

## TENTAMINA I FYSIK FÖR N1 DEN 15 JAN 2019

Skrivtid: 8.00-13.00. Hjälpmedel: Formelblad, linjal 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 några inledande frågor. Glöm inte att motivera dina svar!

a) När man återger färger på en bildskärm använder man sig bara av tre grundfärger. Vilka är dessa tre grundfärger och hur skapar man ett intryck av att bildskärmen är vit?

b) Ögats brytningsindex är som bekant lika med 1,34. Rött ljus med våglängden 650 nm i luft har alltså en annan våglängd i ögat. Vilken?

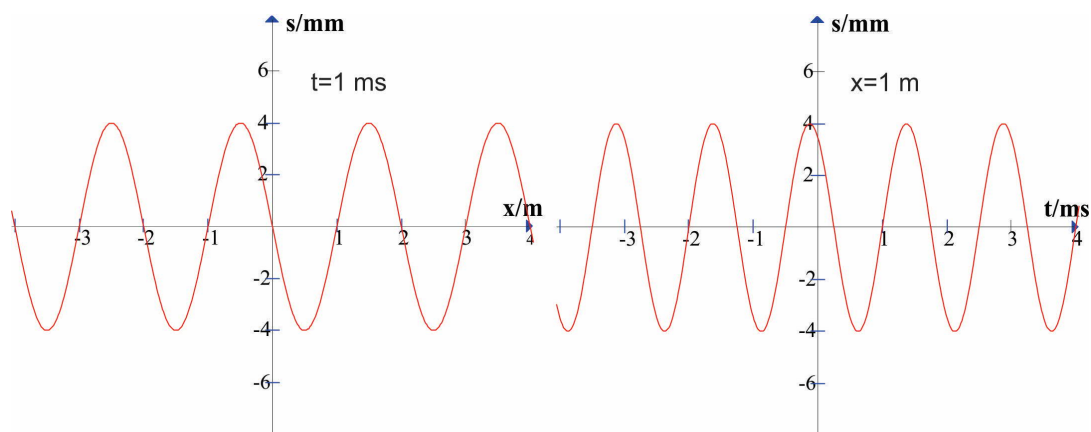
c) Om du lyssnat på dig själv efter en ljudupptagning överraskades du säkert av hur din egen röst låter. Ge en fysikalisk förklaring till varför den egna rösten låter så annorlunda från en inspelning mot hur man normalt upplever den.

2. En plan våg beskrivs av ekvationen

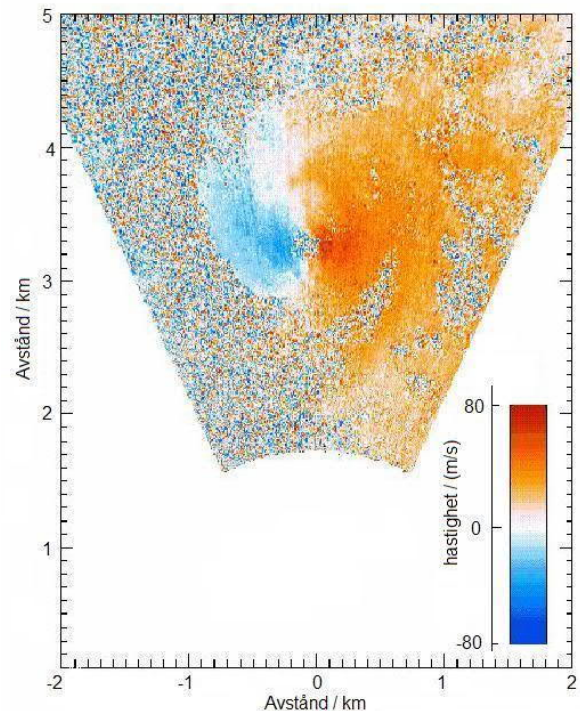
$$s = A \sin \left[ 2\pi \left( \frac{t}{T} \pm \frac{x}{\lambda} \right) + \alpha \right]$$

a) Bestäm med hjälp av diagrammen nedan värden på  $A$ ,  $T$ ,  $\lambda$ ,  $\alpha$  och bestäm vågens utbredningsriktning.

b) Bestäm vågens utbredningshastighet och den maximala partikelhastigheten.



3. Figuren visar en radarbild av en tornado. Med dopplerteknik kan man avgöra dels med vilken hastighet hela tornadon rör sig, dels rotationshastigheten i tornadon. Radarvågorna som utsänds har frekvensen 95,0 GHz. Vågorna reflekteras mot små partiklar, t.ex. vattendroppar, i tornadon och registreras sedan av en mottagare.

