac{2f_s}{c} \Rightarrow 1,6064 \text{ kHz} - 12,851 \dots \text{ kHz}$$

svår a) $v_{bil} = \frac{c \Delta f}{2f_s + \Delta f}$

$$b) 1,6 \text{ kHz} \leq \Delta f \leq 12,9 \text{ kHz}$$

3) a) $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ $a = 6 \text{ cm}$ $f = 4 \text{ cm} \Rightarrow b = 12 \text{ cm}$
 $a_2 = 15 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 3 \text{ cm}$, $f_2 = 4 \text{ cm} \Rightarrow b_2 = -12 \text{ cm}$

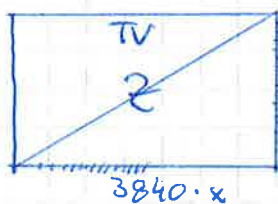
b) förstoring $M_1 = -\frac{b_1}{a_1} = -\frac{12}{6} = -2$, $M_2 = -\frac{b_2}{a_2} = \frac{12}{3} = 4$ $M_{\text{tot}} = M_1 \cdot M_2 = -8$



sva a) den virtuella bilden hamnar 3 cm till höger om den första linsen.

b) -8 gånger c) se ovan

4)



2160 · x diagonal av TV ges av

$$\sqrt{(2160 \cdot x)^2 + (3840 \cdot x)^2} = z \quad \checkmark \text{ Pythagoras sats}$$

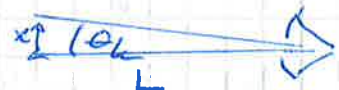
a) Bøjning i cirkulär öppning, längdapplösning

$$D \sin \theta = 1,22 \cdot \lambda_{\text{öga}} = 1,22 \cdot \frac{\lambda_{\text{vac}}}{n_{\text{öga}}}, \quad \tan \theta = \frac{x}{L} \approx \sin \theta$$

$$\lambda_{\text{vac}} = 550 \text{ nm},$$

$$n_{\text{öga}} = 1,33$$

$$D = 5 \text{ mm (enl upps)} \Rightarrow x = 1,22 \cdot \frac{\lambda_{\text{vac}}}{1,33} \cdot \frac{L}{D} \Rightarrow x = 5,045 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$



med pythagoras enl ovan $x = 5,045 \cdot 10^{-4} \text{ m} \Rightarrow z = 2,2227 \text{ m}$
 $z = 87,511 \text{ tum}$

b) pythagoras ovan, x okänd, $z = 55'' \Rightarrow x = 3,17 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

$$3,17 \cdot 10^{-4} = 1,22 \cdot \frac{\lambda_{\text{vac}}}{1,33} \cdot \frac{L}{D} \Rightarrow L = 3,142 \text{ m}$$

sva a) 88"

b) 3,1 m

$$n = \begin{cases} 3,4 \\ 3,8 \\ 3,3 \end{cases}$$



a) max d_{max}

$$2nd = \frac{\lambda}{2} + m \cdot \lambda$$

$$d_{\text{min}} = \frac{\lambda}{4n} = \frac{1,55 \cdot 10^{-6} \text{ m}}{4 \cdot 3,8} = 102 \text{ nm}$$

b) inkommande intensitet $I_0 = E_0^2$

$$I_1 = R_1 I_0 \quad T_1 = (1 - R_1) \quad I_2 = R_2 T_1^2 I_0$$

$$R_1 = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 = \left(\frac{0,5}{7,1} \right)^2 \quad R_2 = \left(\frac{n_3 - n_2}{n_3 + n_2} \right)^2 = \left(\frac{-0,63}{6,97} \right)^2$$

$$\begin{aligned} I_1 &= R_1 I_0 \Rightarrow E_1 = \sqrt{R_1} \cdot E_0 & E_{\text{tot}} &= (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2 T_1}) \cdot E_0 \Rightarrow \\ I_2 &= R_2 T_1^2 I_0 & E_2 &= \sqrt{R_2 T_1} \cdot E_0 & I_{\text{tot}} &= (\sqrt{R_1} + \sqrt{R_2 T_1})^2 \cdot I_0 \end{aligned}$$

$$\frac{I_{\text{tot}}}{I_0} = 0,0257$$

sva a) $d_{\text{min}} = 102 \text{ nm}$

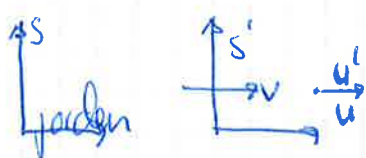
b) $\frac{I_{\text{tot}}}{I_0} = 2,6 \%$

6) a) För en observatör på jorden är det sträckan 0,7 ljusår som ska hämtas in.

