

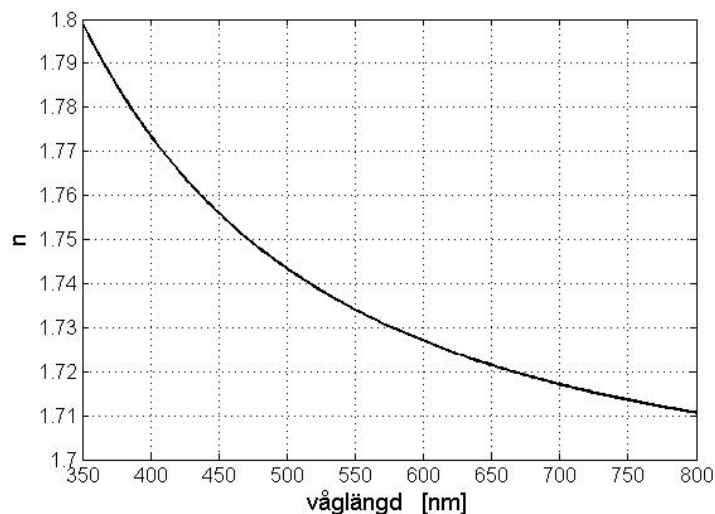
Fysikalisk optik

Övningshäfte

Dispersion och prismaeffekt

- 1) Det vanligaste sättet att beteckna blått, gult och rött är $F=\text{blått}=486,1 \text{ nm}$, $d=\text{gult}=587,7 \text{ nm}$ och $C=\text{rött}=656,3 \text{ nm}$. Kronglas BK7 har brytningsindex $n_F=1,523$, $n_d=1,517$ och $n_C=1,514$. Krökningsradierna för en tunn lins gjord av detta glas är $+50 \text{ mm}$ och $+80 \text{ mm}$. Hitta styrkan och därmed fokallängden för varje färg.
- 2) Parallellt, vitt ljus träffar ett prisma med toppvinkeln $4,0^\circ$ tillverkat av ett glasmaterial med $n_d=1,51680$ och $V_d=64,17$ (BK7 i tabell 14.2 i *Optics*). Vilken vinkel får man mellan blått och rött ljus efter brytning i prismet?
- 3) Beskriv vad som orsakar den blå färgen i följande tre fall: a) den blå himlen, b) blått glas och c) en bit blått papper.

- 4) En tunn planokonvex lins, med krökningsradie $50,0 \text{ mm}$ på den första ytan, är gjord av glaset SF10. Glaset har brytningsindex enligt figuren till höger. Bestäm glasets Abbe-tal, samt linsens fokallängd för rött, grönt, och blått ljus.



- 5) Ett prisma med toppvinkel $7,00^\circ$ ger deviationsvinkeln $3,657^\circ$ för våglängd $486,14 \text{ nm}$, $3,620^\circ$ för $587,56 \text{ nm}$, och $3,600^\circ$ för $656,27 \text{ nm}$. Vilket glas är prismet gjort av? Alternativ finns i tabellen nedan.

Material	PK50	BK3	BK6	BK7	BK10	F1	SF6	K3
n_d	1.52	1.50	1.53	1.52	1.50	1.62	1.81	1.52
V	70	65	62	64	67	36	25	59

