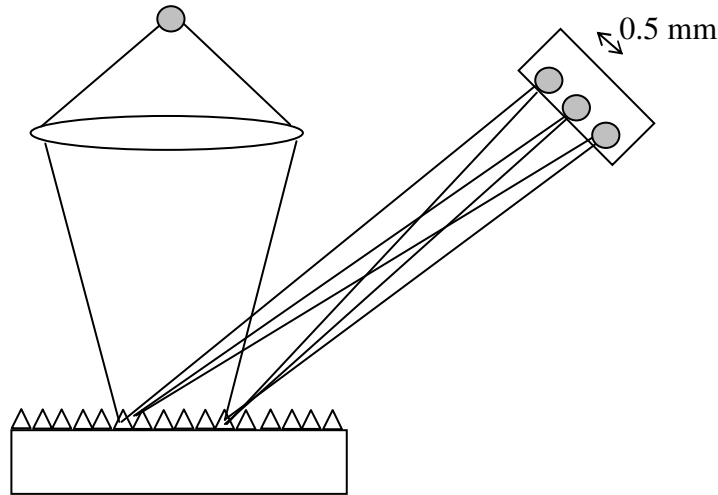


Frågor av tentakaraktär för Vågor och Partiklar SK1131

1. En halvledarlaser har 3 longitudinella moder (våglängder) separerade med 1 nm kring 1550 nm. Laserstrålen belyser ett diffraktionsgitter (reflexion, 400 l/mm) under ”vinkelrät infall” och faller sen in mot en detektormatris med avståndet 0.5 mm mellan detektorerna.
 - a. Under vilka vinklar kommer de tre våglängderna att spridas, och på vilket avstånd skall detektormatrisen placeras för att varje mod skall hamna på en detektor. (2P)
(Strålen kommer att vara fokuserad när den träffar detektorerna)
 - b. Om man sätter en skärm precis framför detektormatrisen, vilket är det längsta avstånd där man kan se att det är tre fläckar? Anta att ögats pupill har en diameter på 5 mm. (2P)



2. I ett fiberoptiskt överföringssystem kollimeras strålen från en laser till en 2 mm bred planparallell stråle som sen fokuseras in i den optiska fibern med en andra lens. Diffractionen begränsar hur mycket ljus du kan få in i fibern. Du vill att allt ljuset som ligger innanför första diffraktionsminimat skall komma in i fibern, dvs. innanför kärndiametern.
 - a. Vilken fokallängd skall linsen ha? (3P)
(du kan anta $\lambda = 1300\text{nm}$, en kärndiameter på $7\ \mu\text{m}$ och att fibern är i glas)
3. En oljefilm ($n=1.45$) flyter på vatten ($n=1.33$). Den belyses med vitt ljus ovanifrån och när den betraktas i reflexion under vinkelrätt infall uppfattas filmen som om den har en mörkröd (700 nm) och en blågrön (500 nm) färg. Bestäm dess tjocklek. (4P)
4. Du tittar på en myra i ett mikroskop. Mikroskopet består av ett objektiv och ett okular. Objektivets fokallängd är 5 mm och okularets är 10 cm. Avståndet mellan objektiv och okular är 25 cm.
 - a. Hur långt från objektivet ska myran placeras för att du ska kunna titta på myran utan att ackommodera (d.v.s så att slutbilden hamnar i oändligheten)? (2P)
 - b. Vad blir förstoringen av myran när den betraktas med mikroskopet? (2p)
5. En såpbubbla ($n=1.33$) i luft belyses med ljus med våglängden 480 nm. Vilket är den tunnaste filmtjockleken den kan ha för att uppfattas som transparent? (4P)

6. En civilingenjör från Teknisk fysik är ute och flyger i en rymdfärja. Den är 40 m lång och flyger på 600 kms avstånd. Du vill bygga ett tvålinsteleskop för att se och fotografera den. När du tittar genom teleskopet vill du förstås ha kollimerat ljus ut men vid fotografering justerar du okularet så att du får en 1 mm stor bild av färjan på en CCD-array (en digitalkamera med objektivet borttaget). Det totala avståndet från objektivet till CCD-kameran är då 150 cm. Teleskopets objektiv har en fokallängd på 1 m. Vilken är fokallängden på okularet (4P) Rita en bild!

7. För en standard HDTV har man 1920 x 1020 pixlar och bilduppdatering 50 ggr/sek. För att få färgen rätt används 8 bitars upplösning för var och en av de 3 färgerna, RGB.

a. Du förköper dig på en 103 tums HDTV (mättet på diagonalen). På vilket avstånd måste du sitta för att inte se pixlarna i bilden? (3P) Gör lämpliga antaganden!