Den relativa hastigheten för observatören på jorden är $0,1 \cdot c$ vilket gör att det tar 7 år

b) Det snabba rymdskeppet befinner sig

då $7 \cdot 0,8c = 5,6$ ljusår bort (det längsamma $8 \cdot 0,7c = 5,6$)

b)  $u = \frac{u' + v}{1 + \frac{v u'}{c^2}} \Leftrightarrow u' = \frac{u - v}{1 - \frac{uv}{c^2}}$

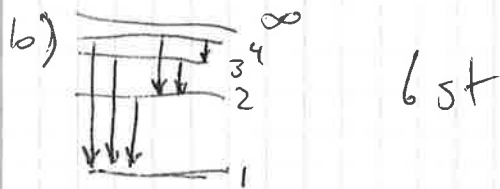
$$\left. \begin{aligned} u &= 0,8c \\ v &= 0,7c \end{aligned} \right\} \Rightarrow u' = \frac{0,1 \cdot c}{1 - 0,8 \cdot 0,7} = \frac{0,1c}{0,44} = 0,227 \dots \cdot c$$

Svar a) se ovan

b) $0,23 \cdot c$

7) Väte: $\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$: jonisation $\Rightarrow n_2 = \infty$

a) $\lambda = 980 \text{ nm} \Rightarrow n_1 = 3,27... \Rightarrow \text{minst till } n_1 = 4$



c) $\frac{1}{\lambda_{\min}} = R_H \left(\frac{1}{1} - \frac{1}{16} \right) \Rightarrow \lambda_{\min} = 97,2547... \text{ nm}$

Svar a) $n_1 = 4$ b) 6 st c) 97,255 nm

8) vågfunktionen ① hör till den oändliga potentialgränsen.
A eftersom vågfunktionen ① $\neq 0$ utanför intervallet.

$0 \leq x \leq L$, där sannolikhet att finna elektronen utanför intervallet $= 0$

b) $|\psi(\frac{L}{2})|^2 = 0$ för båda vågfunktionerna,
alltså är sannolikheten $= 0$

c) Boltzmannfördelning $\frac{N_2}{N_1} = e^{-\Delta E/kT}$ $T = 300K$

lag väge 68 kg $\Rightarrow \Delta E = mgh = 667J$

$\frac{N_2}{N_1} = 0$ (blir så litet att miniräknaren visar värdet noll (avrundningsfel). sannolikhet $= 0$)

Svar) a) ①, b) 0 c) 0

TENTAMEN I FYSIK FÖR n1 och BME1 DEN 9 Maj 2015

Skrivtid: 08.00-13.00

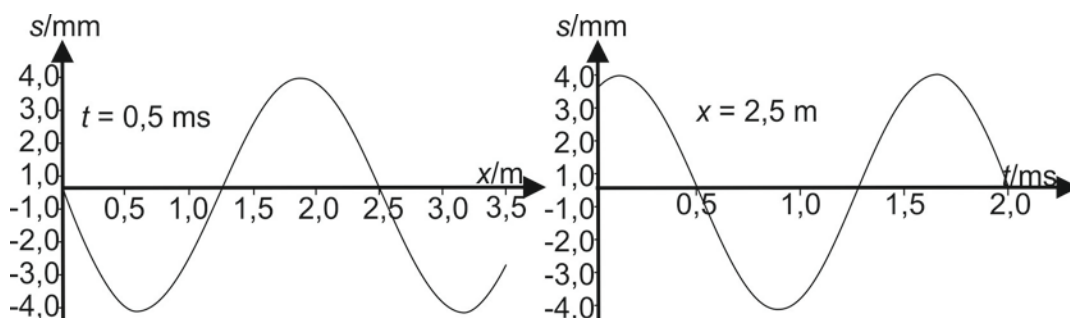
Hjälpmedel: Formelblad och räknare.

Börja varje ny uppgift på nytt blad. Lösningarna ska vara **väl motiverade och försedda med svar**. Kladdblad rättas inte!

Betyg: Varje korrekt löst uppgift ger 6 poäng. På varje uppgift görs en helhetsbedömning. För godkänt krävs minst 24 poäng varav 12 poäng på de fem första uppgifterna och 6 på de tre sista.

Observera att uppgifterna inte är ordnade efter svårighetsgrad!

1. En plan ljudvåg beskrivs av ekvationen $s = A \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) + \alpha \right]$
- a) Bestäm med hjälp av diagrammen nedan värden på A , T , λ och α samt avgör vågens utbredningsriktning.
- b) Bestäm vågens utbredningshastighet samt maximala partikelhastigheten



2. En hydrometer kan användas för att bestämma en vätskas densitet. Om mätaren som flyter i vätskan lyfts eller trycks ned och sedan släpps uppstår en harmonisk svängningsrörelse runt sitt jämviktsläge i y-led som beskrivs av sambandet

$$y = A \sin(\omega t + \alpha)$$

Differentialekvationen som beskriver svängningen kan skrivas

$$m \cdot \frac{d^2 y}{dt^2} + g \cdot \rho \cdot A_x \cdot y = 0$$

där ρ är vätskans densitet, g är tyngdaccelerationen. A_x är hydrometers tvärsnittsarea i mätområdet och y avvikelsen mot jämviktsläget.

- a) Härled ett uttryck för rörelsens vinkelfrekvens, f .
- b) Beräkna svängningstiden om $m = 20$ g, $A_x = 5.0 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ och $\rho = 1.2 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.



