

Svar

Våglära och optik FAFF30+40

Kapitel 0

0.1a Vid vändlägena

0.1b 0,24 m/s, vid jämviktsläget

0.1c Vid vändlägena

0.1d $T/2=0,21$ sekunder

0.1e $F_{max} = mA\omega^2 = 2N$

0.2 0,37 J

0.3 99 μm

0.4 Spänn fast astronauten i en fjäder och mät hur periodtiden förändras

$$0.5a \quad f = \frac{L}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_{vatten}g}{m_{gummi}}}$$

$$0.5b \quad T = \frac{1}{f} = 0,65 \text{ sekunder}$$

$$0.6a \quad f = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{\rho g}{4\pi m}}$$

$$0.6b \quad f = 4,42 \text{ Hz och } T = \frac{1}{f} = 0,23 \text{ sekunder}$$

$$0.7 \quad \tan \theta = \frac{x}{L} \text{ för små vinklar gäller } \sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{L}$$

Den återförande kraften ges av: $F = -mg \sin \theta \approx -mg \frac{x}{L}$ kan skrivas som $F = -kx$ om $k = \frac{mg}{L}$.

För en harmonisk svängning med den återförande kraften $F = -kx$ ges vinkelfrekvensen av:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{mg}{Lm}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Kapitel 1

1.1 Kortare våglängd betyder att varje foton har högre energi och kan därför göra större skada

1.2. 2,5 GHz

1.3 a) $1,53 \cdot 10^{-34}$ m

b) 3,9 Å

1.4 a) $3,6 \cdot 10^{-17}$ W

b) 3,27 och 1,61 eV

c) -

d) $3,9 \cdot 10^{14}$ Hz till $7,9 \cdot 10^{14}$ Hz

1.5 $3,79 \cdot 10^{17}$

1.6 a) 2 ms

b) 68 cm

Kapitel 2

2.1 Vattendropparna fokuserar solljuset och värmen skadar bladen, men svamp är nog ett ännu bättre svar.

- 2.2 Sprida
- 2.3 Börja med att välja linsens diameter och se sedan till att alla strålar har samma optiska väglängd som den yttersta strålen.
- 2.4 Minst halva din längd och den ska placeras så att överkanten är mitt mellan ögonhöjd och din längd.
- 2.5 $\frac{1}{a} + \frac{1}{L-a} = \frac{1}{f}$ vilket ger $a = \frac{L}{2} \pm \sqrt{\frac{L^2}{4} - fL}$
- 2.6 a) $a > 2f$
 b) $0 < a < f$
 c) $a = 2f$
- 2.7 Förstoring $3x$ ger $= \frac{25}{3} = 8,33$

Linsmakarens ekvation ger $f_{vatten} = f_{luft} \cdot \frac{n_v}{(n_g - n_v)} \cdot \frac{(n_g - n_l)}{n_l} = 3,68 f_{luft} = 30,6 \text{ cm}$

- 2.8 a) $n = 1.31$
 b) $\theta = 46^\circ$
- 2.9 a) virtuell bild
 b) $a = 40 \text{ mm}$, $f = 45 \text{ mm}$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = -360 \text{ mm}$$

$$y_a = 55 \text{ mm}$$

$$\frac{y_y}{y_a} = M = -\frac{b}{a} \Rightarrow y_b = 495 \text{ mm}$$

- 2.10 $d = \sqrt{13^2 + 9^2} = 15,8 \text{ mm}$
- a) $\alpha_a = 2 \arctan\left(\frac{d}{2f}\right)$, $\alpha_a = 76,6^\circ$
- b) $n_L \sin\left(\frac{\alpha_a}{2}\right) = n_V \sin\left(\frac{\alpha_b}{2}\right) \Rightarrow \alpha_b = 55^\circ$
- c) Vinkeln påverkar inte $\Rightarrow \alpha_c = \alpha_a = 76,6^\circ$
 En anledning att man har en sfär är att man får större bildvinkel enligt ovan. En annan är att man får mindre avbildningsfel, eftersom strålarna går vinkelrätt genom ytan.
- 2.11 $t = \sum_i \frac{n_i x_i}{c}$
- 2.12 Strålen kommer från bottenytan med vinkeln 45° .
- 2.13 Reflektion i bottenytan; 1,60
- 2.14 1,55
- 2.15 15 cm bakom närmsta ytan; Förstoringen är $3x$