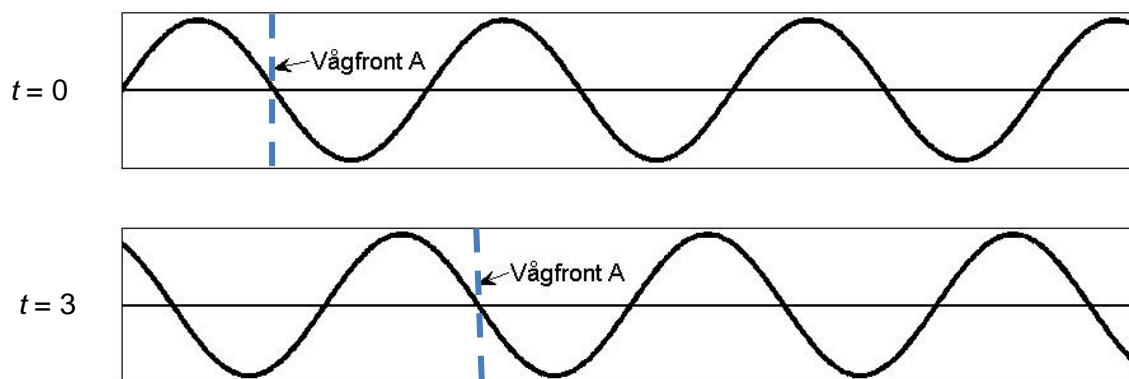
Fotometri

- 6) Ett kök med måtten $3,4 \text{ m} \times 6,0 \text{ m}$ skall ljussättas med infällda ljuspunkter i taket, s.k. spotlights. Belysningen på golvet i köket skall bli 300 lux i medeltal över hela golvytan. Hur många 20 W spotlights behövs det om varje ger 290 lm ? Allt ljus kan antas nå golvet.
- 7) I en biograf används en projektor för projicera filmen på en filmduk med måttet $18 \text{ m} \times 7,7 \text{ m}$ (största duken på filmstaden). Vilket ljusflöde måste projektorn ge för att luminansen på duken skall bli 100 cd/m^2 över hela ytan? Duken reflekterar 90% och sprider ljuset diffust.
- 8) Rakt under en 5 m hög gatlykta får man belysningen 30 lux . Hur stor blir belysningen på marken 10 m bort? Gatlyktan sprider ljuset isotropt.
- 9) En ficklampa med en lysdiod ger 200 lm som sprids i en kon med toppvinkeln 12° . Vilken belysning får man om man riktar lampan mot en vägg 5 m bort?
- 10) Ett vitt A4-papper ($297 \text{ mm} \times 210 \text{ mm}$) träffas av ljusflödet 40 lm , jämnt fördelat över ytan. Vilken luminans får pappret om vi antar att det diffust (lambertspridare) reflekterar 80% av infallande ljus?
- 11) En projektor är märkt 800 lumen och belyser en matt väggyta på $1.2 \text{ m} \times 1.8 \text{ m}$. Vilken luminans får den väggytan om den är ljust grå (absorberar 15%)?
- 12) En strålkastare ger en ljuskon med 8° toppvinkel. Dess ljusstyrka är då 12000 cd . Man koncentrerar därefter ljuset så att toppvinkeln blir 3° . Vilken blir då ljusstyrkan?
- 13) Två arbetsplatsbelysningar ska jämföras. Ljuskällan ska i bägge fall placeras 1 m över ett bord. I ena fallet är det en lampa som ger 20 cd i riktning ner mot bordet, i det andra fallet är det en glödlampa med reflektor där glödlampan ger 110 lumen , vilket med hjälp av en reflektor sprid i en halvsfär (jämnt fördelat). Vilken ger starkast belysning på bordet? (Enbart rätt svar ger inga poäng alls, det är motiveringen som gör't)
- 14) En bordsyta belyses av en taklampa 1 m över bordet. Med ett instrument mäter man bordsytans luminans till 60 cd/m^2 . Därefter höjs lampan till att ligga 1.5 m över bordet. Vad bör luminansen nu bli?
- 15) Nya trafikljus består av en massa små lysdioder tätt packade bredvid varandra inom en cirkel, istället för en traditionell glödtrådslampa med glaslins. Sammanlagt finns 170 dioder inom en radie av $7,5 \text{ cm}$. Varje lysdiod ger 0.1 lm i en kon med toppvinkeln 14° . Beräkna trafikljusets luminans och ljusstyrka sett rakt framifrån.