3. I en dagstidning kunde man för några år sedan läsa om vikten av att aldrig placera ett sfäriskt akvarium i direkt solljus. Anledningen sades vara att fiskarna kunde "...simma in i skålens brännpunkt...", vilket skulle skada dem.

Anta att du har en sfärisk akvarieskål fylld med vatten och beräkna var solljus som kommer in mot skålen kommer att samlas. Sätt skålens radie till 30,0 cm och vattnets brytningsindex till 1,33. Ange svaret i förhållande till skålens mittpunkt och kommentera citatet ovan.

4. En digitalkamera har ett zoomobjektiv vars brännvidd f kan varieras mellan 24 mm och 70,0 mm. Kamerans bildsensor, som mäter 13,2 mm $\times$ 8,8 mm, har 21 miljoner kvadratiska bildpunkter (pixlar).



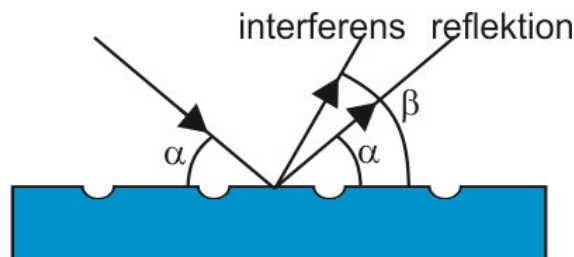
a) Försumma böjning och bestäm vilken vinkelupplösning kamerans bildsensor har när zoomobjektivet är inställt på brännvidden $f = 24,0$ mm och skärpan på oändligheten.

b) Med kameran inställd på den maximala brännvidden ($f = 70,0$ mm) fotograferas natthimlen. Eftersom det är mörkt använder du kamerans största bländaröppning, 25 mm. Vilken diameter får en avlägsen stjärna på bildsensorn när skärpan är rätt inställd? Räkna på en våglängd mitt i det synliga området. Ledning: Det är böjningen som gör att bilden av stjärnan får denna utsträckning.

5. a) Figuren nedan visar schematiskt hur intensiteten på laserljus som passerat ett gitter varierar. Bestäm förhållandet mellan spaltavståndet d och spaltbredden b för gittret. Motivera ditt svar!



b) Avståndet mellan markeringarna på en linjal kan användas som ett reflektionsgitter. Om ljus infaller med en vinkel α mot linjalens plan, vad är villkoret för huvudmaxima vid vinkeln β ?



6. En myon med den kinetiska energin $1,2 \cdot 10^8$ eV rör sig i en cirkulär bana. Myonens vilomassa är 207 gånger större än elektronens och myonens livstid är i vila 2,1 μ s.

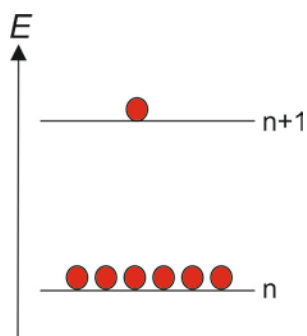
a) Med vilken hastighet rör sig myonen?

b) Bestäm hur många varv en observatör i laboratoriet mäter att myonen gör under sin livstid om acceleratoren har radien 80,0 m.

7. Figuren till höger visar schematiskt en fördelning av atomer mellan två energinivåer i en het gas med temperaturen $T = 3230 \text{ K}$. Varje cirkel representerar i verkligheten ett stort antal atomer.

a) Anta att fördelningen har uppkommit utan yttre påverkan av ljus e.dyl. och beräkna den våglängd som utsänds vid övergång mellan de båda energinivåerna.

c) Bestäm n i figuren om gasen är atomär vätegas dvs. utgörs av fria väteatomer.



8. År 1991 demonstrerades den första diodlasern av zinkselenid, ZnSe . För våglängden 480 nm , som lasern avger, har zinkselenid brytningsindex $n = 2,68$.

a) Beräkna avståndet mellan ZnSe -kristallens planparallella ytor om frekvensavståndet Δf mellan resonansfrekvenserna i lasern är 68 GHz .

b) Beräkna våglängdsavståndet $\Delta \lambda$ mellan resonansfrekvenserna i lasern.

Lycka till!

1)

$$A = 4 \text{ mm}$$

$$T = 1,5 \text{ ms}$$

$$\lambda = 2,5 \text{ m}$$

$\bar{v}$ - åt vänster

Identifiera $S=A$

$$\text{t.ex } t = 0,5 \text{ ms}$$

$$\Rightarrow x = \frac{3}{4} \cdot 2,5 \text{ m}$$

$$1 = \sin\left(2\pi\left(\frac{0,5}{1,5} + \frac{\frac{3}{4} \cdot 2,5}{2,5}\right) + \alpha\right)$$

$$\frac{\pi}{2} + 2\pi m = \frac{2\pi}{3} + 1,5 \cdot \pi + \alpha$$

$$\alpha = \frac{3\pi}{6} - \frac{13\pi}{6} + m \cdot 2\pi = \frac{\pi}{3} (+ 2\pi m)$$