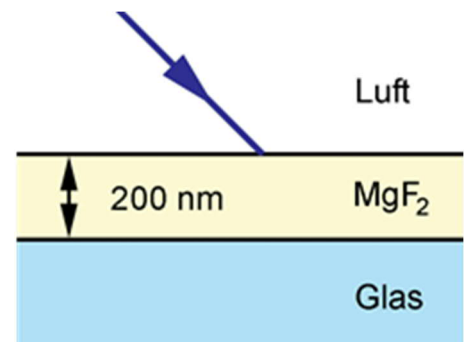


- a) När dopplerradarn riktades mot en punkt i tornadon som i figuren är orangeröd, mättes skillnaden mellan utsänd och mottagen frekvens till 35,0 kHz. Beräkna tornadons rotationshastighet i den punkten.
- b) Av figuren framgår att tornadon inte förflyttar sig nämnvärt mot eller från radarn. Hur hade de vita delarna av tornadon förändrats om tornadon rört sig i riktning rakt mot radarn? Motivera ditt svar!
4. Ett sätt att titta på en solförmörkelse utan att skada ögonen är att använda en kikare för att projicera en bild av förmörkelsen på en skärm.
- En keplerkikare, som har ett objektiv med brännvidden  $f_{\text{obj}} = 28,0$  cm och ett okular med brännvidden  $f_{\text{ok}} = 4,00$  cm, används nu för att projicera en bild. Avståndet mellan okularet och skärmen är 1,5 m.
- a) Hur stort är avståndet mellan objektiv och okular när kikaren är normalställd?
- b) Hur långt från kikarens normalställda läge måste okularet flyttas för att ge en skarp bild på skärmen?
- c) Hur stor blir bilden av solen på skärmen? Solen upptar synvinkeln  $0,53^\circ$ .
5. Blått ljus med våglängden 460 nm infaller från luft mot ett tunt skikt av magnesiumfluorid. Se figuren. Infallsvinkeln är precis så stor att ljuset reflekteras optimalt av skiktet. Brytningsindex för glaset är 1,60 och brytningsindex för magnesiumfluoriden är 1,35.

- a) Rita en figur och markera eventuella fasförskjutningar.

- b) Beräkna ljusets brytningsvinkel i skiktet när våglängden 460 nm reflekteras bäst.

- c) Bestäm infallsvinkeln i luft när våglängden 460 nm reflekteras bäst.



6. I ett experiment som är designat för att studera den fotoelektriska effekten belyses en Kaliumyta omväxlande med Na-lampa (med våglängden  $\lambda_{\text{Na}}=589 \text{ nm}$ ) och en Hg-lampa ( $\lambda_{\text{Hg}}=253,6 \text{ nm}$ ). De frigjorda elektronerna kan precis stoppas med de elektriska potentialerna 0,36 respektive 3,14 V. Bestäm:
- Planck's konstant ur de givna data
  - Utträdesarbetet för Kalium
  - våglängden för det ljus som precis förmår att frigöra elektroner från ytan.

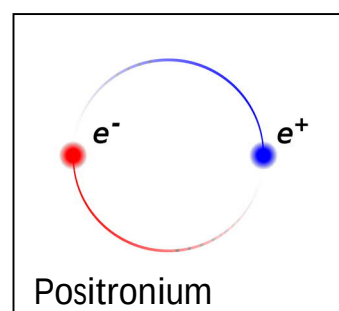
7. Protonens massa är  $m_p=938 \text{ MeV}$  ( $9,38 \cdot 10^8 \text{ eV}$ ) och i den kosmiska strålningen har det upptäckts protoner med en energi som är ca  $10^{10} \text{ GeV}$  ( $10^{19} \text{ eV}$ ). Antag att en proton med så hög energi rör sig genom en galax som har diametern  $10^5$  ljusår. Hur lång tid tar det, uppmätt i protonens vilosystem, för protonen att korsa galaxen?



Sombrero-galaxen avbildad av Hubble Space Telescope

8. Vid CERN har man lyckats producera antiväte, dvs en atom uppbyggd av en antiproton och en positron (dvs en antielektron), vilket fick stor internationell uppmärksamhet i och med romanen om Robert Langdon där någon hotade att spränga Vatikanen med hjälp av antiväte.
- Hur mycket energi frigörs då en atom av antiväte träffar en atom vanligt väte?

Innan forskarna lyckades framställa antiväte lyckades de få fram den exotiska "atomen" Positronium, d.v.s. ett bundet system av en elektron ( $e^-$ ) och dess antipartikel positronen ( $e^+$ ). Positronen är alltså identisk med elektronen förutom laddningen. Utgå från Bohrs atommodell och beräkna följande storheter för Positronium.



- Radien för grundtillståndet, dvs den 1:a stabila banan
- Våglängden för en övergång mellan den 3:e och den 4:e kvantiserade energinivån
- Bindningsenergin för systemet

Lycka till!

/Magnus och Johan

hottfattade lösningsslag Tent 15 jan 2019

1) a) Man använder rött, grönt och blått - RGB

När röda, gröna och blå bildpunkter blandas och hänsyn tas till ögats färgkänslighet med avseende på ljusintensitet ser skärmen vit ut.

b)  $\lambda = 650 \text{ nm}$  :  $\lambda_{\text{öga}} = \frac{\lambda}{n} = \frac{650 \text{ nm}}{1,34} = 485 \text{ nm}$

c) När vi lyssnar till vår egen röst hör vi i större utsträckning basfrekvenser eftersom dessa böjs mest  
( $\sin \theta = \frac{m \cdot \lambda}{b}$ ) Svar: se ovan.

2) avläs ur diagrammen

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

$$T = 1,5 \text{ ms} \left( \frac{1 - -2}{2} \right) \text{ ms}$$

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

Vågen rör sig åt vänster  $\Rightarrow +$  i vågelw.

$\alpha$ : från  $S=A$  t.ex  $t=1 \text{ ms}$ ,  $x = 1 + \frac{1}{4} \cdot \lambda = 1,5 \text{ m}$

$$\Leftrightarrow A = A \cdot \sin \left( 2\pi \left( \frac{t}{1,5} + \frac{x}{2} \right) + \alpha \right)$$

$$\frac{\pi}{2} (+2\pi n) = 2\pi \cdot \frac{1,7}{12} + \alpha \Leftrightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} - \frac{17\pi}{6} \Leftrightarrow \alpha = \frac{-28\pi}{12} = \frac{-7\pi}{3}$$

$$\alpha = -2\pi - \frac{\pi}{3} \Rightarrow \alpha = -\frac{\pi}{3}$$

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

b)  $v = \frac{\lambda}{T} = \frac{2 \text{ m}}{1,5 \text{ ms}} = 1,33 \text{ km/s}$

$$\left( \frac{ds}{dt} \right)_{\text{max}} = A \cdot \frac{2\pi}{T} = 16,75 \text{ m/s}$$