Kapitel 3

- 3.1 Skillnaden i brytningsindex minskar, vilket leder till att brännvidden ökar vilket i sin tur gör att vinkelförstoringen minskar.
- 3.2 Dispersionen måste vara hög, dvs ändringen av brytningsindex som funktion av våglängd
- 3.3 Positiv
- 3.4 a) $G=0.24$
 b) 3,6 meter från dörren, på samma sida som försäljaren
- 3.5 Bild 1 är tagen med den kortaste fokallängden
- 3.6 Olja och pyrex har samma brytningsindex, dessutom absorberar pyrex inte ljus. Oljan skapar en cylinderformad yta som bågaren befinner sig innanför. Eftersom $n_{olja} > n_{luft}$ fås förstoring.
- 3.7 -

3.8 0,89° (0,75° om man använder den förenklade formeln)

3.9 $1,3 \cdot 10^5 \text{ W/m}^2$

3.10 a) $M = -80$

b) 30 grader

c) 8,95 mm

d) 15,9 grader

e) 8,5 mm

f) 3,5 ggr

Kapitel 4

4.1: Det är effektivast att knuffa gungan vid läge B, då sker kraftöverföringen fasförskjutet 90 grader i förhållande till rörelsen och blir då effektivast. Står man bredvid gungan kan man dessutom knuffa två gånger per period.

4.2 a) 3 Hz a) 0,557 Hz

b) 5 m b) 0,898 m

c) 0,333 s c) 1,795 s

d) $A = 4$ d) $A = 0,4$

e) 15 m/s e) 0,5 m/s

f) i positiv x-led f) i neg x-led

4.3 a) Ja b) Nej

c) Ja d) Ja

4.4 a) 0,12 m, 0,41 ns b) 4,3 kV/m

4.5 a) $7,96 \text{ W/m}^2$ b) $77,4 \text{ V/m}$, $2,58 \cdot 10^{-7} \text{ Vs/m}^2$

4.6 $32,4 \pm 0,7 \text{ V/m}$

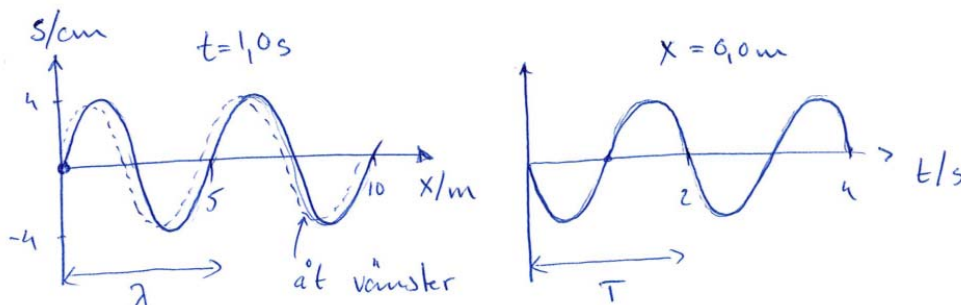
4.7 $(3 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \cdot \sin \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{0,01 \text{ s}} + \frac{x}{3,4 \text{ m}} \right) + \pi \right]$

4.8 Vänster

4.9 a) $(0,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \cdot \sin \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{22 \cdot 10^{-3} \text{ s}} - \frac{x}{6,0 \text{ m}} \right) + \frac{5\pi}{3} \right]$

b) Maximal partikelhastighet är $43 \text{ } \mu\text{m/s}$ och utbredningshastigheten är $0,27 \text{ km/s}$

4.10



4.11 a) $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ b) $0,6 \text{ } \mu\text{m}$

c) $0,39 \text{ } \mu\text{m}$, d) $1,95 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e) 1,538

4.12 $y = ae^{-b(x+10t)^2}$

4.13 a) (1) och (2) motsvarar fortskridande vågor eftersom de uppfyller vågekvationen; förenklat, om $w = z + vt$, beror y på w, dvs. $y = A \sin^2(4\pi w)$ och $y = Aw^2$.