$$S = 4,0 \text{ mm} \cdot \sin\left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{1,5 \text{ ms}} + \frac{x}{2,5 \text{ m}}\right) + \frac{\pi}{3}\right]$$

$$b) v = f \cdot \lambda = \frac{\lambda}{T} = \frac{2,5 \text{ m}}{1,5 \text{ ms}} = 1,67 \text{ km/s}$$

$$\left(\frac{ds}{dt}\right)_{\max} = A \frac{2\pi}{T} = \frac{4,0 \cdot 10^{-3} \cdot 2\pi}{1,5 \cdot 10^{-3} \text{ s}} = 16,75 \text{ m/s}$$

svar 1,7 km/s, 17 m/s

2)

2)

$$y = A \sin(\omega t + \alpha)$$

$$\frac{dy}{dt} = \omega A \cos(\omega t + \alpha)$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega^2 A \sin(\omega t + \alpha) \Rightarrow -\omega^2 y + \frac{g \rho A x}{m} = 0$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\Rightarrow \omega = 2\pi f = \sqrt{\frac{g \rho A x}{m}}$$

$$m = 20g$$

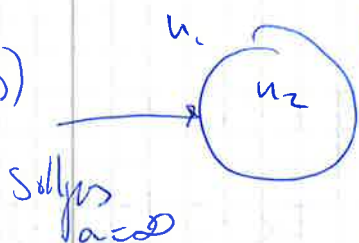
$$A = 5 \cdot 10^{-5} m^2$$

$$\rho = 1,2 \cdot 10^3 kg/m^3$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \rho A x}{m}}$$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{g \rho A x}}$$

3)



$$① R_1 = 300cm$$

$$u_1 = 1$$

$$u_2 = 1,33$$

b₁ m ; sporisk yta

$$\frac{u_1}{a} + \frac{u_2}{b} = \frac{u_2 - u_1}{R}$$

$$② R_2 = -300cm$$

$$u_1 = 1,33$$

$$u_2 = 1$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1,33}{b_1} = \frac{0,33}{300cm} \Rightarrow b_1 = 120,7cm$$

$$a_2 =$$

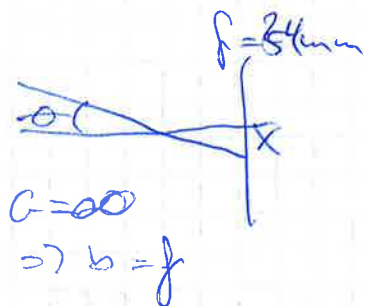
$$a_2 = 60 - 120,7 = -60,907..$$

$$\Rightarrow \frac{1,33}{-60,907} + \frac{1}{b_2} = \frac{-0,33}{-30}$$

$$b_2 = 30,45cm$$

Svar 60,4 cm till vänster om skatens mittpunkt c.akt av korrens!

4



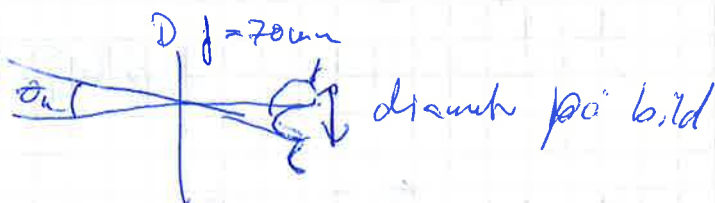
$$x = \sqrt{\frac{13,2 \text{ mm} \cdot 8,8 \text{ mm}}{21 \cdot 10^6}} = 2,35 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$\Rightarrow \tan \theta = \frac{2,35 \cdot 10^{-6}}{24 \cdot 10^{-3}}$$

$$\theta = 0,0056 \dots^\circ$$

$\lambda = 550 \text{ nm}$
 $D = 25 \text{ mm}$
 $f = 70 \text{ mm}$
 $a = \infty$

$$\Rightarrow b = f$$



$$\left. \begin{array}{l} D \sin \theta_u = 1,22 \cdot d \\ \tan \theta_u = \frac{x}{f} \\ \sin \theta_u \approx \tan \theta_u \end{array} \right\} \begin{array}{l} D \cdot \frac{x}{f} = 1,22 \cdot d \\ \Rightarrow 2x = \frac{2 \cdot 1,22 \cdot d \cdot f}{D} \end{array}$$

$$2x = \frac{2 \cdot 1,22 \cdot 5,5 \cdot 10^{-7} \cdot 7 \cdot 10^{-2}}{25 \cdot 10^{-3}} = 3,257 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

Svar a) $0,0056^\circ$

b) $3,257 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ (ca 2 pixlar)