Vågens utbredningshastighet

är  $1,33 \text{ km/s}$  och

maximal partikelhastighet

$$16,8 \text{ m/s}$$

$$3) f_s = 95 \text{ GHz} \quad \Delta f = 35 \text{ kHz} \quad f_m = f_s \frac{V - v_m}{V - v_s}$$

$$a) \quad ① \quad \begin{array}{c} \xrightarrow{V_{\text{tom}}} \\ m \end{array} \quad f_{m_t} = f_s \cdot \frac{c - v_t}{c};$$

$$② \quad \begin{array}{c} \xleftarrow{V_{\text{tom}}} \\ s \end{array} \quad m \quad f_m = f_{m_t} \cdot \frac{c}{c + v_t}$$

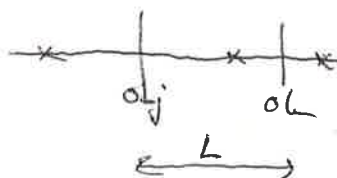
$$\Rightarrow f_m = f_s \frac{c - v_t}{c + v_t} \quad ; \quad \frac{f_m}{f_s} = \frac{c - v_t}{c + v_t} \Rightarrow v_t = c \cdot \frac{f_s - f_m}{f_s + f_m}$$

$$v_t = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \cdot \frac{35 \cdot 10^3}{2 \cdot 95 \cdot 10^9} \approx 55.22 \text{ m/s}$$

b) de vita delarna representerar punkter där hastigheten är riktad vinkelrätt mot mottagaren, om fordonen rör sig mot ~~mottagaren~~ radarn går de vita punkterna mot ljusbått ( $v_t < 0$  enligt tecken ovan)

$$4) \quad \begin{aligned} l_{obj} &= 28.0 \text{ cm} \\ l_{oh} &= 4.0 \text{ cm} \\ b_{oh} &= 1.5 \text{ m} \end{aligned}$$

a) normalställd linse: parallellt ljus in  $\Rightarrow$  parallellt ljus ut  $\Rightarrow$  brännpunkterna sammanfaller.



$$\Rightarrow L = 28.0 \text{ cm} + 4.0 \text{ cm} = 32.0 \text{ cm}$$

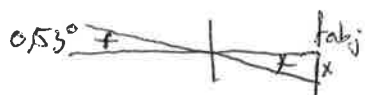
$$b) \quad \left. \begin{aligned} b_{oh} &= 1.5 \text{ m} \\ l_{oh} &= 4.0 \text{ cm} \end{aligned} \right\} \quad \frac{1}{l_{oh}} = \frac{1}{a_{oh}} + \frac{1}{b_{oh}} \Rightarrow a_{oh} = 4.1095 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow a_{oh} - l_{oh} = 1.095 \text{ mm}$$

c) objektivets bild av solen

$$b_{obj} = f_{obj} \quad \text{då} \quad a_{obj} = \infty$$

$$\Rightarrow \text{objektivets bild blir } x = f_{obj} \cdot \tan 0.53^\circ = 0.259 \text{ cm}$$



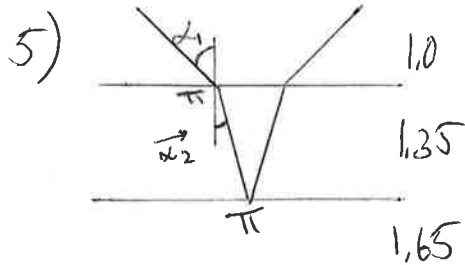
Förstoringen i okularet

$$M_{oh} = -\frac{b_{oh}}{a_{oh}} = -\frac{1.5}{0.04109} \approx -36.5$$

svär: a) 32 cm b) 1.1 mm

c) 9.5 cm

bilden blir  $36.5 \cdot 0.259 \text{ cm} = 9.454 \text{ cm}$



b) max der 2nd cos  $\alpha_2 = m \cdot d$

$$\left. \begin{array}{l} d = 460 \text{ nm} \\ n = 1,35 \\ d = 200 \text{ nm} \end{array} \right\} \Rightarrow \cos \alpha_2 = m \cdot 0,851 \dots$$

$$\Rightarrow \alpha_2 = 31,586^\circ$$

c)  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \alpha_1 = \sin 31,586^\circ \cdot \frac{1,35}{1} \Rightarrow \alpha_1 = 45^\circ$

Svar: a) se ovan b)  $31,6^\circ$  c)  $45^\circ$

2019 01 15

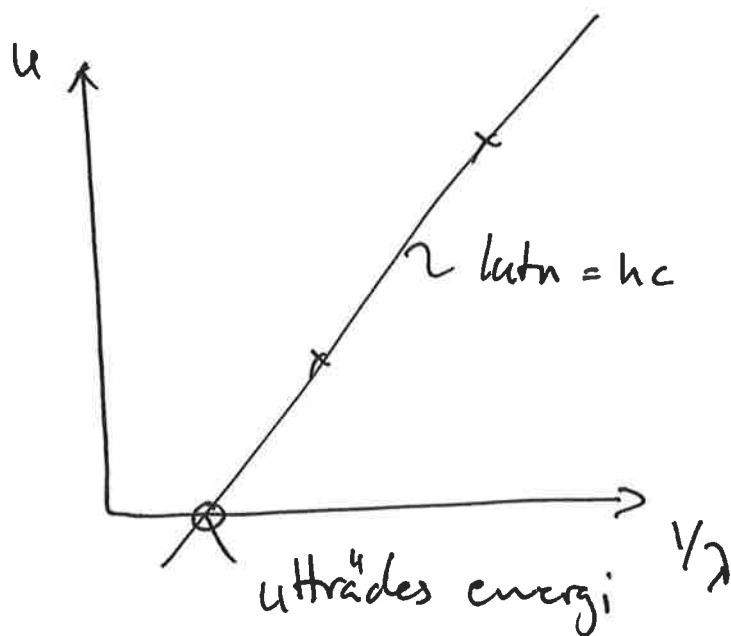
b/ Fotoelektriska effekten

$$K_e = \frac{hc}{\lambda} - W_{\text{ut}} = e \cdot U_{\text{stop}}$$

$$\begin{aligned} a/ \quad hc \left( \frac{1}{\lambda_{\text{Hg}}} - \frac{1}{\lambda_{\text{Na}}} \right) &= e (U_{\text{Hg}} - U_{\text{Na}}) \\ \Rightarrow \underline{\underline{h}} &= \underline{\underline{6,61 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}} \end{aligned}$$