- b) (i) $v = 1 \text{ m/s}$ i $-z$ -riktningen (ii) $v = 1 \text{ m/s}$ i $+x$ -riktningen
- 4.14 $(4be) \cdot \sin \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{4s} + \frac{x}{3m} \right) + \alpha \right]; \alpha = 0, \pm\pi, \pm 2\pi \dots$
- 4.15 b) $\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{3}, 0, -\frac{\pi}{2}, 0.6\pi$
 c) Subtrahera $\frac{\pi}{2}$ från varje.
- 4.16

Kapitel 5

- 5.1 Vågorna adderas inte koherent
- 5.2 Mikrofonen mäter ljudet som kommer in och sedan skickar högtalaren ut precis samma signal, fast färförskjuten så att summan av de två vågorna blir noll.
- 5.3 2 Hz
- 5.4 Ljudnivå $L_I = 10 \cdot \log(I/I_0)$ där $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Ljudnivån anges i dB.
 a) $4E^2 = +6,0 \text{ dB}$ b) $2E^2 = +3,0 \text{ dB}$
- 5.5 a) $\lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4$ b) $0, \lambda/2, \lambda$ c) $\lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4$
- 5.6 a) vågorna rör sig mot varandra med en hastighet av $4/3 \text{ m/s}$ b) $t = \frac{3}{4} \text{ s}$ c) $x = 1 \text{ m}$
- 5.7 $y = 11,6 \sin(\omega t + 0,402\pi)$
- 5.8 $E = 0,695 \cos(0,349 - \pi t)$
- 5.9 $v_g = A = \text{konstant}$
- 5.10 $2 \left(\frac{v}{c} \right) v_0$ där v_0 är frekvensen på ljuset

Kapitel 6

- 6.1 a) Nej
 b) Mindre än 91,2 nm
 c) Mindre än 365 nm
- 6.2 e^{-76}
- 6.3 a) $0,4830 \mu\text{m}$
 b) $0,0756 \text{ W}$
- 6.4 $T = 5569 \text{ K}$
- 6.5 Einsteinkoefficienterna beskriver hur fort en atom övergår från ett tillstånd till ett annat då det belyses med rätt frekvens. B_{21} är koefficienten för stimulerad emission och A_{21} koefficienten för spontan emission. När man bygger en laser är den spontana emissionen en förlust som man vill hålla så liten som möjligt. Förhållandet mellan de båda koefficienterna ges av $\frac{A_{21}}{B_{21}} = 8\pi h\nu^3/c$ vilket betyder att höga frekvenser, vilket motsvarar korta våglängder, ger stora förluster.