5 huvudmaximums längd bestäms av spaltavståndet d ,

$$d \sin \theta = m \cdot \lambda \quad m = \text{heltal}$$

Bijugts minimums längd bestäms av spaltbredden b

$$b \sin \theta = m \cdot \lambda \quad m \neq 0$$

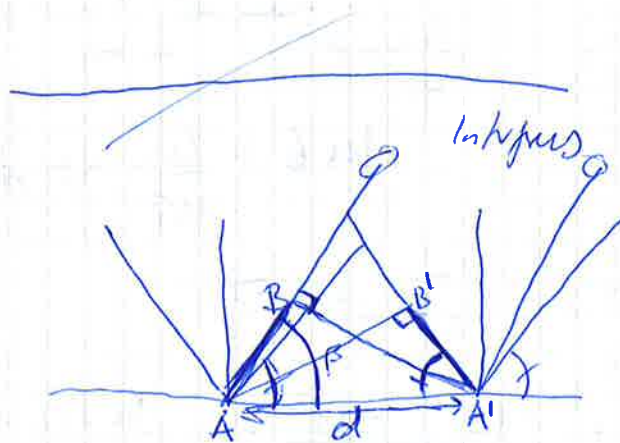
enligt förhållande 4.e huvudmax med

$$\left. \begin{array}{l} d \sin \theta = 4 \lambda \\ b \sin \theta = \lambda \end{array} \right\} \frac{d}{b} = 4$$

b)



5b)



$AB - A'B'$ optisk væghastighed

$$\frac{A'B'}{d} = \cos \alpha$$

$$\frac{AB}{d} = \cos \beta$$

$$\Rightarrow d \cos \beta - d \cos \alpha = m \cdot d$$

6 $W_{kin} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ eV}$, $W_{kin} = m_0 c^2 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right)$
 $m = 207 \cdot m_e$
 $\Rightarrow \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \left(\frac{W_{kin}}{m_0 c^2} + 1 \right)^{-1}$

a $\Rightarrow v = 0,883 c \quad \Leftarrow \quad = 0,4685$

b) $t' = 2,1 \cdot 10^{-6} \text{ s}$
 $L_0 = 2\pi \cdot 80 \text{ m}$
 $t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = 4,48 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

$$\Rightarrow s = v \cdot t = 1187,18 \text{ m}$$

$$\frac{s}{L_0} = 2,38$$

svare a) $v < 0,9c$

b) 2,4 rev

7)

$$T = 3230 \text{ K}$$

$$\frac{N_L}{N_U} = \frac{1}{6}$$

$$\left. \begin{array}{l} T = 3230 \text{ K} \\ \frac{N_L}{N_U} = \frac{1}{6} \end{array} \right\} \text{ Boltzmann}$$

$$\frac{N_L}{N_U} = e^{-\Delta E / kT} = e^{-h\nu / kT}$$

$$\ln 6 = \frac{h\nu}{kT} \Rightarrow d = 2,486 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$b) \frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{(n+1)^2} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{(n+1)^2 - n^2}{(n+1)^2 \cdot n^2} \right) = \frac{n^2 + 2n + 1 - n^2}{(n+1)^2 \cdot n^2}$$

$$\frac{1}{\lambda R_H} = \frac{2}{n^3} \quad n = \sqrt[3]{2\lambda R_H} \quad \frac{2n+1}{(n+1)n^2} \approx \frac{2}{n^3}$$

$$n = 3,79$$

$$n = 3$$

$$\text{Svar a) } 2,5 \mu\text{m}$$

$$b) 3$$

8

$$d = 480 \text{ nm}$$

$$n = 2,68$$

$$\Delta f = 68 \text{ GHz}$$



$$L = \frac{b}{2} = \frac{v}{2f_1} = \frac{c}{2nf_1} \Rightarrow$$

$$f_1 = \frac{c}{2nL} = \Delta f \text{ (see below)}$$

$$L = \frac{c}{2n\Delta f} = 8,225 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$b) f = \frac{c}{\lambda} \Rightarrow df = -\frac{c}{\lambda^2} d\lambda$$

$$\Rightarrow \Delta \lambda = \frac{\Delta f \cdot \lambda^2}{c} = 5,226 \cdot 10^{-11} \text{ m}$$

$$\text{Svar a) } 0,82 \text{ nm}$$

$$b) 5,2 \cdot 10^{-8} \text{ m}$$

TENTAMEN I FYSIK FÖR n1 och BME1 DEN 22 Aug 2015

Skrivtid: 08.00-13.00

Hjälpmedel: Formelblad och räknare.

*Börja varje ny uppgift på nytt blad. Lösningarna ska vara **väl motiverade och försedda med svar**. Kladdblad rättas inte!*

Betyg: Varje korrekt löst uppgift ger 6 poäng. På varje uppgift görs en helhetsbedömning. För godkänt krävs minst 24 poäng varav 12 poäng på de fem första uppgifterna och 6 på de tre sista.

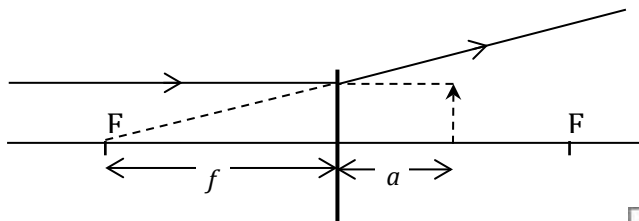
Observera att uppgifterna inte är ordnade efter svårighetsgrad!