$$b/ \quad W_{\text{ut}} = \frac{hc}{\lambda} - e U_{\text{stop}} \Rightarrow W_{\text{ut}} = \underline{\underline{1,74 \text{ eV}}}$$

$$c/ \quad \frac{hc}{\lambda_{\text{max}}} = W_{\text{ut}} \Rightarrow \lambda_{\text{max}} = \underline{\underline{712 \text{ nm}}}$$



2019 0115

7/

$$mc^2 = m_0c^2 + W_{kin}$$

$$W_{kin} = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2$$

$$\Rightarrow \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = \frac{m_0c^2}{W_{kin} + m_0c^2}$$

$$t' = t \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} = t \frac{m_0c^2}{W_{kin} + m_0c^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} m_0c^2 = 938 \text{ MeV} \\ W_{kin} = 10^{13} \text{ MeV} \\ t = 10^5 \text{ ar} \end{array} \right\} \Rightarrow t' = 9,38 \cdot 10^{-6} \text{ ar} = \underline{\underline{4,9 \text{ min}!}}$$



2019 01 15

8, a, Total energi:  $2 \cdot m_e c^2 + 2 \cdot m_\mu c^2$   
 $= 2 \cdot 511 \text{ keV} + 2 \cdot 938272 \text{ keV}$   
 $= \underline{\underline{1,9 \text{ GeV}}}$

b, Bohr radium  $r_n = \frac{\epsilon_0 \hbar^2}{\pi \mu e^2} \cdot \frac{n^2}{Z}$

För positronium:  $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{m} + \frac{1}{m} \Rightarrow \mu = \frac{1}{2} m$

$Z=1$ ,  $\mu = \frac{1}{2} m \Rightarrow r_n = 1,059 n^2 \text{ Å}$

$n=1 \Rightarrow r_1 = \underline{\underline{1,059 \text{ Å}}}$

c  $\frac{1}{\lambda} = R_\mu Z^2 \left( \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right) \Rightarrow \lambda = \frac{144}{7 R_\mu}$

$R_\mu = R_\infty \cdot \frac{M}{\mu + m} = \frac{1}{2} R_\infty$

$\Rightarrow \lambda = \underline{\underline{3,75 \mu\text{m}}}$

d, Bindningsenergi  $n=1 \rightarrow \infty$

$\Rightarrow \lambda = \frac{1}{\frac{1}{2} R_\infty} = 0,1822 \mu\text{m}$

$\Rightarrow E_B = \frac{hc}{\lambda} = \underline{\underline{6,81 \text{ eV}}}$

## TENTAMINA I FYSIK FÖR N1 DEN 25 APRIL 2019

Skrivtid: 14.00-19.00. Hjälpmedel: Formelblad, linjal 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 några inledande frågor. Glöm inte att motivera dina svar!

a) Det elektriska fältet i luft från en Bluetooth-sändare varierar enligt

$$E = E_0 \sin(\omega t - kx)$$

där  $E_0 = 12,2 \text{ V/m}$ ,  $\omega = 1,54 \cdot 10^{10} \text{ Hz}$  och  $k = 51,3 \text{ m}^{-1}$ . Beräkna den elektromagnetiska strålningens våglängd.

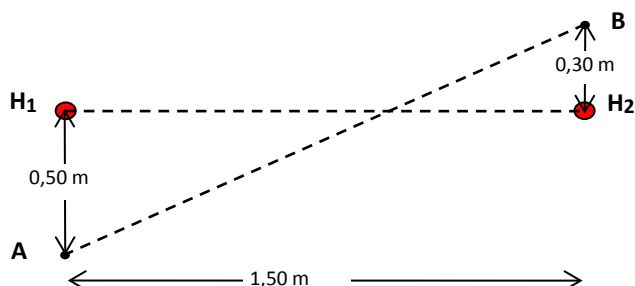
b) Det svagaste ljud som ett öra kan uppfatta (0 dB) vid frekvensen 1,0 kHz motsvarar en svängningsamplitud på  $s_0 = 1,1 \cdot 10^{-11} \text{ m}$ . Men örat är som känsligast vid 3,5 kHz och kan där uppfatta svängningsamplituder som är så små som  $2,0 \cdot 10^{-12} \text{ m}$ . Vilken **ljudintensitetsnivå** motsvarar detta? Den akustiska impedansen i luft är  $Z = 412 \text{ Ns/m}^3$ .

c) En av figurerna intill föreställer ett intensitetsmönster (i naturlig storlek) som registrerats då grönt laserljus ( $\lambda = 543 \text{ nm}$ ) belyst ett hårstrå. Mönstret upptogs på en skärm placerad vinkelrät mot det infallande ljuset på 1,2 m avstånd från spaltsystemet. Bestäm hårstråets tjocklek med så stor noggrannhet som möjligt genom att mäta i **en av figurerna**.



