

Linköpings Universitet
Institutionen för Fysik, Kemi, och Biologi
Avdelningen för Tillämpad Fysik
Mike Andersson

Tentamen

Måndagen den 21:e maj 2012, kl 14:00 – 18:00

Fysik del B2 för tekniskt / naturvetenskapligt basår / bastermin

BFL 122 / BFL 111

Tentamen består av totalt 6 uppgifter där varje korrekt löst uppgift belönas med 4 poäng. Maximal skrivningspoäng är 24.

Hjälpmedel: Miniräknare och valfri formelsamling

Tänk på att:

- Varje inlämnat lösningsblad skall vara numrerat och märkt med AID-nummer.
- Endast lösningen till **EN** uppgift får redovisas på varje blad/papper
- Inlämnade lösningar skall vara renskrivna och läsbara
- Alla lösningar skall vara välmotiverade
- En figur/ skiss underlättar alltid lösningsprocessen samt förståelsen av lösningen.

OBSERVERA: *Själva frågan som ska besvaras för varje uppgift är given i kursiv stil*

Jag kommer att finnas till hands under själva tentamenstiden för att svara på frågor angående eventuella oklarheter i problemformuleringarna. Om jag inte finns på plats i ett visst ögonblick kan jag nås på tel. nr. 0762-672281 under skrivningstiden.

Lösningförslag kommer att läggas upp på kurshemsidan efter skrivningstidens slut.

<i>Preliminära betygsgränser:</i>	5	20-24 p
	4	15-19 p
	3	10-14 p

Lycka till!! //Mike

Sida 1 (av 8)

1. När man går på ultraljudsundersökning, t.ex. under en graviditet, så skickas ultraljudsvågorna in i kroppen genom en liten platta som trycks mot huden (se Fig. 1a). Plattan är fastklämd i (p) och (q) i Fig. 1a men fri att röra sig i ovan- och undersidan. En våg skickas genom den, som visat i Fig. 1a, där vågens frekvens skruvas upp tills man för första gången får en stående våg i plattan. Plattan är endast 2,9mm tjock och vågens utbredningshastighet i plattan är 11200m/s

- a) För vilken frekvens fås för första gången en stående våg i plattan?

(3p)