1. Här kommer först ett par inledande frågor. Glöm inte att motivera dina svar!

a) Om du använder trådlös handsfree-utrustning, t.ex. Bluetooth®, till mobilen sitter mikrofonen du talar i nästan ända uppe vid örat. För att din röst ska låta "normal" för den du talar med krävs därför att vissa frekvenser förstärks mer än andra. Motivera vilka frekvenser, höga eller låga, som behöver förstärkas mest.



b) Figuren nedan visar avbildning i en tunn negativ lins med brännvidden $f = -5,0$ cm. "Föremålet" som avbildas är virtuellt och befinner sig enligt figuren 3,0 cm till höger om linsen. **Beräkna** bildens läge. Rita sedan av figuren nedan och **konstruera** fram bildens läge med hjälp av ytterligare **en** stråle.



c) Med lentikulärt tryck kan man visa en eller två av flera bilder som finns på baksidan av ett plastskikt med små längsgående linser. Man kan bland annat visa bilder med en tredimensionell effekt utan att man behöver speciell utrustning eller göra bilder där vilken bild du ser beror på hur du håller trycket.



Rita av den schematiska bilden till höger. Rita strålgången för **sex** strålar i det förenklade systemet som gör att du ser olika färger med vänster och höger öga i figuren (dvs **en stråle per öga för varje lins**). Linserna har ett högre brytningsindex än omgivningen.



Vänster öga

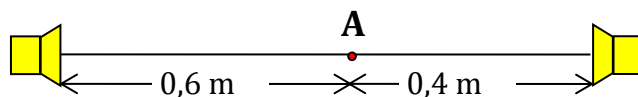


Höger öga

2. Två identiska högtalare är placerade på 1,0 meters avstånd och är riktade rakt mot varandra. Högtalarna är kopplade till en tongenerator som är inställd på frekvensen 686 Hz. På sträckan mellan högtalarna uppstår 3 svängningsnoder. Ljudets fart i luft sätts till 343 m/s.

a) Svänger högtalarna i fas eller i motfas? Motivera!

b) Beräkna fasskillnaden mellan de båda ljudvågorna i punkten A (se figuren).



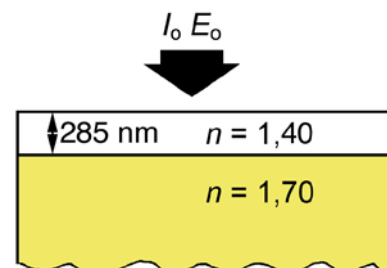
3. En grön argonlaser ($\lambda = 488 \text{ nm}$) riktas mot en DVD skiva under 15° vinkel (se figur). På sträckan 10,0 mm (i radiell led) finns $14,5 \cdot 10^3$ spår på skivan. Beräkna i vilka vinklar som det finns laserljus efter reflektion i skivan. Rita en figur och markera schematiskt hur svaret ser ut.



4. En plan glasyta med brytningsindex $n = 1,70$ antireflexbehandlas med ett 285 nm tjock skikt av ett dielektriskt material med brytningsindex $n_{\text{skikt}} = 1,40$. Ljus infaller från luft vinkelrätt mot den antireflexbehandlade glasytan.

a) För vilken synlig våglängd är antireflexbehandlingen gjord? Du behöver bara ta hänsyn till en reflex i vardera ytan. Rita figur över strålgången och markera eventuella färförskjutningar vid reflektion.

b) Hur stor del av den inkommande intensiteten reflekteras? Svara i procent.



5. Figuren nedan visar schematiskt hur intensiteten på laserljus ($\lambda = 488 \text{ nm}$) som passerat ett spaltsystem bestående av fyra (4) spalter varierar (i naturlig storlek) Mönstret upptogs på en skärm placerad vinkelrät mot det infallande ljuset på 3 m avstånd från spaltsystemet.

a) Bestäm med största möjliga noggrannhet spaltavståndet.

b) Bestäm förhållandet mellan spaltavståndet d och spaltbredden b för gittret. Motivera ditt svar!



6. Vid övergången från lägsta exciterade tillståndet till grundtillståndet i en atom utsänds våglängden $\lambda = 730,0 \text{ nm}$. Livstiden för det övre tillståndet är uppmätt till $0,65 \text{ ns}$.
- a) Använd Heisenbergs obestämdhetsrelation till att uppskatta obestämdheten i energi, ΔE , i det övre tillståndet. Ge svaret i enheten μeV .
- b) Storleken på ΔE avgör obestämdheten i frekvens Δf för det utsända ljuset. Beräkna Δf .
- c) ΔE avgör också bredden på spektrallinjen, dvs. obestämdheten i våglängd, $\Delta\lambda$, på det utsända ljuset. Beräkna $\Delta\lambda$.
7. Ljus med våglängden $10,8 \text{ nm}$ exciterar gång på gång en fri vätelik litiumjon från grundtillståndet.
- a) Hur många spektrallinjer kan utsändas när jonen återgår till grundtillståndet?
- b) Vilken är den längsta våglängd som utsänds? Rita ett energinivådiagram och markera övergången i detta.
8. Du har lärt dig beräkna energinivåerna som beskriver en elektron i en endimensionell potentialgrop med oändligt höga "väggar".
- a) Den längsta våglängd som utsänds då en exciterad elektron övergår till sitt grundtillstånd i ett sådant system är $2,15 \mu\text{m}$. Bestäm potentialgropens bredd.
- b) Vågfunktionen som beskriver elektronen i tillståndet $n = 3$ kan skrivas