2. En plan våg beskrivs av ekvationen

Två rundstrålande högtalare H1 och H2 är kopplade i fas till en tongenerator som avger frekvensen 850 Hz. Högtalarna befinner sig på avståndet 1,5 m från varandra, se figuren ovan. Ljudets utbredningsfart i luft är 340 m/s.



a) Hur många ljudminima uppstår på sträckan mellan högtalarna?

b) Bestäm vågornas fasskillnad i punkten A.

c) Hur många ljudmaxima registreras längs sträckan mellan A och B?

3. När en sändare rör sig rakt mot en stillastående mottagare med farten  $w$  samtidigt som den sänder ut **ljud** med frekvensen  $f_s$  uppfattar mottagaren frekvensen  $f_m$ . Om det istället är mottagaren som rör sig med farten  $w$  rakt mot en stillastående sändare uppfattar mottagaren frekvensen  $f_m'$ .

a) Visa att ändringen av den mottagna frekvensen alltid blir större när sändaren är i rörelse än när mottagaren är i rörelse.

b) Hur ser frekvensändringarna ut i de båda fallen om sändaren sänder ut ljus istället för ljud? Motivera!

4. Gränsvinkeln för totalreflektion mot luft är för ett genomskinligt plastmaterial  $39,0^\circ$ .

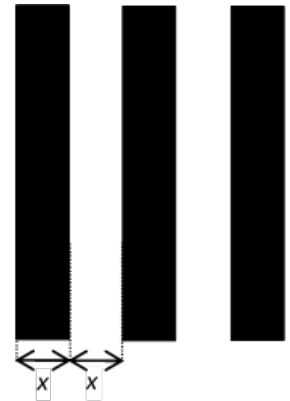


a) Beräkna materialets brytningsindex.

b) På en plan platta av detta plastmaterial ritas ett gult kryss på ovansidan och ett grönt på undersidan. Plattan placeras i ett mikroskop och det gula krysset på ovansidan ställs in skarpt. Hur mycket måste man höja preparatbordet som plattan ligger på för att se det gröna krysset skarpt? Plattan är 6,85 mm tjock.

**Ledning:** Börja med att beräkna var bilden av det gröna krysset hamnar.

5. En digitalkamera har ett objektiv med brännvidden 18,6 mm. Kamerans bildsensor har måtten 6,6 mm  $\times$  8,8 mm och bildelementen (pixlarna) är kvadratiska. På 3,10 meters avstånd (från objektivet) fotograferar du en testkarta av den typ som visas i figuren. På testkartan är de svarta strecken och de vita mellanrummen  $x = 0,400$  mm breda.



a) Beräkna avståndet mellan de svarta strecken i bildplanet (dvs. på bildsensorn) när skärpan är rätt inställd.

b) Hur många bildelement (pixlar) måste bildsensorn minst ha för att strecken (svarta och vita) på testkartan ska kunna upplösas?

6. En 5 meter lång stav befinner sig i vila i inertialsystemet  $S$ . Stavens ena sida är upplyft så att den bildar vinkeln  $30$  grader med  $x$ -axeln. En observatör som befinner sig i inertialsystem  $S'$  rör sig med hastigheten  $v_x = c/2$ . Hur lång är staven mätt av observatören och vilken vinkel bildar den med  $x$ -axeln?
7. För två gånger joniserat Litium (dvs vätelika litiumjoner) kan energinivåerna beräknas med en korrigerad version av Rydbergs formel.
- Hur hårt bunden är den sista elektronen? Svara i eV
  - Vilken energi har de tre lägsta, exciterade energinivåerna?
  - Vilka möjliga fotonenergier kan emitteras om  $\text{Li}^{2+}$  exciteras till  $n=4$ ?

8. En kvantmekanisk partikel som bara rör sig i  $x$ -led beskrivs av vågfunktionen:

$$\psi(x) = \begin{cases} C \cdot x \cdot (L - x) & 0 \leq x \leq L \\ 0 & \text{f.ö.} \end{cases}$$

Bestäm konstanten  $C$ .

Lycka till! /Magnus och Johan



1) Kortfattade lösningsförslag kurtamma 2019-04-25

$$a) E = E_0 \sin(\omega t - kx) = E_0 \sin\left(2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right) \Rightarrow k = \frac{2\pi}{\lambda} = 51,3 \text{ m}^{-1}$$

$$\Rightarrow \lambda = 0,1247 \text{ m}$$

$$b) I = \frac{c}{2} \epsilon_0 E_0^2 \omega^2 \quad I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \quad \lambda_0 = 1,1 \cdot 10^{-11} \text{ m vid } 1000 \text{ Hz enl uppg}$$

Som motorarar  $L_0 = 0 \text{ dB}$

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

$$\Delta L = L_1 - L_0 = 10 \lg \frac{I_1}{I_0} - 10 \lg \frac{I_0}{I_0} = 10 \lg \left( \frac{\frac{c}{2} \epsilon_0 E_1^2 \omega^2}{\frac{c}{2} \epsilon_0 E_0^2 \omega^2} \right) = 10 \lg \left( \frac{2 \cdot 10^{-12} \cdot 3500}{1,1 \cdot 10^{-11} \cdot 1000} \right)^2$$

$$= -3,925 \dots \text{ dB}$$

c) den vänstra figuren av de två till ligger är ett böjningsmönster. 84 mm mellan  $m = -4$  och 4

$$\Rightarrow \tan \theta_4 = \frac{84}{2 \cdot 1200} \Rightarrow \theta_4 = 2,00^\circ$$

$$\sin \theta_4 = 4 \cdot \lambda \Rightarrow b = 6,209 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