- 16) Om man från jorden vill lysa upp en del av månens yta så att en månfarare skulle kunna se den, är det då viktigt att man har en ljuskälla med stort ljusflöde, ljusemissionsförmåga, ljusstyrka eller luminans?
- 17) Polisen i Göteborg skall köpa in nya ficklampor och vill jämföra prestanda på två modeller från olika tillverkare. På den första modellen står det 600 lm och på den andra 10000 cd. Eftersom polismannen som har hand om ficklampsutredningen inser att man inte kan jämföra äpplen med päron ringer han till sin favoritoptiker, dvs till dig! Beskriv hur han skall göra för att mäta/räkna om siffran 600 lm till något som kan jämföras med 10000 cd.
- 18) I en affär som säljer matta glödlampor av olika storlekar, sitter de tända glödlamporna uppställda på rad så man kan se hur ljusa de är. Kommer den glödlampa som ser ljusast ut, alltid att ge högst belysning? Motivera ditt svar.
- 19) Belysningen från fullmånen en klar kväll är omkring 0,3 lux vid jordytan. Vilken belysning får man *mot* ögat (inte *inuti* ögat) om man sätter en kikare märkt 7x50 framför ögat och riktar kikaren mot månen?
- 20) Två platta TV-apparater med följande specifikationer sitter bredvid varandra i en butik:
- 1) LCD TV, 32" widescreen (71 cm × 40 cm), upplösning 1366x768 pixlar, ljusflöde 370 lm, ljusemissionsförmåga 1320 lm/m², ljusstyrka 120 cd, luminans 420 cd/m².
 - 2) LCD TV, 15" 4:3-format (30 cm × 23 cm), upplösning 1024x768, ljusflöde 90 lm, ljusemissionsförmåga 1320 lm/m², ljusstyrka 35 cd, luminans 500 cd/m².
- Vilken TV ser ut att ha ljusast bild och hur mycket ljusare är den?
- 21) Bildskärmen på en mobiltelefon är 4 cm x 6 cm och har luminansen 300 cd/m². Skärmen riktas rakt mot en bordsyta på 50 cm avstånd. Hur varierar belysningen på bordet i följande 6 punkter: Rakt under skärmen, 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm samt 50 cm från centrum av belysningen? (Skärmen kan antas sprida ljuset diffust.)

Vågbegrepp

- 22) En monokromatisk ljusvåg med våglängd 532 nm registreras på en detektor. Hur många vågtoppar når fram till detektorn på en halv sekund? Ljusets hastighet är 300 000 000 m/s (alltså $3.0 \cdot 10^8$ m/s).
- 23) Nedan visas en fortskridande harmonisk våg (t.ex. våg på sträng eller vattenvåg), först vid tiden $t=0$ s och sedan vid tiden $t=3$ s. Vågen visas i naturlig storlek. a) Ange vågens våglängd och amplitud. b) Beräkna vågens period (periodtid) och hastighet.

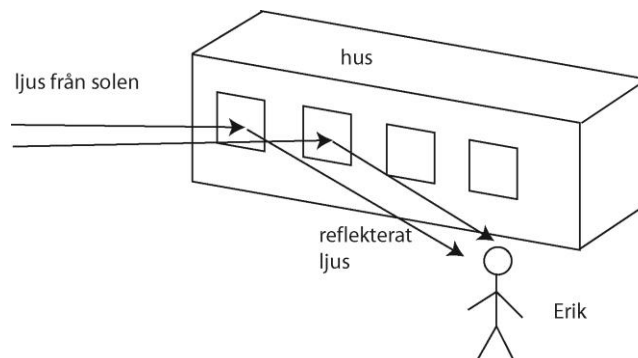


- 24) Du står i vattnet vid en långgrund havsstrand en blåsig dag. Det går vågor på vattnet. När vågdalarna går förbi dig når vattnet strax över knäna, och när vågtopparna går förbi når vattnet till halsen. Det går ca 7 sekunder mellan varje vågtopp. Mellan dig själv, och en sten som du vet ligger 100 m bort, kan du räkna till 5 vågtoppar. Räkna ut eller uppskatta ungefärliga värden på vågornas amplitud, våglängd, period och hastighet.