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{3\pi}{L}x\right)$$

Vi vet att $\psi(0) = 0$ och $\psi(L) = 0$, men för vilka övriga värden på x blir vågfunktionen noll i detta tillstånd?

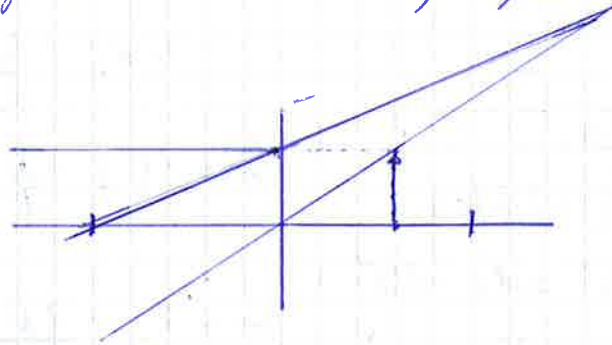
- c) Var i gropen, dvs. för vilka värden på x , är sannolikheten att finna elektronen störst i detta tillstånd?

Lycka till!



- 1) Effekten låga frekvenser ligger mest ($D_{\text{max}} = 122 \cdot \frac{v}{f}$)
 blir θ större desto f minskar) när dessa
 mikrofonen i större utsträckning än höga frekvenser
 Därför förstärker man höga frekvenser mer än låga.

b)



$$\frac{1}{a} - \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad \left\{ \begin{array}{l} a = -3 \text{ cm} \\ f = -5 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{-5} + \frac{1}{3} = \frac{2}{15}$$

$$\Rightarrow b = 7,5 \text{ cm}$$

Svar a) se ovan

b) 7,5 cm från linan (All höger)
 - se konstruktion.

686

vr. 0.1

2) $f = 686 \text{ Hz}$ $v = f \cdot \lambda$ $v = 343 \text{ m/s}$
 $\Rightarrow \lambda = 0,5 \text{ m}$

- a) 3 minipunkter, minima mitt emellan höstälarna där
 vägskillnad $= 0 \Rightarrow$ höstälarna svänger i motfas.

- b) Vägskillnaden mellan de båda vägarna är i
 punkten A $0,6 \text{ m} - 0,4 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$

$$\frac{0,2 \text{ m}}{0,5 \text{ m}} = 0,4 \text{ vägskillnaden } 0,4 \cdot \lambda$$

detta gäller för 2 vägar som sträcker ut i fas
 $\Rightarrow$ fas skillnaden $0,4 \cdot 360^\circ = 144^\circ$

$$\Rightarrow \text{fas skillnaden} = 144^\circ \pm 180^\circ = 324^\circ$$

Svar: a) se ovan

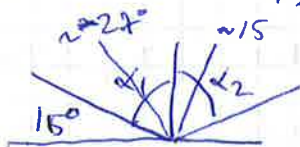
b) fas skillnaden är 324° (-36°)

3) $d = 488 \text{ nm}$

$10 \text{ mm} \rightarrow 14,5 \cdot 10^3 \text{ spär} \Rightarrow$ gitterkonstant $d = \frac{10 \text{ mm}}{14,5 \cdot 10^3}$

$d(\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1) = m \cdot d$

$= 0,689 \mu\text{m}$



$\alpha_1 = 75^\circ \quad m=0 \Rightarrow \alpha_1 = \alpha_2$

$m=1 \Rightarrow$

$\sin \alpha_2 = \frac{488 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{0,689 \cdot 10^{-6} \text{ m}} \sin 75^\circ = 1,67$

svår laserljus

reflekteras i vinklarna

$\alpha_2 = 75^\circ, 15^\circ \text{ och } -22^\circ$

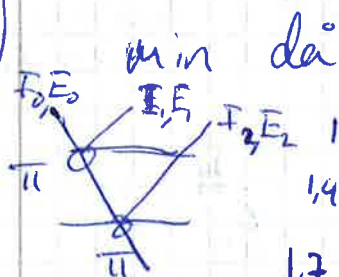
se figur.