Svar a) 12,2 cm b) -3,9 dB c) 62  $\mu\text{m}$

$$2) f = 850 \text{ Hz} \Rightarrow \lambda = 0,4 \text{ m}$$

$$v = 340 \text{ m/s}$$

a) i fas  $\Rightarrow$  max mitt emellan högtalarna

min på 0,2 m avstånd  
mellan varandra  
dvs på avstånd

$$b) \text{väghillnad } H_2A - H_1A =$$

$$= (\sqrt{1,5^2 + 0,5^2} - 0,5) \text{ m} =$$

$$= 1,0811 \dots \text{ m} \Leftrightarrow 2,7 \lambda$$

0,05, 0,25, 0,45, 0,65, 0,85, 1,05, 1,25 och 1,45  
m ifrån den ena högtalaren,  $\therefore 8$  min

$$\text{fashillnad: } 0,7 \cdot 360^\circ = 253^\circ \text{ (alt } -107^\circ)$$

$$c) \text{väghillnad: } A = 2,7 \lambda$$

-11-

$$B = H_2B - H_1B = (0,3 - \sqrt{1,5^2 + 0,3^2}) \text{ m} = -1,229 \dots \text{ m} \Leftrightarrow -3,07 \lambda$$

$$\Rightarrow 2 + 1,3 \text{ max} = 6 \text{ maxima}$$

Svar a) 8 st b) 253° c) 6 st

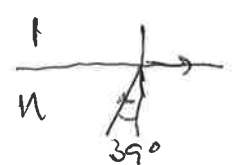
3) a) 1)  $\vec{s} \rightarrow m$

$$f_m = f_s \frac{v}{v-w} \quad f_m - f'_m = f_s \left( \frac{v}{v-w} - \frac{v+w}{v} \right) = f_s \left( \frac{w^2}{v(v-w)} \right) > 0$$

2)  $f'_m = f_s \frac{v+w}{v}$

b) skiljer inte på sändare och mottagare  $\lambda = \frac{c}{f}$

$$\lambda_{m,2} = \sqrt{\frac{c+v}{c-v}} \cdot \lambda_{s,1,2} \Rightarrow \text{blåfärsdjutning.}$$

4) a)   $\frac{\sin 39^\circ}{\sin 90^\circ} = \frac{1}{n} \Rightarrow n = 1,589$

b)  $n_2 = 1$   
 $n_1 = 1,589$   $a = 6,85 \text{ mm}$

Brytning i sfärisk yta

$$\frac{n}{a} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{R} \quad R = \infty$$

(av grint 430)

$$\frac{1,589}{6,85} + \frac{1}{b} = 0 \Rightarrow b = -4,310 \text{ mm}$$

Bilden hamnar 4,31 mm under det gula krycket.

preparatbordet måste höjas 4,31 mm svar a) 1,59 b) se ovan

5)  $a = 3100 \text{ mm}$   
 $f = 18,6 \text{ mm}$   $\Rightarrow b = 18,74 \text{ mm}$   $\frac{y_b}{y_a} = -\frac{b}{a} = -0,00603$

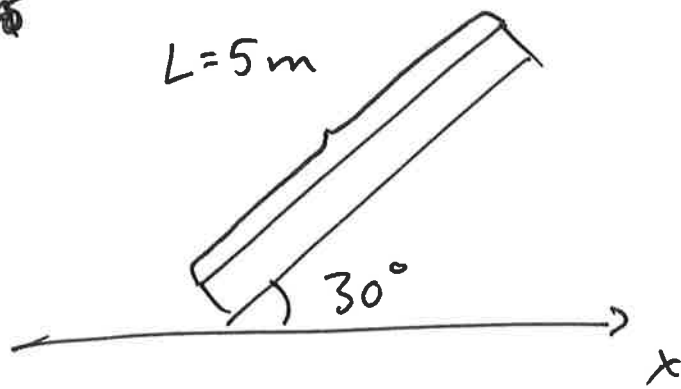
$y_a = 0,4 \text{ mm} \Rightarrow y_b = -0,002414 \text{ mm} = -2,414 \mu\text{m}$

b) pixelarea:  $(2,414 \mu\text{m})^2 = 5,829 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$   
 sensorarea:  $6,6 \text{ mm} \cdot 8,8 \text{ mm} = 5,808 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \Rightarrow \text{antal px} = 9,962 \cdot 10^6$

sva a) 2,41  $\mu\text{m}$  b)  $9,96 \cdot 10^6 \text{ px} = 10 \text{ Mpx}$

2019 04 15

6/



$$\vec{v}_x = \frac{c}{2}$$

$$L_x = L \cdot \cos 30^\circ = 4,33 \text{ m} \left( \frac{\sqrt{3}}{2} L \right)$$

$$L_y = L \cdot \sin 30^\circ = 2,5 \text{ m}$$

$$L'_y = L_y = 2,5$$

$$L \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot \sqrt{\frac{3}{4}} = L \cdot \frac{3}{4}$$

✓

$$L'_x = L_x \cdot \sqrt{1 - \frac{v_x^2}{c^2}} = L_x \sqrt{1 - \frac{c^2}{4 \cdot c^2}} = L_x \cdot \sqrt{\frac{3}{4}} = 3,75 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \tan \theta' = \frac{L'_y}{L'_x} \Rightarrow \theta' = \underline{\underline{33,69^\circ}}$$

$$L' = \sqrt{L'^2_x + L'^2_y} = \underline{\underline{4,51 \text{ m}}}$$

2019 04 25

$$7/ \text{Li}^{2+}, R_{\text{Li}^{2+}} = R_{\infty} \cdot \frac{M}{M+m} = R_{\infty} \cdot \frac{1}{1 + \frac{m}{M}}$$

$$m = 9,1093818 \cdot 10^{-31}, 0,000549 \text{ u}$$

$$M = 6,9 \text{ u}$$

$$\Rightarrow R_{\text{Li}^{2+}} = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{0,000549}{6,9}} = 0,99992 R_{\infty} = 10972858,5$$

$$9/ E_{\text{ion}} = \frac{hc}{\lambda} = hc R_{\text{Li}^{2+}} \cdot Z^2 = 122,44 \text{ eV}$$

(Det blir 122,45 eV om man använder  $R_{\infty}$  !)