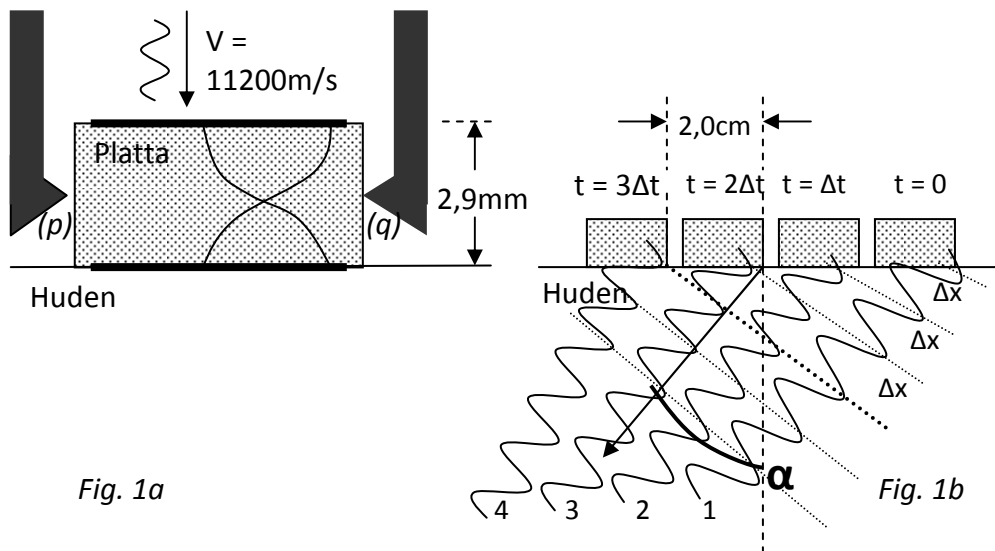


Fig. 1a

Fig. 1b

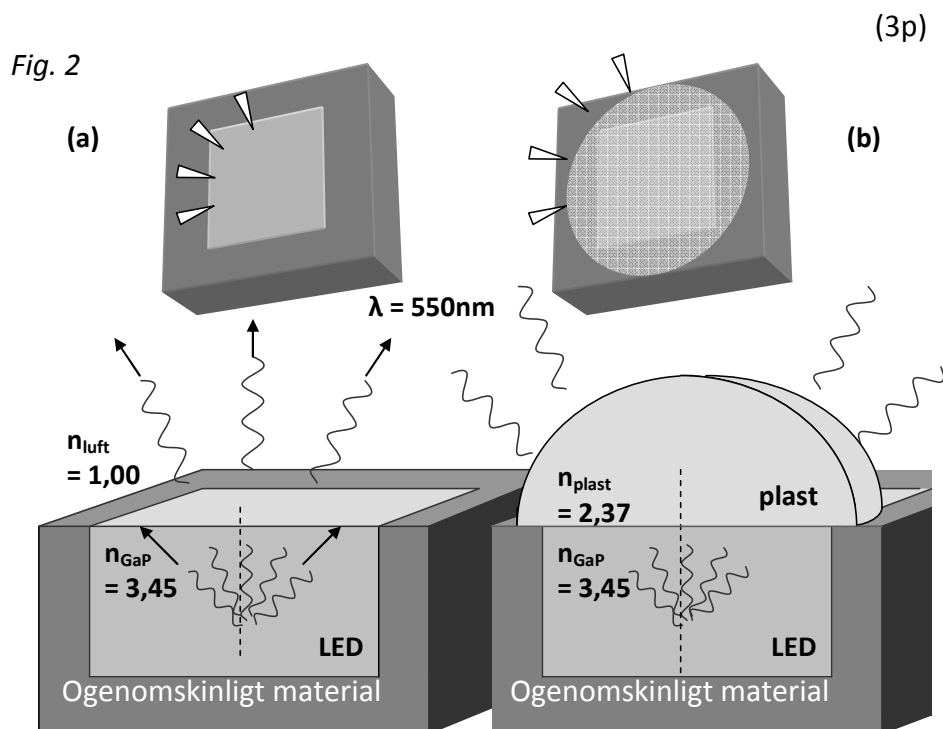
Man kan få en bild av hur vävnaden och olika organ i kroppen ser ut genom att flytta plattan över huden och läsa av styrkan hos den våg som reflekterats mot olika vävnader och organ på olika djup in i kroppen. Men man kan också använda sig av många sådana små plattor som man inte flyttar runt. Istället skickar man ut en puls/ mycket kort våg från var och en av plattorna i Fig. 1b, med början längst till höger och med en liten tidsfördröjning Δt mellan var och en av dem, så att pulsen/vågen nr 1 längst till höger skickas ut $3 \cdot \Delta t$ före den längst till vänster, nr 4, och därmed hinner utbreda sig en sträcka $3 \cdot \Delta x$ in i huden innan pulsen från nr 4 sänds ut. Då fås istället maximal styrka på pulsen/vågen i en viss riktning in genom huden och genom att ändra värdet på Δt kan man scanna vågen över ett ganska stort område. Säg att det är 2cm mellan två intill varandra liggande plattor, att vågornas utbredningshastighet i huden är 5600m/s och att Δt i ett visst ögonblick är $2 \cdot 10^{-6}$ s.

- b) I vilken riktning α kommer den mycket korta ultraljudsvågen/ pulsen i Fig. 1b att ha sitt maximum?

(1p)

2. I många displayer såväl som nyare ficklampor sitter det ofta en typ av ljuskälla/ lampa som går under förkortningen LED (Light Emitting Diode). En sådan LED kan vara gjord i lite olika material, som vart och ett sänder ut ljus med en viss våglängd, men ett exempel utgörs av GaP (Galliumfosfid) som sänder ut ljus av våglängden 550nm (grönt ljus). Galliumfosfid har ett brytningsindex n_{GaP} på 3,45 och ett exempel på en sådan LED ges i Fig. 2(a) där ett litet GaP-chip är inbäddat i ett ogenomskinligt material så att ljus bara kan ta sig ut genom ovansidan på chip:et (ljuset absorberas i det ogenomskinliga materialet). Själva ljuset kan antas bildas i en punkt i mitten av chip:et.

- a) Om man kunde sitta inuti chip:et, skulle man då med våra ögon se detta som synligt ljus inuti GaP-chip:et och vilken färg skulle det isåfall ha? Motivera med att visa beräkningen!



