

## Svar till tentamen i Vågor och partiklar, SK1131, 9 juni 2010

1. a.  $P = U \cdot I = 3 \text{ V} \cdot 100 \text{ mA} = 300 \text{ mW}$ .

b. Enl. Diagram vid  $I = 100 \text{ mA}$  är  $P = 70 \text{ mW}$ .

c. Frekvensdubbling av  $1064 \text{ nm}$ .  $c = f \cdot \lambda$ . Dubblad frekvens svarar mot halvering av våglängden,  $\lambda = 532 \text{ nm}$ . Kommentar: Det blir ju en foton med dubbla energin. I den icke linjära processen annuleras två IR fotoner vid bildandet av en grön foton.

d.  $P_{ut} = P_{in} \cos^2 \theta \Rightarrow \theta = \sqrt{\arccos \frac{1}{10}} = 71.6^\circ$ .

2. Fläckens storlek ges av diffraktionen. Diffraktionsvinkeln  $\theta = \arcsin\left(\frac{1.22\lambda}{D}\right)$  där  $D$  är stråldiamatern vid utgången från pekaren. Diametern på fläcken vid skärmen blir  $d_{skärm} = 2L \tan \theta$ .  $L = 5 \text{ m}$ .

a.  $D = 2 \text{ mm} \Rightarrow d_{skärm} = 3.2 \text{ mm}$ , och b.  $D = 60 \mu\text{m} \Rightarrow d_{skärm} = 10.8 \text{ cm}$ .

3. a. Vi har destruktiv interferens för nolla och lika fasskift för båda strålarna. Våglängdsskillnaden mellan 1 och 2 blir i optisk väg alltså  $\lambda/2$ , eller  $\pi = \frac{2 \cdot 2\pi m h}{\lambda} \rightarrow h = \frac{\lambda}{4n} \approx 130 \text{ nm}$ .

b. Laser fokuseras ner på CD-skivan och fläckens diameter,  $d$ , begränsas av diffraktionen vilken är våglängdsberoende, Diffraktionsvinkeln  $\sim \lambda$ . Ju kortare våglängd ju mindre diffraktionsvinkel och därmed fläck. Mindre fläck ger större packningstäthet. (Om du antar ett en viss stråldiameter  $D$  in mot linsen som fokuserar på CDn och fokalavstånd  $f$  ges fläckradien  $r$  av:  $\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{D}$  och  $\frac{r}{f} = \tan \theta$ . Vi rör oss med relativt små vinklar och vi får  $\sin \theta \approx \tan \theta \approx \theta$ . Då blir  $r \approx \frac{1.22\lambda f}{D}$ ).

4. Du kan ansätta att pixlarna är symmetriska. Räkna först ut pixelstorleken. Diagonalen  $L = 152 \text{ cm}$  och diagonalvinkeln  $\theta = \arctan \frac{1080}{1920} = 29.4^\circ$ . Då fås bredden,  $b$ , på TVn från  $\frac{b}{L} = \cos \theta = 132 \text{ cm}$ .

Pixelstorleken  $x = 132/1920 = 0.69 \text{ mm}$ , vilket också är avståndet mellan två pixlar. Rayleighvillkoret för upplösning,  $\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{D}$ , där  $D$  är pupilldiametern, t.ex.  $2.5 \text{ mm}$ . Med blått ljus (t.ex.  $460 \text{ nm}$ ) syns

punkterna lättast. Gränsvinkeln mellan två punkter då du precis kan upplösa dem blir  $\theta_{max} \approx \frac{1.22\lambda}{D} = 0.11 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$ . Avståndet till skärmen  $L$  fås från  $x/L = \tan \theta$ . Då blir  $x = 3.1 \text{ m}$ , och på kortare avstånd kan du se pixlarna.

5. Om  $N_0$  atomer fanns när bergsbiten skapades genom att stelna från magma, fås att antal kaliumatomer som kvarstår vid tiden för analysen  $N_k = N_0 e^{-\lambda t}$ , där  $t$  är åldern av bergsbiten. Vidare, för varje kaliumatom som sönderfaller bildas en argonatom. Således är antal Ar-atomer vid tiden för analysen  $N_{Ar} = N_0 - N_k$ . Vi kan ej mäta  $N_0$ ; så vi eliminerar  $N_0$  från våra två ekvationer. Vi får då  $\lambda t = \ln(1 + N_{Ar}/N_k)$  där  $N_{Ar}/N_k$  kan mätas. Vi löser ut  $t$  och skriver  $T_{1/2} = \ln 2 / \lambda$  vilket ger  $T = T_{1/2} \ln(1 + N_{Ar}/N_k) / \ln 2 = (1.25 \times 10^9) [\ln(1 + 10.3)] / \ln 2 \approx 4.37 \times 10^9 \text{ år}$ . Kommentar: Kortare tider kan hittas för prover från andra planeter men inga mycket längre har hittats. Således, de äldsta bergsmaterialen formades strax efter att solsystemet bildades vilket uppskattas till ca. 4 miljarder år.

6.  $E = \Delta m \cdot c^2$ . Vi kan avläsa direkt ur diagrammet, för vi behöver bara veta att reaktionsprodukten har mindre massa per nukleon.

a. Mer energi frigörs när väte fusionerar än vid fission av uran. Att märka är det snabba avtagandet i massa/nukleon mellan väte och helium (större derivata). Från kurvan ser vi att väte har mer massa per nukleon.

b. Energi skulle frigöras om bly (massa  $207 \text{ u}$ ) skulle fissionera. Dess produkter skulle ha mindre massa per nukleon och finnas "neråt" på kurvan. Om ett par blyatomer skulle undergå fusion så skulle produkten av denna process ha mer massa per nukleon, (uppåt i kurvan). För att få energi att frigörs måste produkten av en reaktion ligga vid en lägre punkt på kurvan.

c. Ingetdera. Järn ligger vid botten av kurvan. Både fusion och fission skulle absorbera energi i stället för att frigöra energi (det är anledningen till att stjärnor snabbt kallnar när fusionscykeln har nått järn).