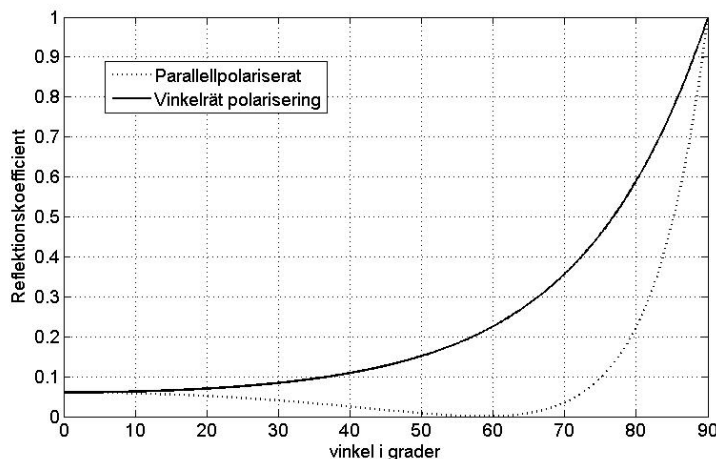
Polarisation

- 25) En opolariserad laserstråle faller in från luft mot en glasplatta. Om infallsvinkeln väljs till 62° visar det sig att det reflekterade ljuset är polariserat. Vilket brytningsindex har glaset och hur är ljuset polariserat? (Rita figur för att tydligt förklara polarisationsriktningen).
- 26) Man kan göra ett solglasöga med varierbar transmittans genom att använda två polarisationsfilter efter varandra. Vilken vinkel skall det vara mellan genomsläppsriktningarna för att den totala transmittansen för opolariserat solljus skall bli 25 %?
- 27) Lisa ligger och vilar sig på en klippa vid vattnet en solig eftermiddag. Hon ligger på sidan. Hon finner dock reflexerna av solljus i vattnet störande, och till hennes besvikelse tas de inte bort av de polariserande solglasögonen hon har på sig. Förklara varför glasögonen inte hjälper!
- 28) I ett stånd på en marknad säljs mängder av identiska billiga solglasögon, som sägs vara polariserande. Du är dock misstänksam. Hur kan du avgöra om glasögonen verkligen är polariserande? Du har ingen utrustning med dig, inte heller några egna solglasögon. Förklara även varför din metod fungerar
- 29) En opolariserad laserstråle får gå igenom tre polarisationsfilter som placeras efter varandra. Det första har vertikal genomsläppsriktning, det andra är vridet 45° i förhållande till det första, och det sista har horisontell genomsläppsriktning. Hur stor andel av infallande ljuset går igenom?

- 30) Erik har köpt nya, polariserande solglasögon, och han vet att de ska ta bort reflexer. Men när han i solnedgången ställer sig enligt figuren, får han ändå reflexerna från byggnadens fönster rakt i ögonen. Varför hjälper inte solglasögonen?



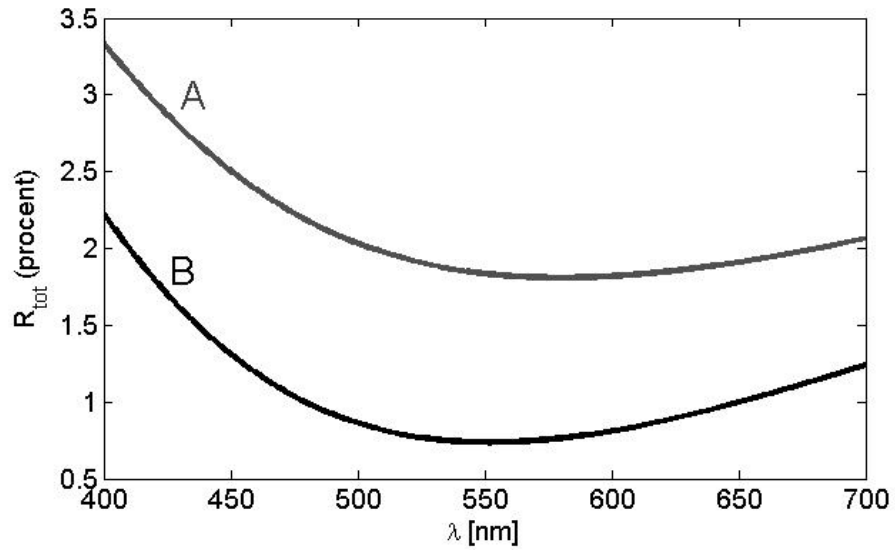
- 31) När ljus faller in från luft mot ett genomskinligt material, med olika infallsvinkel, blir reflektansen den som visas i grafen nedan. Ungefär vilket brytningsindex har materialet?



