

Svar

Våglära och optik FAFF30+40

Vecka 1

- 1.1 Kortare våglängd betyder att varje foton har högre energi och kan därför göra större skada
- 1.2 a) $1,53 \cdot 10^{-34} \text{ m}$
b) $3,9 \text{ Å}$
- 1.3 a) $3,6 \cdot 10^{-17} \text{ W}$
b) $3,27$ och $1,61 \text{ eV}$
c) -
d) $3,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ till $7,9 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$
- 1.4 a) 2 ms
b) 68 cm
- 1.5 $n = 1,50$

Vecka 2

- 2.1 Sprida
- 2.2 Börja med att välja linsens diameter och se sedan till att alla strålar har samma optiska väglängd som den yttersta strålen.
- 2.3 Minst halva din längd och den ska placeras så att överkanten är mitt mellan ögonhöjd och din längd.
- 2.4 $\frac{1}{a} + \frac{1}{L-a} = \frac{1}{f}$ vilket ger $a = \frac{L}{2} \pm \sqrt{\frac{L^2}{4} - fL}$
- 2.5 a) $a > 2f$
b) $0 < a < f$
c) $a = 2f$
- 2.6 Strålen kommer från bottenytan med vinkeln 45° .
- 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 $t = \sum_i \frac{n_i x_i}{c}$
- 2.10 $1,55$
- 2.11 15 cm bakom närmsta ytan; Förstoringen är $3x$
- 2.1 Skillnaden i brytningsindex minskar, vilket leder till att brännvidden ökar vilket i sin tur gör att vinkelförstoringen minskar.
- 2.2 Dispersionen måste vara hög, dvs ändringen av brytningsindex som funktion av våglängd
- 2.3 Positiv
- 2.4 a) $G=0,24$
b) $3,6 \text{ meter}$ från dörren, på samma sida som försäljaren
- 2.5 Bild 1 är tagen med den kortaste fokallängden

- 2.6 a) $M = -80$
 b) 30 grader
 c) 8,95 mm
 d) 15,9 grader
 e) 8,5 mm
 f) 3,5 ggr
- 2.7 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.
- 2.8 $0,89^\circ$ ($0,75^\circ$ om man använder den förenklade formeln)
- 2.9 $1,3 \cdot 10^5 \text{ W/m}^2$

Vecka 3

- 3.1a Vid vändlägena
 3.1b $0,24 \text{ m/s}$, vid jämviktsläget
 3.1c Vid vändlägena
 3.1d $T/2 = 0,21 \text{ sekunder}$
 3.1e $F_{\max} = m A \omega^2 = 2N$
 3.2 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.
- 3.3 $0,37 \text{ J}$
 3.4 $99 \mu\text{m}$
 3.5 Spänn fast astronauten i en fjäder och mät hur periodtiden förändras
- 3.6 a $f = \frac{L}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_{\text{vatten}} g}{m_{\text{gummi}}}}$
 3.6 b $T = \frac{1}{f} = 0,65 \text{ sekunder}$
 3.7 a $f = \frac{d}{2} \sqrt{\frac{\rho g}{4\pi m}}$
 3.7 b $f = 4,42 \text{ Hz}$ och $T = \frac{1}{f} = 0,23 \text{ sekunder}$
 3.8 $\tan \theta = \frac{x}{L}$ 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:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{mg}{Lm}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$
- 3.9 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) $0,5 \text{ m/s}$
 f) i positiv x-led f) i neg x-led
- 3.10 a) $0,12 \text{ m}$, $0,41 \text{ ns}$ b) $4,3 \text{ kV/m}$
 3.11 a) $7,96 \text{ W/m}^2$ b) $77,4 \text{ V/m}$, $2,58 \cdot 10^{-7} \text{ Vs/m}^2$
 3.12 $32,4 \pm 0,7 \text{ V/m}$