Kapitel 7

- 7.1 A & C
- 7.2 a) A & C, b) B & C, c) A & B
- 7.3 a) Samma mönster.
b) \perp polarisation \Rightarrow inget interferensmönster.
Polarisationen: I P0 och P1: // F1, i a och c: cirk. pol., i b: \perp F1
c) Interferensmönstret återkommer.
d) Komplementärt mönster.
- 7.4 0,91 μm , ljusets begränsade koherenslängd gör att sådana fenomen endast observeras i tunna filmer
- 7.5 a) 3 st
b) 33,5 % svagare
c) En extra reflektion fram och tillbaka mellan två av rutorna (rita!)
- 7.6 8,8 m
- 7.7 a) 1,24, 0,110 μm b) 0,011 c) 0,24
- 7.8 a) För minimat är $2n_2d = \frac{\lambda}{2} + m\lambda$
 $m = 1 \Rightarrow \lambda = 549 \text{ nm}$
b) $2n_2d \cdot \cos\alpha_2 = \frac{\lambda}{2} + m\lambda$
 $n_1 \sin\alpha_1 = n_2 \sin\alpha_2 \Rightarrow \alpha_2 = 18,2^\circ$
 $m = 1 \Rightarrow \lambda = 521 \text{ nm} \Rightarrow$ kortare
- 7.9 Vi får konstruktiv interferens då $2n_2d = \frac{\lambda}{2} + m\lambda$
 $m = 0 \Rightarrow \lambda = 498 \text{ nm}$ vilket är grönt ljus
 $m = 1 \Rightarrow \lambda = 166 \text{ nm}$ vilket inte är synligt
För snett infall gäller $2n_2d \cos\alpha = \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda = 4n_2d \cos\alpha \leq 4n_2d$ dvs våglängden minskar
- 7.10 584 nm
- 7.11 a) Maximal reflektans då $2n_2d = m\lambda_R \Rightarrow \lambda_R = \frac{2n_2d}{m}$
 $m = 4 \Rightarrow \lambda_R = 580 \text{ nm}$, $m = 5 \Rightarrow \lambda_R = 464 \text{ nm}$
b) Maximal transmittans då $2n_2d = \frac{\lambda_T}{2} + m\lambda_T \Rightarrow \lambda_T = \frac{2n_2d}{m+\frac{1}{2}}$
 $m = 3 \Rightarrow \lambda_T = 662 \text{ nm}$, $m = 4 \Rightarrow \lambda_T = 515 \text{ nm}$, $m = 5 \Rightarrow \lambda_T = 422 \text{ nm}$
- 7.12 a) 0.86 b) 0
- 7.13 a) 0,8 b) 3,73/1
- 7.14 686 nm
- 7.15 538 nm
- 7.16 498 nm
- 7.17 a) 2,78 %
b) 89,3 nm
c) 1 %
- 7.18 159 mörka band

Facit kapitel 8

8.1 a) $0,70^\circ$ b) $1,000456$

8.2 $a = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin(\theta/2)}$

8.3 a) 30 GHz , 36 pm
b) 43 , $0,83 \text{ pm}$
c) ökar
d) $0,30 \text{ }\mu\text{m}$

8.4 a) I_0 , $20 \cdot I_0$, $19 \cdot I_0$
b) $0,000658 \cdot I_0$, $0,0131 \cdot I_0$, $0,0125 \cdot I_0$

8.5 Rayleighs upplösningsskriterium ger: $D \sin \theta = 1,22 \lambda$

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{R}$$

$$\lambda \approx 550 \text{ nm}$$

$$x = \frac{1,22 \lambda \cdot R}{D} = 0,16 \text{ m}$$

8.6 $f = 18,5 \text{ mm}$, $b_t = 2,8 \text{ mm}$

Upplösning med en cirkulär öppning ges av

$$D \sin \theta = 1,22 \lambda$$

För små vinklar gäller $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{L}$

$$D = \frac{f}{b_t} \Rightarrow \frac{f}{b_t} \cdot \frac{x}{L} = 1,22 \lambda \Rightarrow x = \frac{1,22 \lambda \cdot b_t \cdot L}{f} = 0,1 \text{ mm}$$

8.7 524 nm

8.8 $17,5 \text{ }\mu\text{m}$

8.9 a) $n = 1 + \frac{N\lambda}{2L}$
b) 183

8.10 $140 \text{ }\mu\text{m}$

Kapitel 10

10.1 $n = 1,50$

10.2 a) $73,8^\circ$ b) $N.A. = 0,421$ c) $25,1^\circ$

10.3 202 st

10.4 $10,6 \text{ }\mu\text{m}$ (se ekv. 10-11)