Antireflexbehandling

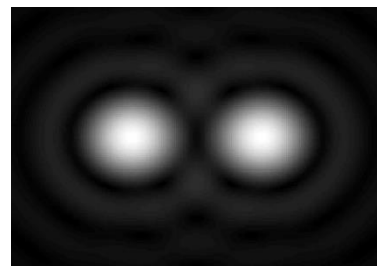
- 32) En glasyta (brytningsindex 1,7) beläggs med ett tunt antireflexskikt av MgF_2 (brytningsindex 1,38). Hur stor blir ytans reflektans vid vinkelrätt infall för den våglängd skiktet är anpassat för?
- 33) Antag att man vill antireflexbehandla frontglaset (ytan vänd mot vattnet) i objektivet till en undervattenskamera. Själva glaset har index $n=1,71$ och man kan välja på material med index 1,35, 1,51, 1,70 och 1,91 för antireflexskiktet. Vilket ska man välja och varför?
- 34) En glasyta beläggs med ett tunt antireflexskikt anpassat för infraröd strålning med $\lambda=1064$ nm. För vilken våglängd i det *synliga* området ger skiktet istället *maximal* reflektans? Skiktet är tunnare – tätare – ännu tätare och minimum för den infraröda strålningen är av lägsta ordningen.
- 35) Två linser med olika brytningsindex ska limmas mot varandra (yta mot yta så att de ligger tätt intill) Den ena glassorten har brytningsindex 1,46 och den andra 2,21. Vilket av följande brytningsindex passar bäst att välja som skiktmaterial i en AR-behandling mellan linserna: 1,38 1,80 2,09 2,44 ? Motivera! Limmets inverkan behöver du inte ta hänsyn till.
- 36) För att dämpa ljusnivån inomhus belägger man ofta fönstren med tunna skikt så att de ska reflektera större delen av det inkommande ljuset. **Uppskatta** reflektansen hos en glasyta med $n=1,50$ belagd med material med $n=2,24$ om tjockleken väljs så att reflektansen blir maximal. Du behöver alltså inte beakta vad som händer på glasets andra yta.
- 37) En glasyta (brytningsindex 1,7) beläggs med ett tunt antireflexskikt av MgF_2 (brytningsindex 1,38) med tjockleken 96 nm. För vilken våglängd i det *synliga* området ger skiktet minimal reflektans vid vinkelrätt infall?
- 38) Ett tunt membran av polymermaterial med brytningsindex 1,5 belyses vinkelrätt med laserljus med våglängden 632,8 nm. På grund av att tjockleken på membranet varierar från 4 μm i ena kanten till 4,5 μm i andra kanten så ser man omväxlande ljusa och mörka ränder i det reflekterade ljuset. Förklara varför och bestäm antalet ljusa ränder man ser.
- 39) Ett par solglasögon ($n=1,50$) med hög imponansfaktor ska göras med en beläggning som maximalt reflekterar blått ljus. De beläggs med Hafnium-tantaloxid som har brytningsindex 2,8. Uppskatta hur stor reflektansen blir för blått ljus (450nm) .
- 40) En glasyta ($n=1,9$) är belagd med ett tunt lager av MgF ($n=1,38$) med tjockleken 425 nm. Vilken färg ser ytan ut att ha i vitt ljus med vinkelrätt infall?

- 41) . Nedan visas reflektansen hos två olika tunna skikt, A och B, för de synliga våglängderna vid vinkelrätt infall. Båda skikten är lika tjocka, men det ena består av MgF_2 och det andra av SiO_2 . Båda ligger på glas med brytningsindex 1.60. a) Vilket av skikten är gjort av MgF_2 ? Motivera ditt svar! b) Hur tjocka är skikten? (Du kan anta att det minimum som syns i grafen är av den lägsta ordningen.)



