

Svar till tentamen i Vågor och partiklar, SK1131, 9 januari 2013

1. a. I: För objektet i oändligheten ($p = \infty$) är $i_1 = f = 28$ mm.

II: objektet på 5 m dvs, $i_2 = i_1 + \Delta i$. Linsformeln; $\frac{1}{5} + \frac{1}{i + \Delta i} = \frac{1}{f} \Rightarrow \Delta i = 0.158$ mm

b. $h = 2$ meter och förstoringen $m = -\frac{i}{p}$ och $|m| = \frac{h'}{h} \Rightarrow h' = \frac{i}{p} h = 11.3$ mm.

2. Laserstrålen breddas genom diffraktion:

$$\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{d}, \text{ a. } d = 1 \text{ mm} \Rightarrow \theta = 0.044^\circ. \sin \theta \approx \frac{x}{L}.$$

a. Fläckens diameter på 200 m's avstånd blir $2x = 31$ cm. $d = 5$ mm \Rightarrow diametern blir $2x = 6$ cm.

3. Gångvägsskillnaden mellan strålen som reflekteras i den övre gränssytan och strålen den som reflekteras i den undre gränssytan är $\Delta l = 2nd / \cos \beta$, där β är brytningsvinkeln efter passage av den första gränssytan: Brytningslagen ger $\sin \varphi = n_1 \sin \beta$.

Rött ljus: $\varphi_1 = 0 \Rightarrow \beta_1 = 0 \Rightarrow \Delta l = \lambda_1 = 2n_1 d / \cos 0^\circ = 2n_1 d$. Blått ljus:

$$\varphi_2 = 68^\circ \Rightarrow \sin \beta_2 = \frac{\sin \varphi_2}{n_1}, \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1 \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha} \Rightarrow \cos \beta_2 =$$

$$\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \varphi_2}{n_1^2}} \Rightarrow \Delta l = \lambda_2 = 2n_1 d \cos \beta_2 = 2n_1 d \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \varphi_2}{n_1}\right)^2}.$$

Tillsammans ger dessa båda ekvationer:

$$2n_1 d = \lambda_1 \quad \text{och} \quad 2n_1 d \sqrt{1 - \left(\frac{\sin \varphi_2}{n_1}\right)^2} = \lambda_2 \Rightarrow 1 - \left(\frac{\sin \varphi_2}{n_1}\right)^2 = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2 \Rightarrow n_1 = 1.40 \quad \text{och} \quad d = 210 \text{ nm}.$$

4. a. Laserljus är koherent, monokromatiskt, polariserat och riktat.

b. Stimulerad emission är grunden för lasring.

c. Ljuset i lasern går fram och åter mellan speglarna och de frekvenser som uppfyller kavitetsvillkoret reflekteras konstruktivt, övriga frekvenser förstärks inte. Frekvenserna relaterar till kavitetslängden och brytningsindex ($\nu = \frac{mc}{2nL}$).

d. Optisk kommunikation används för att förlusterna för att transportera ljus i fibrer eller i fria rymden, är mycket lägre än när man transporterar ström i en kopparledare. Alltså kan man skicka signalen en väsentligt längre sträcka för samma energi. Dessutom kan man skicka flera olika signaler samtidigt över den optiska fibern utan att de stör varandra. Detta utnyttjas i våglängdsmultiplexade system (WDM) där man samtidigt har tio eller fler kanaler i fibern och då får motsvarande kapacitetsökning. Detta går inte med elektroner då de har laddning (fermioner) och påverkar varandra. Fotonerna har ingen laddning (bosoner) och interagerar inte.

5. a) Skal $n=1$ ger $2 e^-$, skal $n=2$ ger $8 e^-$, Skal $n=3$ ger $18 e^-$, Vilket ger $Z = 28$, ${}_{28}\text{Ni}$

b) Natrium, Na., en elektron i $n=3$, $l=0$ nivån, $Z = 11$.

c) Vi vet att $hc = 1239 \text{ eV}\cdot\text{nm}$. $E_{3p} - E_{3s} = 2.1 \text{ eV} = hf = hc / \lambda$
 $\Rightarrow \lambda = hc / (2.1 \text{ eV}) = (1239 \text{ eV}\cdot\text{nm}) / (2.1 \text{ eV}) = 590 \text{ nm}$.

6. 2 g kalium/liter och 0,25 liter/glas \Rightarrow 0,50 g kalium/glas. Varav 0,0117 % är ${}^{40}\text{K} \Rightarrow 5,85 \cdot 10^{-5}$ g ${}^{40}\text{K}$ i ett glas mjölk. Massan för en atom ${}^{40}\text{K}$ är $40u = 40 \cdot 1,661 \cdot 10^{-24}$ g. Antalet ${}^{40}\text{K}$ atomer i glaset,

$$N = (5,85 \cdot 10^{-5}) / (40 \cdot 1,661 \cdot 10^{-24}) = 8,8 \cdot 10^{17}. t_{1/2} = \ln(2) / \lambda \Rightarrow \lambda = \ln(2) / t_{1/2} =$$

$$\ln(2) / [1,227 \cdot 10^9 \text{ (år)} \cdot 365 \text{ (dagar/år)} \cdot 24 \text{ (timmar/dag)} \cdot 3600 \text{ (s/timme)}] = 1,79 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1}$$

Aktivitet : $A = N \cdot \lambda = 8,8 \cdot 10^{17} \cdot 1,79 \cdot 10^{-17} \text{ s}^{-1} = 15,7 \text{ s}^{-1}$. Svar: $A = 16 \text{ s}^{-1} = 16 \text{ Bq}$.