Facit kapitel 11

- 11.1 För att få så stor spridning som möjligt ska spalten vara så smal som möjligt eftersom spridningsvinkeln ges av formeln: $b \cdot \sin \theta = m\lambda$.
- 11.2 Basarna eftersom längre våglängder får större spridningsvinkel
- 11.3 Belysningen ska ökas eftersom pupillerna då blir mindre och upplösningen försämrar.
- 11.4 Det kan inte stämma av flera anledningar: Spalten är för bred, en spalt ger diffraktion och inte interferens, olika färger böjs olika mycket varför vitt ljus delas upp i sina beståndsdelar vid interferens.
- 11.5 a) 1,3 mm b) 0,18 mm
- 11.6 a) 5 b) 1 c) 4 d) 6 e) 3 f) 2
- 11.7 a) $f = 1,09 \text{ kHz}$ b) Endast $35,2^\circ$
- 11.8 15,8 mm x 6,3 mm, ingen stor förändring, fortfarande \approx Fraunhoferdiffraktion
- 11.9 a) 120°

b) $I_{\max}/9$

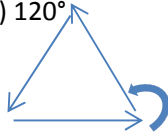
c) Eftersom spalterna är extremt smala blir diffraktionsmönstret väldigt brett. Dvs två närliggande huvudmax har i princip samma intensitet.

- 11.10 a) 1 bimax \Rightarrow 3 spalter

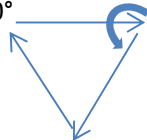
b) Diffraktion i varje spalt

c) $I = I_0 N^2$

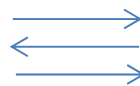
d) 120°



240°



e) 180°



f) Minima i d) kommer inte att ändras, men bimax i e) påverkas och vinkeln blir mindre.

11.11 $\frac{E_0}{2} = R \sin \frac{\delta}{2} \Rightarrow E_0 = 2R \sin \frac{\delta}{2} \Rightarrow 2R = \frac{E_0}{\sin \frac{\delta}{2}}$

$$E = 2R \sin \frac{N\delta}{2} \Rightarrow \frac{E_0 \sin \frac{N\delta}{2}}{\sin \frac{\delta}{2}}$$

$$I = E^2 = \frac{E_0^2 \sin^2 \frac{N\delta}{2}}{\sin^2 \frac{\delta}{2}} = I_0 \frac{\sin^2 \frac{N\delta}{2}}{\sin^2 \frac{\delta}{2}}$$

- 11.12 a) 1,1 mm b) 1,1 mm

11.13 0,090

11.14 500 nm

11.15 a) $14,3^\circ$ b) 0,66; 0,14; $1,3 \cdot 10^{-3}$; $5,5 \cdot 10^{-6}$

11.16 11,7 m

11.17 3 till 10,4 m

Facit kapitel 12

- 12.1 Luft absorberar all strålning under 2000 Å
- 12.2 36,9° - 44,4° (andra och tredje ordningen), 53,1° - 90° (tredje och fjärde ordningen) och naturligtvis 0° (nollte ordningen ger vitt ljus)
- 12.3 a) 38,1°
b) 65 μrad
c) 98 μrad
d) 0,045
- 12.4 a) 0,0455 Å
b) 8,315 respektive 7,303 Å/mm
c) 0,365 Å
d) 6,23 μm
- 12.5 9,3°
- 12.6 987; 494
- 12.7 a) m=2 b) Så litet att hela gittret är belyst av ljusstrålen

Facit kapitel 13

13.1 $R = 1,17 \text{ m}, I_{2000} \approx 0, I_{1667} \approx I_0$

$R = 1,17 \text{ m}, I_{2000} \approx 0, I_{1667} \approx I_0$

- 13.2 a) $4 \cdot I_0$
b) $100 \cdot I_0$ eller $64 \cdot I_0$
c) $324 \cdot I_0$
d) $81 \cdot \pi^2 \cdot I_0$
- 13.3 3,16 m, 1,58 m, 1,05 m
- 13.4 $1,37 \cdot I_0, 1,21 \cdot I_0$ och 1,11 mm
- 13.5 a) 1 mm
b) $I = 4I_0$
c) $I = \pi^2 I_0$
- 13.6 Se separat lösning sist i häftet
- 13.7 a) Se lösning till 13.6
- $R_n = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ m} \approx 0,11 \text{ mm}$
- b) Varannan zon är blockerad

$$\Rightarrow A = A_1 + A_3 + A_5$$
$$\Rightarrow I = (3 \cdot 2 E_0)^2 = 36 I_0$$