Är det dags att skaffa ny lägenhet?

8.a. Ge exempel på halvledare som används för fotodetektorer? (1P)

b. Hur påverkar man var strömmen skall gå fram i halvledaren och var rekombinationen skall ske?

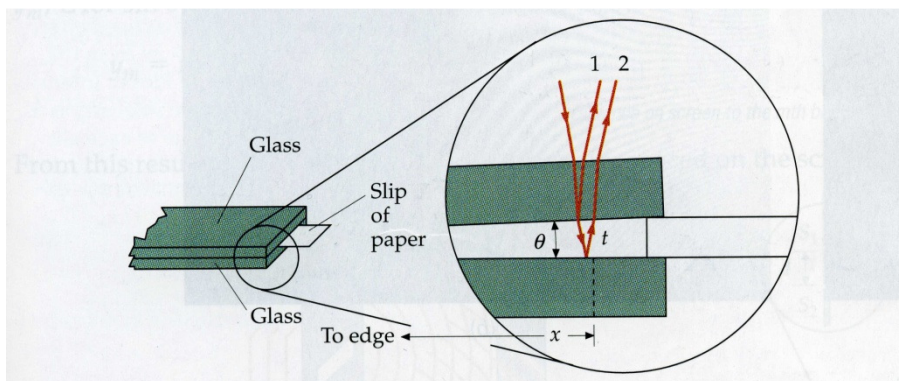
c. Varför kräver en laser inverterad population och varför är det så svårt att uppnå? (2P)

d. En laser skickar vanligtvis ut ett smalt spektrum, varför? (1P)

9. Ögats avbildande funktion bygger både på brytningen vid hornhinnan (starkast) och linsens fokuserande förmåga (svagare). För att justera skärpan ändrar vi bara linsens fokus. Hur mycket måste fokalavståndet hos linsen ändras om vi vill se ett föremål skarp när det flyttas från oändligheten till närgränsen (25 cm)? (4P)

Du kan anta att avståndet mellan linsen och näthinnan är 2,5 cm.

10. Man kan mäta tjockleken på ett tunt papper genom att lägga det mellan två glasplattor, belysa dem med ljus från en HeNe laser (633 nm) och sen observera interferensfransar, se figuren. Hur tjockt är pappret om glasplattornas längd x är 25 cm och man ser 10 fransar per cm? (4P)



Interferens mellan stråle 1 och 2.

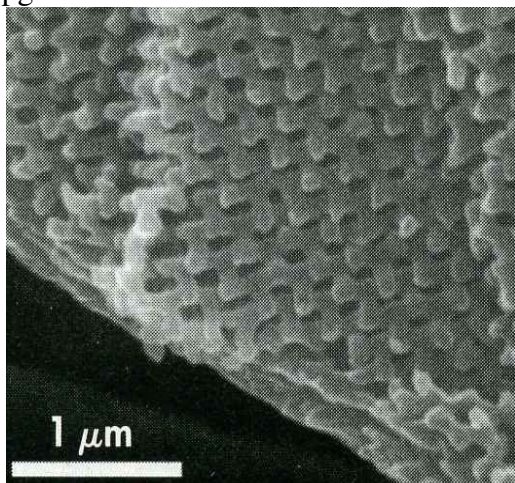
v.g. vänd! Fortsättning följer...

11. a. Vilka är dopämnenas funktion i halvledarna när man gör elektronik och optoelektronik? (1P)

b. Förklara hur en laserdiod fungerar och rita hur den skall i en enkel elektrisk krets med strömförsörjning och strömbegränsning, rita också ström uteffekt karaktäristiken och markera vid vilken ström den börjar lasra? (3P)

12. Fjärilsvingar har små fjäll som reflekterar ljuset. Varje fjäll är förskjutet i höjddled i förhållande till det intilliggande fjället med en sträcka d . Vingens färg uppkommer som en effekt av interferens mellan strålarna från de olika fjällen. En blåvinge har alltså maximum för det reflekterade ljuset mitt i det blå våglängdsområdet för vinkelrät infallande ljus. Beräkna minsta avståndet d i höjd mellan två fjäll för blåvingen? (4P)

Du behöver inte ta hänsyn till någon vinkeleffekt. Att strålarna överlappar beror på att fjällens är så små att man samtidigt får ljusspridning över ett större vinkelspektrum pg.a. diffraktion