$m=-1 \left(-\frac{d}{d} \sin 75^\circ = \sin \alpha_2 \right)$ går inte
 $\alpha_2 = 14,97^\circ$

$m=-2 \quad -\frac{2d}{d} \sin 75^\circ = \sin \alpha_2$
 $\Rightarrow \alpha_2 = -26,69^\circ$

$m=-3 \Rightarrow \sin \alpha_2 = -1,15^\circ$
går inte

4)



min då $2 \cdot n \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot d$

$2 \cdot 1,4 \cdot 285 \text{ nm} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot d$

$\Rightarrow d_1 = \text{~~582 nm~~} 1596 \text{ nm}$

$d_2 = 582 \text{ nm}$ synligt

$d_3 = 319 \text{ nm}$ UV

b) $E_{\text{tot}} = E_1 - E_2 = \sqrt{R_1} E_0 - T_1 \sqrt{R_2} E_0 \Rightarrow$

$I_{\text{tot}} = (\sqrt{R_1} - T_1 \sqrt{R_2})^2 I_0$

$R_1 = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$ $R_1 = \left(\frac{0,4}{2,4} \right)^2$; $T_1 = 1 - R_1$; $R_2 = \left(\frac{0,3}{3,1} \right)^2 \Rightarrow$

$I_{\text{tot}} = 0,00526 \dots I_0$

svår a) 582 nm b) 0,5%

5)

mät i figuren: avstånd mellan 7:e ordmax
 152 mm $\sin \theta \approx \frac{0,150}{2,3} \Rightarrow \theta = 1,432$
 $m = 7$

$$\left. \begin{array}{l} d \sin \theta = m \cdot \lambda \\ \theta = 1,432^\circ \\ m = 7 \\ \lambda = 488 \text{ nm} \end{array} \right\} d = 136,6 \mu\text{m}$$

b) 4 huvudmax överlappar med 1 höjningsmin

$$\left. \begin{array}{l} d \sin \theta = 4\lambda \\ b \sin \theta = \lambda \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{d}{b} = 4$$

sva a) ~~137~~ $d = 137 \mu\text{m}$

b) $\frac{d}{b} = 4$

6)

$$\tau = 0,65 \text{ ns} = \Delta t$$

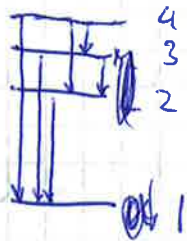
$$a) \Delta E \Delta t \geq \frac{h}{4\pi} \Rightarrow \Delta E \geq 8,112097 \cdot 10^{-26} \text{ J} = 5,063 \cdot 10^{-7} \text{ eV}$$

$$b) E = h \cdot f \Rightarrow \Delta E = h \cdot \Delta f \Rightarrow \Delta f = 1,224 \cdot 10^8 \text{ Hz}$$

$$c) E = \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow \Delta E = \left(- \right) \frac{hc}{\lambda^2} \Delta \lambda \Rightarrow \Delta \lambda = 2,176 \cdot 10^{-13} \text{ m}$$

sva a) ~~0,51~~ $0,51 \text{ eV}$ b) $0,12 \text{ GHz}$ c) $0,22 \text{ pm}$

7



värligt litum $L \cdot 2^t$ $z=3$

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \cdot z^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad \left. \begin{array}{l} \text{grundtilstånd } n_1=1 \\ \lambda = 10,8 \text{ nm} \end{array} \right\} \Rightarrow n_2=4$$

6 spektrallinjer längd $\lambda : n=4 \rightarrow n=3$

$$\frac{1}{\lambda} = R_{\infty} \cdot z^2 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) \Rightarrow \lambda = 208,3 \text{ nm}$$

Svar a) 6 st b) 208 nm

detta eftersom bara 3 gåtande skillnader är givna
reder det att räkna med att $R_{\infty} \approx R_{\infty}$

8) längsta våglängd $n=2 \rightarrow n=1$

$$E_2 = \frac{h^2}{8mL^2} \cdot 4 = 4E_1 \Rightarrow \text{övergång } 2 \rightarrow 1$$

$$\Delta E = 3E_1 = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\frac{3 \cdot h^2}{8mL^2} = \frac{hc}{\lambda}$$

$$L^2 = \frac{3h \cdot \lambda}{8mc}$$

$$\Rightarrow L = 1,398 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$b) \psi(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{3\pi}{L} x\right) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{3\pi}{L} x = m \cdot \pi$$

$$\Rightarrow x = m \cdot \frac{L}{3}$$

$$0 < x < L \Rightarrow x = \frac{L}{3} \text{ och } x = \frac{2L}{3} \quad x = 0,466 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$x = 0,932 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

c) $|\psi(x)|^2$ störst då

$$\sin^2\left(\frac{3\pi x}{L}\right) = 1 \Rightarrow \frac{3\pi x}{L} = \frac{\pi}{2} + m\pi$$

$$\Rightarrow x = \frac{L}{6} + m \cdot \frac{L}{3}$$

$$\text{dvs } x = \frac{L}{6}, \frac{L}{2} \text{ och } \frac{5L}{6}$$

$$\therefore x = 0,233 \text{ nm}, 0,699 \text{ nm} \text{ och } 1,165 \text{ nm}$$

svar a) 1,40 nm b) 0,47 nm och 0,93 nm

c) 0,23 nm, 0,70 nm och 1,17 nm