- 13.8 När, fjärr (gränsfall), fjärr, fjärr (när, när, när, fjärr om $d < \frac{\lambda}{2}$ används, men den gäller inte för parallella strålar in)
- 13.9 Maxima: 158, 53, 32, 23 cm; minima: 79, 40, 26, 20 cm
- 13.10 a) 2,43 och 4,20 mm
b) 3,43 och 4,86 mm
- 13.11 a) 0,533 mm
b) 506

- c) 45 cm; 15 cm; 9 cm
 13.12 1,35; 1,91; 2,34 mm
 13.13 -
 13.14 a) $0,00124 I_u$
 b) $1,065 I_u$
 13.15 $1,19 I_u$; $0,96 I_u$

Facit kapitel 14

- 14.1 a) $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sqrt{3} \\ 1 \end{bmatrix}$; b) $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sqrt{3} \\ -1 \end{bmatrix}$; c) $\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$
 14.2 a) $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$: linjärpolariserad vid -45°
 b) $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$: linjärpolariserad vid $+45^\circ$
 c) $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}}(1-i) \end{bmatrix}$: högerelliptiskt polariserad vid $+45^\circ$
 c) $\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ i \end{bmatrix}$: vänstercirkulärpolariserad
 14.3 a) linjärpolariserad längs x-riktningen, rör sig i +z-riktningen med amplituden $2E_0$
 b) Linjärpolariserad i $53,1^\circ$ relativt x-axeln, rör sig i +z-riktningen med amplituden $5E_0$
 c) Högercirkulärpolariserad, rör sig i -z-riktningen med amplituden $5E_0$
 14.4 Högercirkulärpolariserat ljus
 14.5 a) Linjärpolariserad, $\alpha = 18,4^\circ$, $A = \sqrt{10}$
 b) Högercirkulärpolariserad, $A = 1$
 c) Högerelliptiskt polariserad, halva transversalaxeln = 5 längs y, halva konjugatrxeln = 4 längs x.
 d) Linjärpolariserad, horisontell, $A = 5$
 e) Vänstercirkulärpolariserad, $A = 2$
 f) Linjärpolariserad, $\alpha = 56,3^\circ$, $A = \sqrt{13}$
 g) Vänsterelliptiskt polariserad, $\epsilon = 53,1^\circ$, $\alpha = -7^\circ$, $E_{0x} = 2$, $E_{0y} = 10$
 14.6 Inget ljus lämnar uppställningen

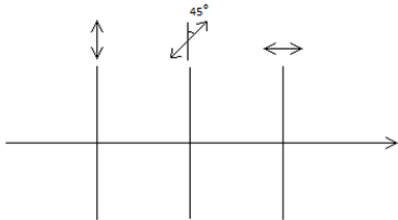
Facit kapitel 15

- 15.1 Använd $\lambda/4$ och polarisator. $I_{\text{cirk}} / I_{\text{tot}} = (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} + I_{\text{min}})$
 15.2 Ljus som reflekteras i Brewstervinkeln (t ex i en vattenyta) kommer att vara planpolariserat och kan därför släckas ut helt av ett par polaroidglasögon.
 15.3 Polaroidglasögon ska minska reflexer från horisontala ytor => transmitterar vertikalpolariserat ljus. Dvs. om du vrider glasögon 90° blir himlen mörkare. Solen är till vänster utanför bilden.
 15.4 a) $I = I_0 \cdot \cos^2 \theta \cdot \sin^2 \theta$
 b) $I = I_0 \cdot \cos^2(\omega \cdot t) \cdot \sin^2(\omega \cdot t) = I_0 \cdot (1 - \cos(4 \cdot \omega \cdot t))/8$
 15.5 a) 0
 b) $0,25 \cdot I_0$
 c) $0,42 \cdot I_0$