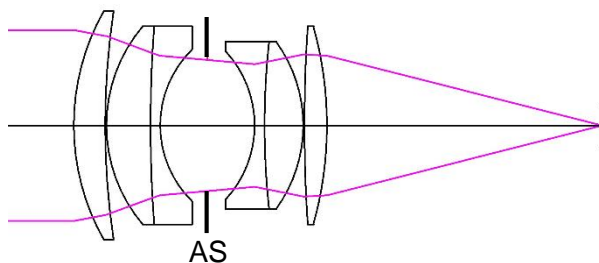
Diffraktion och upplösning

- 42) En optikerstudent håller ett litet hål med diametern 1,0 mm tätt intill ögat och tittar på två laserpunkter på en vägg 7 m bort. Hon upplever då att det ser ut som i bilden härintill. Vilket avstånd är det mellan laserpunkterna på väggen?



- 43) På vilket avstånd från en mötande bil kan man i mörker urskilja att den har två strålkastare (dvs. se skillnad på bil och motorcykel) om man håller ett litet hål med diametern 0,5 mm tätt intill ögat? Strålkastarna på den mötande bilen sitter 1,2 m från varandra.
- 44) Hur nära kan två bergstoppar på månens yta vara om vi skall kunna särskilja dem med ett teleskop med ett objektiv som har diametern 70 mm och fokallängden 210 mm. Avståndet till månen är ca 380 000 km. Du kan bortse från ögat i detta fall.
- 45) En person som tittar på en bildskärm har en pupill med 1,5 mm diameter och perfekt syn. Hur långt ifrån skärmen måste hon sitta för att hon inte ska se pixlarna var för sig (det vill man ju inte). Skärmen har 1280 x 1024 pixlar och är 320 mm x 256 mm stor. Räkna med grönt ljus, 550 nm. Betrakta pixlarna som punktkällor.
- 46) Tapparnas täthet på näthinnan sätter en absolut gräns för hur små detaljer man kan se. Det så kallade receptorkriteriet innebär att två punkter precis kan särskiljas om avståndet mellan bildpunkterna på näthinnan motsvarar två tappavstånd, dvs. ca 4 μm . Ögats optik begränsar dock också synskärpan. Vilken storlek måste pupillen minst ha för att vi skulle kunna se så bra som receptorkriteriet antyder? (Du kan bortse från ögats aberrationer.)

- 47) Figuren härintill visar hur randstrålarna bryts i ett diffraktionsbegränsat kameraobjektiv. Hur stor blir bilden av en avlägsen punktkälla? Figuren är skalenligt ritad (skala 1:1) och man får mäta i figuren.



- 48) Falkar är berömda för att se bra. Hur små saker kan de rimligtvis se om de flyger på 400 m höjd? Enbart storleksordning (mm?, μm ?, cm?) efterfrågas och du får göra de (rimliga) antaganden du vill
- 49) En TV-bild är uppbyggd av 625 linjer i höjdlid. På en 29" TV är bildrutan ca 42 cm hög. Hur långt från en sådan TV måste man sitta för att vara säker på att slippa se linjerna? Antag rimliga värden och använd enkel ögonmodell.

- 50) Ögats upplösningsförmåga är begränsad. För att kunna urskilja små detaljer behöver vi olika synhjälpmedel. Beräkna den minsta styrka (i dioptrier) som en lupp måste ha för att vi skall kunna särskilja detaljer med avståndet 0.01mm på ett objekt. Använd enklast möjliga ögonmodell med en pupilldiameter på 2mm . Både luppen och ögat kan antas vara fria från aberrationer.
- 51) Ett diffraktionsbegränsat kameraobjektiv används för att avbilda en avlägsen stjärna (punktobjekt). Om bländartalet ändras från $f/11$ till $f/5.5$, med vilken faktor ändras då: (a) bildstorleken, (b) ljusflödet som träffar filmen, (c) belysningen på filmen (i bildpunkten)?