13. Svårare tal?

I en s.k. modlást laser kommer ljuset ut i pulser med hög repetitionsfrekvens. Frekvensen bestäms av omloppstiden på ljuset i kaviteten. En puls kommer ut för varje ”rundtripp” ljuset gör*. Lasern består av en Nd:YAG kristall som är 10 cm lång ($n=2$) och placerad mitt emellan två laserspeglar med reflektanserna 100% och 80%. Avståndet mellan speglarna är 140 cm. Våglängden för lasern är $\lambda = 1064$ nm, pulslängden $t_p=100$ ps och uteffekten 1 Watt. Lasern fås att modlåsas med en akustisk modulator. Laservåglängdens bredd i frekvens $\Delta\nu$, och pulslängden är sammankopplade via en omskrivning av Heisenbergs osäkerhetsrelation. Båda kan inte samtidigt vara obegränsat små (korta),

$$\text{nämligen } \Delta\nu \cdot t_p \geq \frac{1}{2\pi}$$

- Beräkna pulsrepetitionsfrekvensen för lasern (1P)
- Beräkna energin per puls och topeffekten. (2P) (Du kan ansätta en fyrkantspuls)
- Hur bred är laservåglängden minst i i våglängd $\Delta\lambda$ (1P)

* tänk dig att du har en puls av ljus i laserkaviteten och att den ”studsar” fram och tillbaka mellan speglarna. Du släpper ut lite ljus (en puls) genom den halvgenomskinliga spegeln varje gång pulsen träffar den. Tiden mellan pulserna svarar mot tiden det tar för pulsen att gå fram och tillbaka ett varv i kaviteten.

14. Lasern i uppgift används för att ablera (förånga) material i ett lasermärksystem. Strålen ut ur lasern expanderas först i ett teleskop och fokuseras sen ihop till en diffraktionsbegränsad fläck med en lins med $f=8$ mm och diametern 10 mm.

a. Konstruera ett teleskop som expanderar strålen så att den fyller den fokuserande linsen. Till din hjälp har du två linser med diametern 20 mm. Den ena har fokallängden 20 mm. Vilken fokallängd skall den andra ha och hur skall linserna placeras i förhållande till varandra? Rita en fin bild med strålgången och respektive lins placering (4P)

Du kan ansätta att ljuset i strålen från lasern är parallellt, dvs. att det kommer från ett objekt i oändligheten och att diametern på laserstrålen är 2 mm.

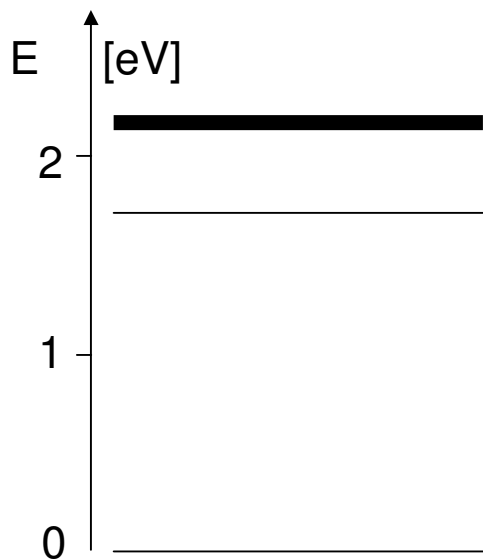
15. Hur stor fläck fås i fokus till slutlinsen i märksystemet i uppgiften ovan? (3P)

Vilken intensitet svarar det mot? (1P)

16. a. En tre-nivålasert med energidiagrammet i figuren nedan pumpas med en grön lysdiod och lasrar sen i det långvågigt röda området. Markera i figuren (I) pumpning, (II) snabb relaxation och (III) lasring. Räkna sen ut våglängden för lasern (2P)

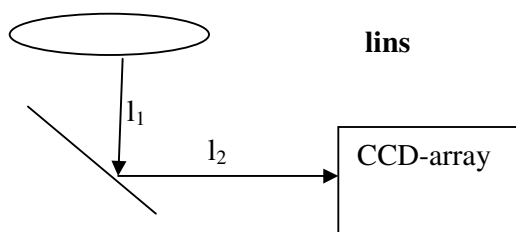
b. Med en s.k. Fabry-Perot interferometer kan man upplösa individuella longitudinella moder för den aktuella lasern. Varför uppkommer uppkommer longitudinella moder och vilket modavstånd blir det om kaviteten är 8 cm lång??? (2P)

(om du inte kunde räkna ut våglängden i a, ansätt då en våglängd i det röda området)



17. En glasskiva är belagd med en tunn film. Den belyses med en avstämbar ljuskälla och två intilliggande reflektionsmaxima uppmäts för våglängderna 1550 nm och 930 nm. Glasbiten har brytningsindex 1.5 och den tunna filmen 1.6. Hur tjock är filmen? (4P)

18. Bilden nedan illustrerar hur en mobiltelefonkamera är uppbyggd. Objektet som ska fotograferas avbildas med en linsen med fokallängd $f = 8.5$ mm, så att bilden hamnar på CCD-arrayen.