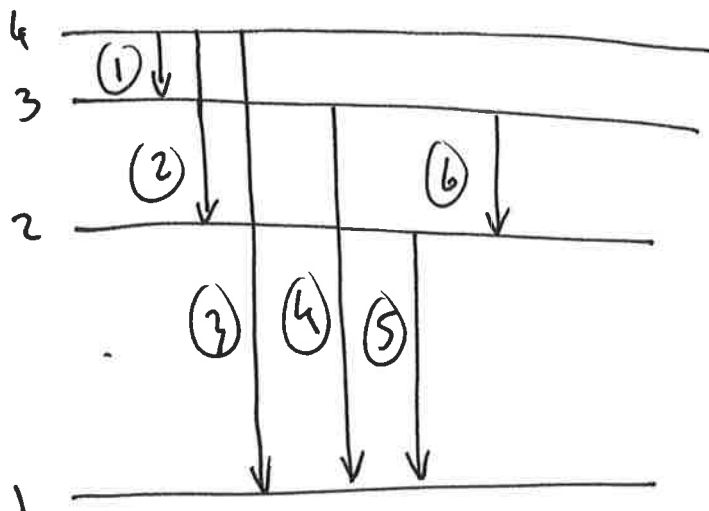
$$b/ E_n = \frac{E_{\text{ion}}}{n^2}$$

$$E_2 = -30,61 \text{ eV}$$

$$E_3 = -13,60 \text{ eV}$$

$$E_4 = -7,65 \text{ eV}$$

c/



- ① 5,95 eV
- ② 22,96 eV
- ③ 114,79 eV
- ④ 108,84 eV
- ⑤ 91,83 eV
- ⑥ 17,01 eV

2019 04 25

8/ Normera vågfunktionen

$$1 = \int_{-\infty}^{\infty} \psi^2(x) dx =$$

$$= C^2 \int_0^L x^2 (L^2 + x^2 - 2Lx) dx =$$

$$= C^2 \int_0^L x^2 L^2 + x^4 - 2Lx^3 dx =$$

$$= C^2 \left[ L^2 \frac{1}{3} x^3 + \frac{1}{5} x^5 - \frac{1}{2} L x^4 \right]_0^L$$

$$= C^2 L^5 \left( \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{2} \right) = \frac{C^2 L^5}{30}$$

$$\Rightarrow C = \sqrt{\frac{30}{L^5}}$$



## TENTAMEN I FYSIK FÖR n1 och BME1 DEN 14 Januari 2015

Skrivtid: 08.00-13.00

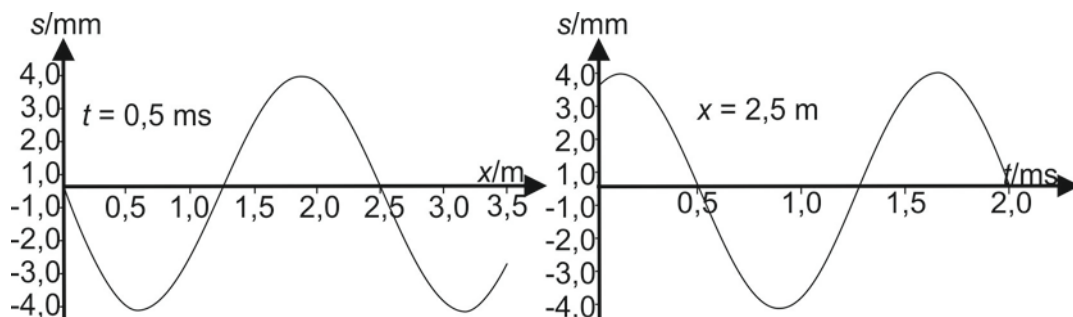
Hjälpmedel: Formelblad och räknare.

*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  $A$ ,  $T$ ,  $\lambda$  och  $\alpha$  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  $\Delta f$  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 toaletterulle kvar sedan julpysset 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 toaletterullen som är  $15\text{ cm}$  lång. När du är klar tittar du allra först genom "mikroskopet" ner på ett frimärke som ligger på bordet  $6\text{ cm}$  ifrån den närmsta linsen.

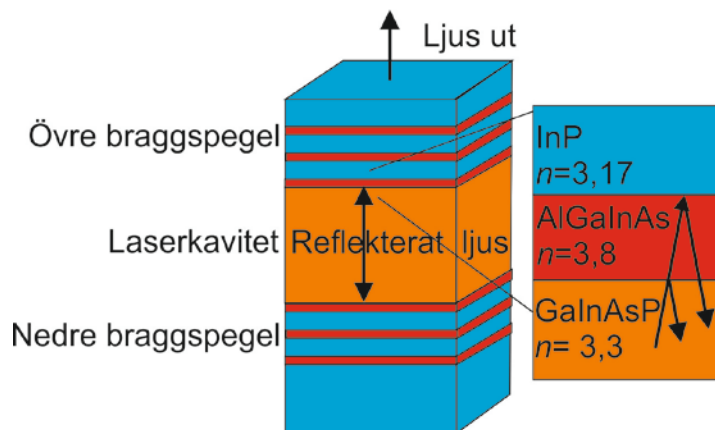


- a) Beräkna var slutbilden av föremålet sedd genom "mikroskopet" hamnar.
- b) Hur stor är "mikroskopets" lateralförstoring?
- c) Rita strålgången genom "mikroskopet". Använd en pil för att illustrera frimärket i diagrammet.
4. Du är på jakt efter en LED TV för en härlig filmupplevelse samtidigt som 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  $3840 \times 2160$  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.  $5\text{ m}$  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 ( $550\text{ nm}$ ) och låt ögats pupill vara  $5\text{ mm}$ . 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.