Bl.a. för att skydda LED:n brukar man direkt på själva LED-chip:et gjuta på en halvsfär i genomskinlig plast, som visas i Fig. 2(b). Antag att denna plast har brytningsindex $n_{\text{plast}} = 2,37$, är en perfekt halvsfär och att inget ljus absorberas i den. Antag också att ljuset bildas i en punkt i mitten av chip:et och att vi kan säga att LED-chip:ets ovansida nås av lika mycket ljus per ytenhet över hela dess yta.

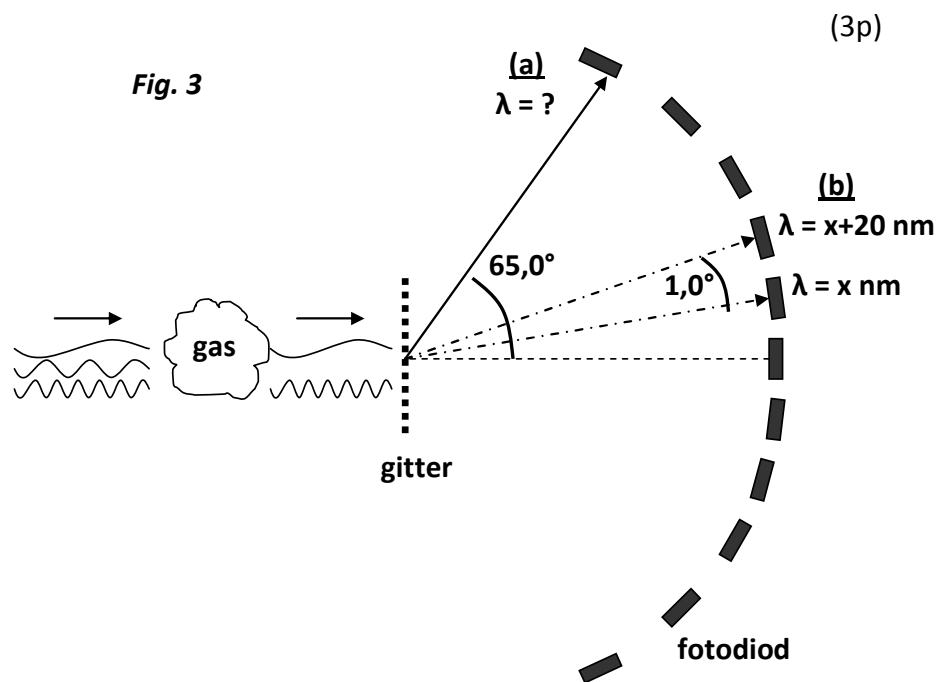
- b) Kommer det ut mindre, lika mycket eller mer ljus från LED:n med plast ovanpå jämfört med den utan? Motivera med en kort beräkning och ev. skiss!

(1p)

3. Ett sätt att lista ut vilket/vilka grundämnen (vilken/vilka atomer) som finns i en gas är att skicka ljus genom gasen och titta på vilken/vilka våglängder på ljuset som har minskat i styrka efter att det har passerat genom gasen. Varje atom absorberar ju ljus av specifika våglängder, så om en sådan särskild våglängd absorberats och minskat i styrka kan man tala om vilken atom som finns i gasen. Man måste då kunna mäta på varje våglängd för sig och det kan man göra genom att dela upp ljuset i ett gitter som i Fig. 3 nedan. Ljusstyrkan i alla olika riktningar kan mätas t.ex. med fotodioder som placerats i en halvcirkel bakom gittret och jämföras mellan då ljuset passerat gasen och när den inte gjort det. För att få så bra mätningar som möjligt används bara första ordningens spektrum, d.v.s. $n = 1$ (ibland skrivet $k = 1$).

Säg nu att man i ett sådant experiment använt ett gitter med gitterkonstanten $0,65\mu\text{m}$ och fått att ljusstyrkan i riktningen $65,0^\circ$ bakom gittret minskat i styrka ((a) i Fig. 3 nedan).

- a) Vilken våglängd på ljuset har absorberats i gasen och minskat i styrka, d.v.s. vilken våglängd på ljuset har normalt maximum i riktningen $65,0^\circ$ i första ordningens spektrum om ljuset passerat ett gitter med gitterkonstanten $0,65\mu\text{m}$?