- Systemet är uppbyggt så att solnedgången blir perfekt avbildad på CCD-arrayen. Hur stort är avståndet $l_1 + l_2$? (1p)
- Antag att en variation i avståndet mellan linsen och detektorarrayen på 3 % kan accepteras utan att bildkvaliteten blir oacceptabelt dålig. Vilket blir då det närmaste avstånd objektet kan ligga på för att få till en skarp avbildning? (2p)
- Är bilden rättvänd eller inverterad? (1P)

19. Objektet som ska fotograferas med mobilkameran ovan avbildas i linsen (fokallängd f och diameter D) så att bilden hamnar på CCD-arrayen. CCD-arrayen är kvadratisk med sidan L . Till en viss gräns ökar upplösningen i bilden ju fler pixlar CCD-arrayen har. Sen gör fysikaliska begränsningar att fler pixlar inte längre gör någon nytta.

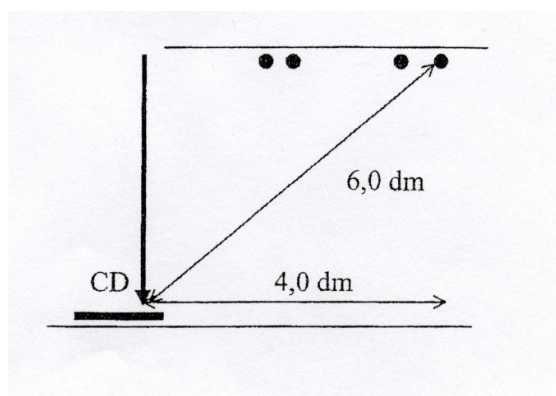
a) Vilket fysikaliskt fenomen begränsar upplösningen när avståndet mellan pixlarna blir litet? (1p)

b) Vid vilket antal pixlar, N , går gränsen där upplösningen begränsas av nämnda fysikaliska fenomen istället för avståndet mellan pixlarna? Räkna med att ljuset som från objektet har våglängden λ samt att pixlarna ligger alldeles intill varandra i CCD-arrayen. (3p)

20. a. Förklara hur elektromagnetisk strålning kan gå runt hörn. (1P)

21. En diaprojektor skall konstrueras för att ge en skarp bild på 40 meters avstånd (från diabiliden). Bilderna som är 24×36 mm skall avbildas så att de fyller en yta på 3×4.5 m. Vilken fokallängd skall projektorlinsen ha, och var skall den placeras? (4P)
(linsen kan betraktas som tunn)

22. En CD-skiva belyses vinkelrätt med ljuset från en argonjonlaser. Ljuset innehåller flera våglängder. De två starkaste är 488 nm och 515 nm. I det tillbakagående ljuset syns några fläckar motsvarande dessa våglängder på en vägg parallell med CD-skivan. Använd måtten i figuren för att beräkna avståndet mellan spåren på skivan. (4P)



23.a. Vilken fysikalisk princip bygger ljusledning i fiber på, dvs. varför lämnar ljuset inte fibern och försvinner ut i manteln och skyddsplasten? (1P)

b. Vad står akronymen LASER för? (1P)

c. Vilka delar består en laser av och vad krävs för att den skall emittera koherent ljus, dvs. lasra? (1P)

d. Beskriv konstruktionen och lasringen för en laserdiod? (1P)

e. Vilken korrelation finns det mellan bandgap och laservåglängd? (1P)

24. Du skall fotografera din egen spegelbild med en småbildskamera med normalobjektiv ($f = +50$ mm).

Kameran har ett bildformat på 24×36 mm, bilddetektorn 5 Mpixel och objektivet har en diameter på 50 mm.

a. Hur mycket måste du förskjuta linsen när du står på 2 relativt 4 meters avstånd framför spegeln? (1P)

b. Hur stor blir bilden av dig på filmen när avståndet till spegeln är 4 m? Är bilden rättvänd eller inverterad. (1P)

c. Hur många bildpunkter upplöses du med i höjdlid? (1P)

Du kan anta att pixlarna är kvadratiska och ligger kant i kant.

25.a. Vilken vinkelupplösning kan man få med kameran i tal 24? (2P)

b. Vad blir då upplösningens begränsande, detektorn eller objektivet? (motivera svaret!) (2P)

26. För att få bra ljusekonomi är objektivet i tal 24 belagt med ett antireflexskikt av MgF_2 . Brytningsindex för glaset resp. filmen är, $n_{\text{glas}} = 1.46, n_{\text{MgF}_2} = 1.38$. Våglängd 550 nm. Bestäm det tunnaste möjliga lagret av MgF_2 så att det fungerar som antireflexskikt. (4P)