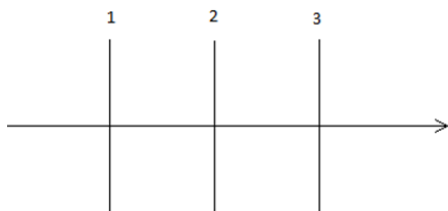
$$d) I_0 \cdot \left[\cos\left(\frac{\pi}{2N}\right) \right]^{2N}$$

$$e) I_0$$

15.6 a)



b)

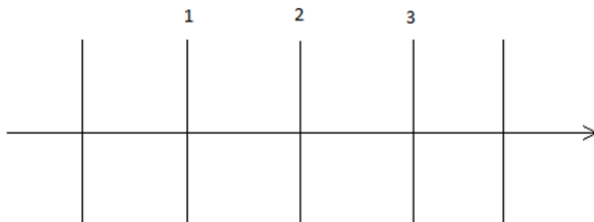


$$1. I_1 = \frac{I_0}{2} \text{ Opolariserat} \Leftrightarrow \text{Linjärpolariserat}$$

$$2. I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{I_1}{2} = \frac{I_0}{4}$$

$$3. I_3 = I_2 \cos^2(90 - \alpha) = \frac{I_2}{2} = \frac{I_0}{8}$$

c)



$$I_{tot} = \frac{1}{2} I_0 \cdot \cos^2(22,5) \cdot \cos^2(22,5) \cdot \cos^2(22,5) \cdot \cos^2(22,5) = \frac{1}{2} I_0 \cdot \cos^8(22,5) = 0,265$$

Dvs. mer än i b)

15.7 27,51° och 31,02°

15.8 a) För stereoskopiskt seende krävs det att höger och vänster öga ser lite olika bilder. För att åstadkomma detta krävs två projektorer med filter så att den ena projicerar högercirkulärpolariserat ljus och den andra vänstercirkulärpolariserat ljus. Glasen i 3D glasögon har sedan en kvartsvågspatta som omvandlar cirkulärpolariserat ljus till linjärpolariserat ljus och sedan en polarisator som släpper igenom ljus med rätt polarisation. Kvartsvågspattorna är placerade så att ljuset från den ena projektorn blir vertikalpolariserat och det från den andra horisontalpolariserat så att ögat bara ser den ena bilden, och omvänt för det andra ögat.

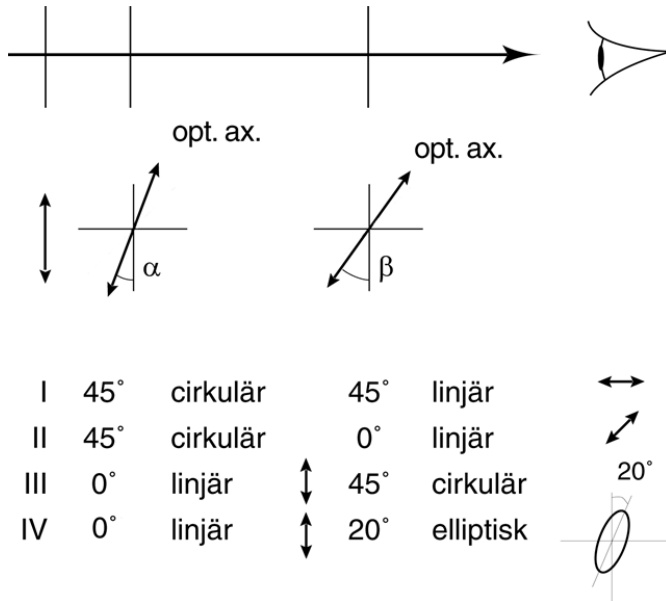
b) Du ser det slutna ögat (se ovan)