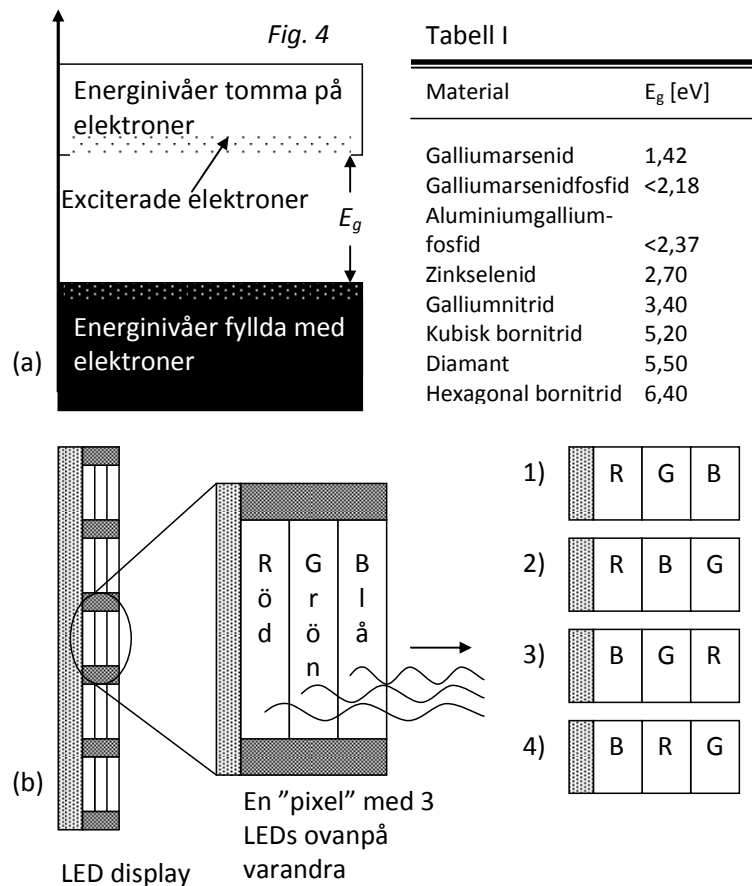
- b) Vilket är det största värde man kan ha på gitterkonstanten om man över hela det synliga våglängdsområdet ($400\text{-}750\text{nm}$) vill ha minst $1,0^\circ$ vinkel mellan ljusmaxima för våglängder som är separerade med 20nm (se (b) i Fig. 3 ovan)?

(1p)

4. Åter till LED:n (på svenska också kallad lysdiod). En LED tillverkas av något halvledarmaterial och elektronernas energinivåer i ett halvledarmaterial kan schematiskt ritas som i Fig. 4. Bandgapsenergin E_g är olika för olika material och i tabell I ges bandgapsenergin för några halvledarmaterial som är vanliga vid tillverkning av LEDs.

- a) Vilket av halvledarmaterialen i tabell I skulle vara mest lämpligt att använda om man vill tillverka en LED som ger blått ljus ($450\text{nm} < \lambda < 500\text{nm}$)?

(3p)



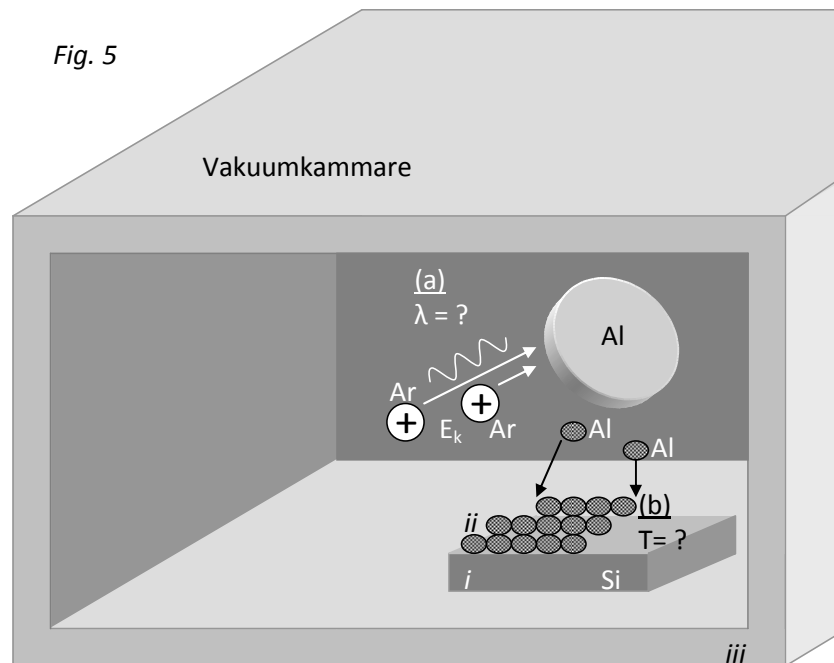
När man tillverkar en LED display kan man kombinera en röd, en grön och en blå LED i en "pixel" och genom att ändra styrkan på ljuset från var och en av dem få nästan vilken färg som helst på ljuset från denna pixel. Genom att lägga dessa tre LEDs ovanpå varandra, så att ljuset från de inre får passera ut genom de yttre kan man spara plats och få en bättre upplösning på displayen.