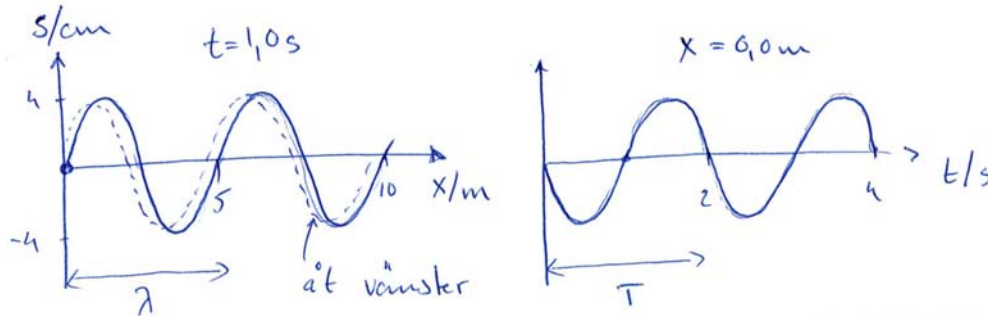
3.13 $(3 \cdot 10^{-6} \text{ m}) \cdot \sin \left[2\pi \cdot \left(\frac{t}{0,01 \text{ s}} + \frac{x}{3,4 \text{ m}} \right) + \pi \right]$

3.14 Vänster

3.15 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 $43 \mu\text{m/s}$ och utbredningshastigheten är $0,27 \text{ km/s}$

3.16



- 3.17 a) $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ b) $0,6 \mu\text{m}$
c) $0,39 \mu\text{m}$, d) $1,95 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ e) $1,538$

3.18 $y = ae^{-b(x+10t)^2}$

3.19 b) $\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{3}, 0, -\frac{\pi}{2}, 0,6\pi$

c) Subtrahera $\frac{\pi}{2}$ från varje.

3.20 Se film

3.21 Vågorna adderas inte koherent

3.22 Mikrofonen mäter ljudet som kommer in och sedan skickar högtalaren ut precis samma signal, fast fasförskjuten så att summan av de två vågorna blir noll.

3.23

3.24 2 Hz

3.25 $y = 11,6 \sin(\omega t + 0,402\pi)$

3.26 $E = 0,695 \cos(0,349 - \pi t)$

3.27 $2 \left(\frac{v}{c} \right) v_0$ där v_0 är frekvensen på ljuset

Vecka 4

Se boken

Vecka 5

- 5.1 För att få så stor spridning som möjligt ska spalten vara så smal som möjligt eftersom spridningsvinkeln ges av formeln: $b \cdot \sin \theta = m\lambda$.
- 5.2 Basarna eftersom längre våglängder får större spridningsvinkel
- 5.3 Belysningen ska ökas eftersom pupillerna då blir mindre och upplösningen försämras.
- 5.4 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.
- 5.5 a) $1,3 \text{ mm}$ b) $0,18 \text{ mm}$

5.6 Rayleighs upplösningskriterium ger: $D \sin \theta = 1,22 \lambda$

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

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

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

5.7 a) 5 b) 1 c) 4 d) 6 e) 3 f) 2

5.8 a) $f = 1,09 \text{ kHz}$ b) Endast $35,2^\circ$

5.9 $15,8 \text{ mm} \times 6,3 \text{ mm}$, ingen stor förändring, fortfarande \approx Fraunhoferdiffraktion

5.10 a) 120°

b) $I_{\max}/9$

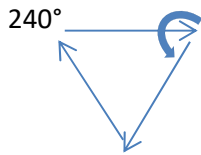
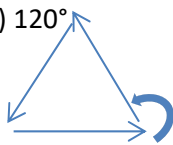
c) Eftersom spalterna är extremt smala blir diffraktionsmönstret väldigt brett. Dvs två närliggande huvudmax har i princip samma intensitet.

5.11 a) 1 bimax \Rightarrow 3 spalter

b) Diffraktion i varje spalt

c) $I = I_0 N^2$

d) 120°



e) 180°



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

$$5.12 \quad \frac{E_0}{2} = R \sin \frac{\delta}{2} \Rightarrow E_0 = 2R \sin \frac{\delta}{2} \Rightarrow 2R = \frac{E_0}{\sin \frac{\delta}{2}}$$

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

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

5.13 a) $1,1 \text{ mm}$ b) $1,1 \text{ mm}$

5.14 500 nm

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

5.16 $11,7 \text{ m}$

5.17 1-d, 2-a, 3-e, 4-f, 5-b, 6-c

5.18 Luft absorberar all strålning under 2000 Å

5.19 $36,9^\circ - 44,4^\circ$ (andra och tredje ordningen), $53,1^\circ - 90^\circ$ (tredje och fjärde ordningen) och naturligtvis 0° (nollte ordningen ger vitt ljus)

5.20 a) $38,1^\circ$

b) $65 \mu\text{rad}$

c) $98 \mu\text{rad}$

d) $0,045$

5.21 $9,3^\circ$

5.22 A & C

5.23 a) A & C, b) B & C, c) A & B

5.24 0,91 μm , ljusets begränsade koherenslängd gör att sådana fenomen endast observeras i tunna filmer

5.25 a) 3 st

b) 33,5 % svagare

c) En extra reflektion fram och tillbaka mellan två av rutorna (rita!)