15.9 a

$$\frac{2\pi}{\lambda_o} d \cdot |n_o - n_e| = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$$

$$d = \frac{\lambda_o}{4 \cdot |n_o - n_e|} = \frac{486 \cdot 10^{-9}}{4 \cdot (1,5590 - 1,5497)} = 13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

b)



$$\frac{\text{Lillaxel}}{\text{Storaxel}} = \frac{\sin 20^\circ}{\cos 20^\circ} = \tan 20^\circ$$

15.10 Svar: $I = I_0 \cdot \sin^2(\delta/2) = \frac{1}{2} I_0 \cdot (1 - \cos(\delta)), \quad \delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Delta n \cdot d$

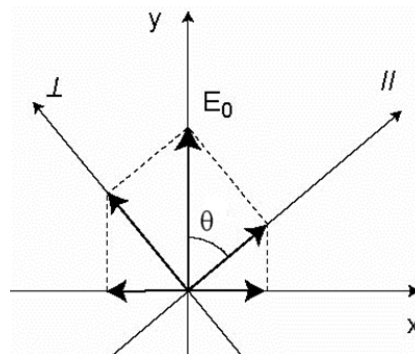
Lösning:

Den enklaste beskrivningen av det vertikalt polariserade ljuset efter 1:a linjärpolarisatorn är:

$$\vec{E} = E_0 \cdot \vec{e}_y \cdot \sin(kz - \omega t)$$

Detta är emellertid en obekvämt beskrivning för att hantera effekten av den dubbelbrytande plattan. I stället väljer vi att beskriva det vertikala ljuset som summan av 2 svängningar, parallellt ($\vec{e}_{//}$) och vinkelrätt (\vec{e}_{\perp}) mot plattans optiska axel enligt vidstående figur.

$$\vec{E} = E_0 \cos(45) \cdot \vec{e}_{//} \cdot \sin(kz - \omega t) + E_0 \sin(45) \cdot \vec{e}_{\perp} \cdot \sin(kz - \omega t)$$



Effekten av den dubbelbrytande plattan är att introducera en fasförskjutning (δ) mellan dessa komponenter. Efter plattan har vi alltså

$$\bar{E} = E_0 \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \bar{e}_{//} \cdot \sin(kz - \omega t + \delta) + E_0 \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \bar{e}_{\perp} \cdot \sin(kz - \omega t)$$

med

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \cdot \Delta n \cdot d$$

Endast projektionen av dessa fält på transmissionsriktningen för den 2:a linjärpolarisatorn kan passera. Enligt Figuren blir fältet efter den 2:a polarisatorn:

$$\begin{aligned} \bar{E} &= \frac{1}{2} E_0 \cdot \bar{e}_x \cdot (\sin(kz - \omega t + \delta) - \sin(kz - \omega t)) = \\ &E_0 \cdot \bar{e}_x \cdot \cos(kz - \omega t + \delta/2) \cdot \sin(\delta/2) \end{aligned}$$

Slutligen ska vi beräkna motsvarande intensitet

$$\begin{aligned} I \propto \langle \bar{E}^2 \rangle &= E_0^2 \cdot \sin^2(\delta/2) \cdot \langle \cos^2(kz - \omega t + \delta/2) \rangle = \\ &\frac{1}{2} E_0^2 \cdot \sin^2(\delta/2) \end{aligned}$$

Eftersom $I_0 = \frac{1}{2} E_0^2$ får vi så slutresultatet:

$$I = I_0 \cdot \sin^2(\delta/2)$$

15.9 28,1%

15.10 57,5° och 22,5°

15.11 a) Enkelbrytning, fasförskjutning, alla polarisationer är möjliga

b) Enkelbrytning, ingen fasförskjutning, opolariserat ljus

c) Samma som a)

d) Dubbelbrytning, ingen av strålarna har någon fasförskjutning, varje stråle är linjärpolariserad

e) Samma som a) och c)

15.12 b) 0%

c) 33%

15.13 17,4 μm

15.14 a) 53,12°

b) 11,5°

15.15 a) 0,200 mm

b) 50°