- b) Skulle det kunna finnas något skäl att något av sätten 1) till 4) i Fig. 4(b) ovan att lägga en röd, en grön och en blå LED på varandra kunde vara lämpligare och vilken kombination skulle det isåfall vara? Motivera ditt svar väl!

(1p)

5. Ett sätt att tillverka ett tunt lager av ett material ovanpå ett annat (som t.ex. ett LED-halvledarmaterial ovanpå ett annat som i uppgift 4) är genom att "slå ut" atomer ur en bit (normalt i form av en rund skiva) av det material man vill tillverka det tunna lagret av (Aluminium, Al, i Fig. 5). De "utslagna" atomerna landar sedan ovanpå det andra materialet (*i* i Fig. 5, i detta exempel kisel, Si) och bygger upp ett lager av det nya materialet (*ii* i Fig. 5). Ett sätt att "slå ut" atomerna är att accelerera joner av grundämnet argon, Ar, mot materialet. När argon-jonerna, Ar^+ , kolliderar med atomer i materialet slits dessa loss och åker iväg ("slås ut") för att sedan landa bl.a. ovanpå det andra materialet. Antag att en argonjon accelererats till rörelseenergin E_k över spänningen 33V och att argonjonens massa m kan sättas till 39,9u, $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27}$ kg.

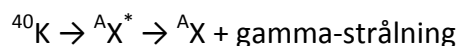
- a) Hur stor är den accelererade argonjonens våglängd?
(3p)



För att få bättre kvalitet på det lager (*ii* i Fig. 5) man vill tillverka kan man, innan man börjar "slå ut" aluminiumatomer, värma upp det material (*i* i Fig. 5) man önskar tillverka lagret på till en viss temperatur. Det finns ingen termometer e.d. vid/ på det här materialet men både materialet och aluminiumskivan befinner sig i en helt tillsluten vakuumkanmare (*iii* i Fig. 5) som det sitter en termometer på. När man värmt upp materialet så att det håller sig vid en konstant temperatur kan man med hjälp av termometern på kammaren konstatera att själva kammaren mottar energi 2,1kJ varje minut.

- b) Vilken temperatur har materialet värmts upp till om det har en sammanlagd yta på $2,0 \cdot 10^{-3} \text{m}^2$?
(1p)

6. Nyligen har några biologiforskare upptäckt att det finns ett släkte av svampar som kan utnyttja energin från gamma-strålning precis som gröna växter utnyttjar energin från vanligt solljus för sin tillväxt och överlevnad. En naturlig källa till gamma-strålning på jorden är när nukliden kalium-40, ^{40}K , omvandlas via positivt beta-sönderfall enligt nedanstående förlopp, där sista steget är att atomkärnan deexciteras genom att sända ut gamma-strålning:



Massan för ^AX är 39,96238312u och för $^A\text{X}^*$ är 39,96395024u, medan den för ^{40}K är 39,96399848u.

- a) *Vad är identiteten för nukliden ^AX (d.v.s. vilket är grundämnet X och vilket värde har A) och hur mycket energi frigörs som gamma-strålning när en $^A\text{X}^*$ atom deexciteras?*

(3p)

Ungefär 10% av all naturligt förekommande kalium-40 omvandlas via positivt beta-sönderfall, där halveringstiden är $1,25 \cdot 10^9$ år. En svamp behöver i genomsnitt 5,0J energi per dygn för att överleva.

- b) *Om man antar att svampen klarar av att ta upp all gamma-strålning som en viss mängd kalium-40 avger, hur mycket kalium-40 behöver det finnas i svampens omedelbara närhet för att den ska kunna överleva på bara gamma-strålningen från kalium-40? Svara i massa med lämplig enhet.*

(1p)