5.26 8,8 m

5.27 a) 1,24, 0,110 μm b) 0,011 c) 0,24

5.28 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

5.29 584 nm

5.30 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

5.31 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 $2n_2d = \frac{\lambda_T}{2} + m\lambda_T \Rightarrow \lambda_T = \frac{2n_2d}{m + \frac{1}{2}}$

$m = 3 \Rightarrow \lambda_T = 662 \text{ nm}$, $m = 4 \Rightarrow \lambda_T = 515 \text{ nm}$, $m = 5 \Rightarrow \lambda_T = 422 \text{ nm}$

5.32 a) 0.86 b) 0

5.33 a) 0,8 b) 3,73/1

5.34 686 nm

5.35 538 nm

5.36 498 nm

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

5.38 a) 30 GHz, 36 pm

b) 43, 0,83 pm

c) ökar

d) 0,30 μm

5.39 524 nm

5.40 17,5 μm

5.41 a) $n = 1 + \frac{N\lambda}{2L}$

b) 183

Vecka 6

6.1 $R = 1,17 \text{ m}$, $I_{2000} \approx 0$, $I_{1667} \approx I_0$

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

- 6.2 a) $4 \cdot I_0$
 b) $100 \cdot I_0$ eller $64 \cdot I_0$
 c) $324 \cdot I_0$
 d) $81 \cdot \pi^2 \cdot I_0$
- 6.3 $1,37 \cdot I_0$, $1,21 \cdot I_0$ och $1,11 \text{ mm}$
- 6.4 31 cm
- 6.5 a) 1 mm
 b) $I = 4I_0$
 c) $I = \pi^2 I_0$
- 6.6 Se separat lösning sist i häftet
- 6.7 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
 $\Rightarrow A = A_1 + A_3 + A_5$
 $\Rightarrow I = (3 \cdot 2 E_0)^2 = 36 I_0$
- 6.8 $3,16 \text{ m}$, $1,58 \text{ m}$, $1,05 \text{ m}$
- 6.9 Maxima: $158, 53, 32, 23 \text{ cm}$; minima: $79, 40, 26, 20 \text{ cm}$
- 6.10 a) $2,43$ och $4,20 \text{ mm}$
 b) $3,43$ och $4,86 \text{ mm}$
- 6.11 a) $0,533 \text{ mm}$
 b) 506
 c) 45 cm ; 15 cm ; 9 cm
- 6.12 $1,35$; $1,91$; $2,34 \text{ mm}$
- 6.13 -
- 6.14 a-III, b-VII, c-XI, d-VIII, e-II, f-V
- 6.15 När du flyttar punkten P närmare zonplattan kommer fler Fresnel zoner att rymmas inom varje tidigare zon. Om två Fresnelzoner får plats inom en transparent del på zonplattan kommer de att ta ut varandra eftersom de är ur fas. Först när tre zoner ryms kommer du att få ett nytt max och det hamnar i $f/3$. Intensiteten i detta max kommer att vara lägre eftersom endast en av tre zoner bidrar (de andra två släcker ju ut varandra) vilket gör att den totala intensiteten blir $1/9$ av vad den blir i den starkaste fokuspunkten.