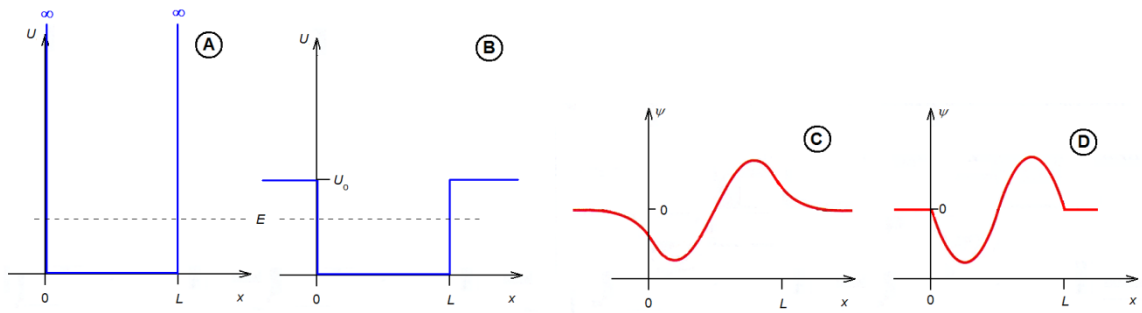


5. En vertical cavity surface emitting laser (vcsel) är en typ av halvledarlaser där laserkaviteten är inbakad mellan braggspelar. Hela strukturen tillverkas sekventiellt i en enda process som består av flera steg. I ett arbete om VCSLEs hittar du att braggspenglarna består av 22 alternerande lager halvledarmaterial 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  $980\text{ nm}$ .
- 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!

hørfattade lösningsförslag till tentamen 2015-01-14

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

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

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

$$\vec{v} = \text{åt vänster}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

svår: 1,7 km/s  
17 m/s



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

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

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

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

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

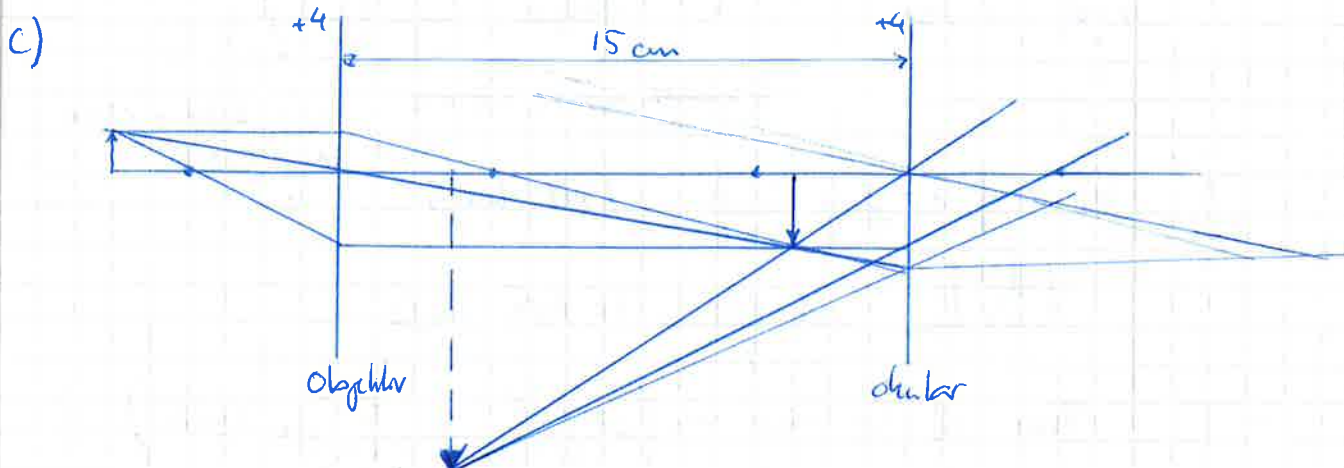
$$\Delta f = v_{bil} \cdot \frac{2f_s}{c} \Rightarrow 1,6064 \text{ kHz} - 12,851 \text{ kHz}$$

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

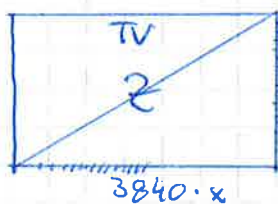
b) förstoring  $M_1 = -\frac{b_1}{a_1} = -\frac{12}{6} = -2$ ,  $M_2 = -\frac{b_2}{a_2} = \frac{12}{3} = 4$   $M_{\text{tot}} = M_1 \cdot M_2 = -8$



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

b) -8 gånger c) se ovan

4)



diagonalen av TV:n ges av

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

a) Böjning 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  $d_{\text{max}}$

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

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

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

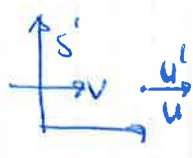
6a) För en observatör på jorden är det sträckan 0,7 ljusår som ska hämtas in.

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)



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

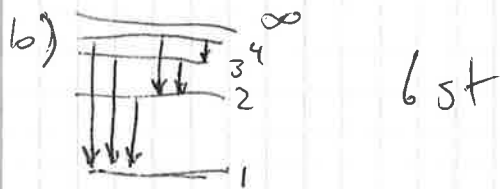
$$\left. \begin{aligned} u &= 0,8c \\ v &= 0,7c \end{aligned} \right\} \Rightarrow u' = \frac{0,1 \cdot c}{1 - 0,8 \cdot 0,7} = \frac{0,1c}{0,44} = 0,227 \dots \cdot c$$

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