Vecka 7

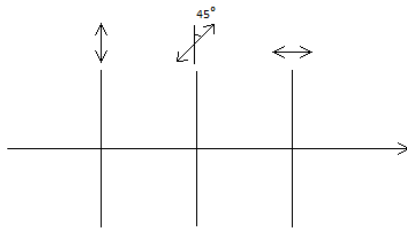
- 7.1 Använd $\lambda/4$ och polarisator. $I_{\text{cirk}} / I_{\text{tot}} = (I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) / (I_{\text{max}} + I_{\text{min}})$
- 7.2 Ljus som reflekteras i Brewstervinkeln (t ex i en vattenyta) kommer att vara planpolariserat och kan därför släckas ut helt av ett par polaroidglasögon.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

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

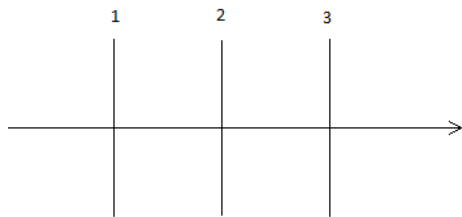
e) I_0

7.6

a)



b)

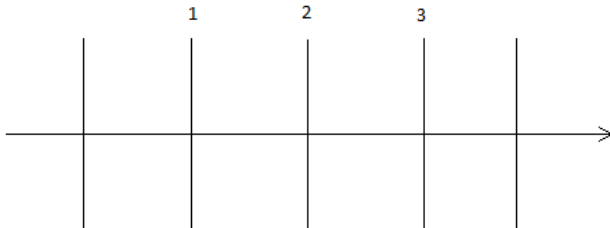


1. $I_1 = \frac{I_0}{2}$ Opolariserat \Leftrightarrow Linjärpolariserat

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)

7.7 27,51° och 31,02°

7.8 a) För stereoskopiskt seende krävs det att höger och vänster öga ser lite olika bilder. För att åstadkomma detta krävs två projektörer med filter så att den ena projicerar högercirkulärpolariserat ljus och den andra vänstercirkulärpolariserat ljus. Glasen i 3D glasögon har sedan en kvartsvågsplatta som omvandlar cirkulärpolariserat ljus till linjärpolariserat ljus och sedan en polarisator som släpper igenom ljus med rätt polarisation. Kvartsvågsplattorna 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)

- 7.9 28,1%
 7.10 b) 0%
 c) 33%
 7.11 17,4 μm

Vecka 8

- 8.1 $3,79 \cdot 10^{17}$
 8.2 a) $73,8^\circ$ b) N.A.=0,421 c) $25,1^\circ$
 8.3 a) virtuell bild
 b) $a = 40 \text{ mm}$, $f = 45 \text{ mm}$
 $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \Rightarrow b = -360 \text{ mm}$
 $y_a = 55 \text{ mm}$
 $\frac{y_b}{y_a} = M = -\frac{b}{a} \Rightarrow y_b = 495 \text{ mm}$
 8.4 $d = \sqrt{13^2 + 9^2} = 15,8 \text{ mm}$
 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.
 8.5 -0.11 m/s
 8.6 Rita
 8.7 a) Ja b) Nej
 c) Ja d) Ja
 8.8 $y = ae^{-b(x+10t)^2}$
 8.9 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
 8.10 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) $2E^2 = +3,0 \text{ dB}$
 8.11 a) $\lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4$ b) $0, \lambda/2, \lambda$ c) $\lambda/4, 3\lambda/4, 5\lambda/4$
 8.12 a) vågorna rör sig mot varandra med en hastighet av $4/3 \text{ m/s}$ b) $t = \frac{3}{4} \text{ s}$ c) $x = 1 \text{ m}$
 8.13 $v_g = A = \text{konstant}$
 8.14 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.

- 8.15 a) 2,78 %
b) 89,3 nm
c) 1 %

8.16 159 mörka band

$$8.17 \quad a = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin(\theta/2)}$$

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

8.19 $f = 18,5 \text{ mm}$, $b_t = 2,8 \text{ mm}$

Upplösning med en cirkulär öppning ges av

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

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

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

8.20 0,090

8.21 3 till 10,4 m

8.22 987; 494

8.23 a) $m=2$ b) Så litet att hela gittret är belyst av ljusstrålen

8.24 -

- 8.25 a) 0,0455 Å
b) 8,315 respektive 7,303 Å/mm
c) 0,365 Å
d) 6,23 μm

- 8.26 a) $0,00124 I_u$
b) $1,065 I_u$

8.27 700 m på natten och 130 m på dagen

- 8.28 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)

- 8.29 a) 0,200 mm
b) 50°

- 8.30 a) 53,12°
b) 11,5°

- 8.31 a) 90°
b) 32,38 μm
c) 45°
d) 50%