

## Tentamen

Fredagen den 1:e juni 2012, kl 08:00 – 12:00

### **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 samt formelsamling (Ekholm, Fraenkel, Hörbeck, Formler och Tabeller i Fysik, Matematik och Kemi, Konvergenta HB)

#### **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*

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

Lösningsförslag 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!!*

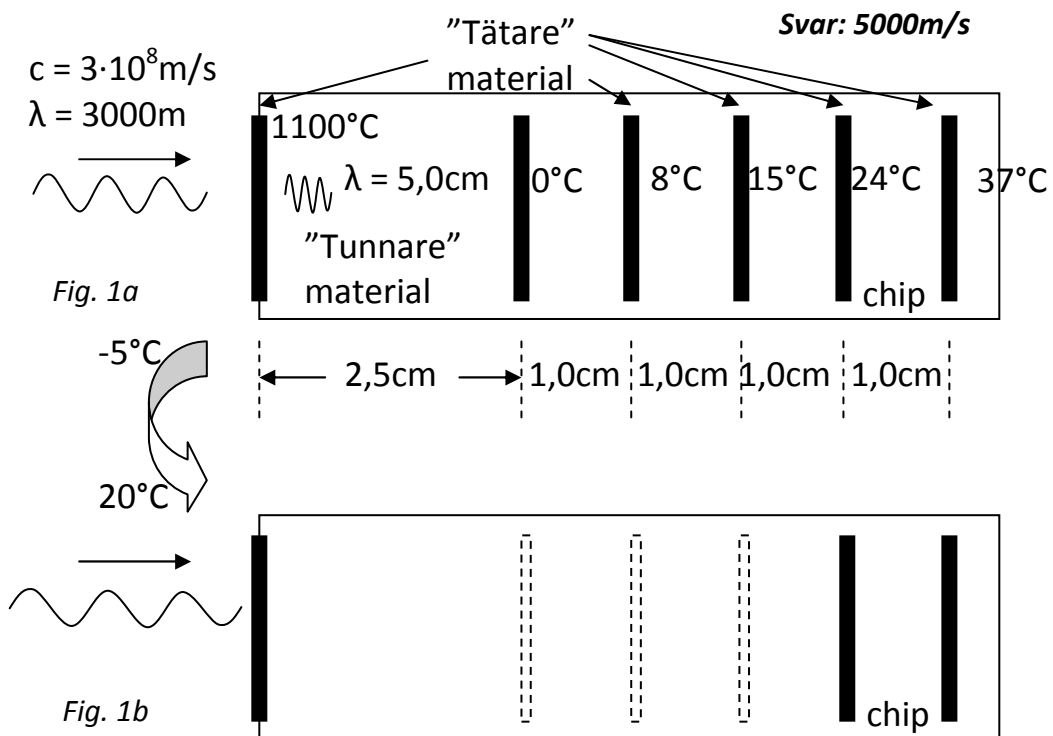
*Sida 1 (av 8)*



1. När man transporterar kylvaror, t.ex. vissa livsmedel, kan man för att kunna se att varorna hållits kalla under transporten sätta på ett tunt chip, som ser ut som i Fig. 1, på förpackningen. I chip:et finns några smala remsor av material som är mycket tätare än vad chip-materialet är. Materialen i de olika remsorna "smälter" dock vid lite olika temperatur (enligt Fig. 1a) och blir då lika "tunna" som materialet i chip:et (se exempel i Fig. 1b, då chip:et värmts upp från -5 till 20°C). Genom att skicka in **elektromagnetiska vågor** av vissa våglängder (inom radiovågs-området) mot chip:et när varorna kommit fram kan man då kontrollera om varorna blivit uppvärmda över någon temperatur under transporten.

Vid ett experiment innan chip:et sattes på förpackningen skickades vågor som i luften hade våglängden 3000m in mot chip:et (se Fig. 1a). Då kunde man konstatera att våglängden i chip-materialet blev 5,0cm.

- a) Vilken är vågornas utbredningshastighet i chip-materialet?



När varorna kommit fram skickar man återigen in elektromagnetiska vågor mot chip:et och ökar frekvensen från 0 tills man för första gången får en stående våg inne i chip:et. Detta inträffar när frekvensen är 38460Hz.

- b) Vilken temperatur måste varorna minst ha varit uppe i under transporten? Motivera ditt svar!

**Svar: Minst 24°C**

2. Vid design av ett par kikare för militären/ spioner önskar man designa dem så att det blir så lite reflexer från solen i glaset som möjligt (för att undgå upptäckt). Ett sätt är att man utanpå glaset i kikarlinsen lägger ett tunt lager med magnesiumfluorid ( $MgF_2$ ), vars brytningsindex är 1,38 (se Fig. 2a). Kikarlinsen har brytningsindex 1,54. Det gäller då att få rätt tjocklek på  $MgF_2$ -lagret. När man tillverkar det tunna lagret kan man belysa linserna med ljus av en våglängd som i Fig. 2a. När tjockleken ökar från 0 kan man då se när man för första gången får ett minimum av reflekterat ljus och på så sätt bestämma tjockleken på lagret. Säg att man använder ljus av våglängden 623nm.

- a) För vilken tjocklek  $d$  på lagret får man för första gången ett minimum i den reflekterade styrkan på ljuset om ljusets våglängd är 623nm?

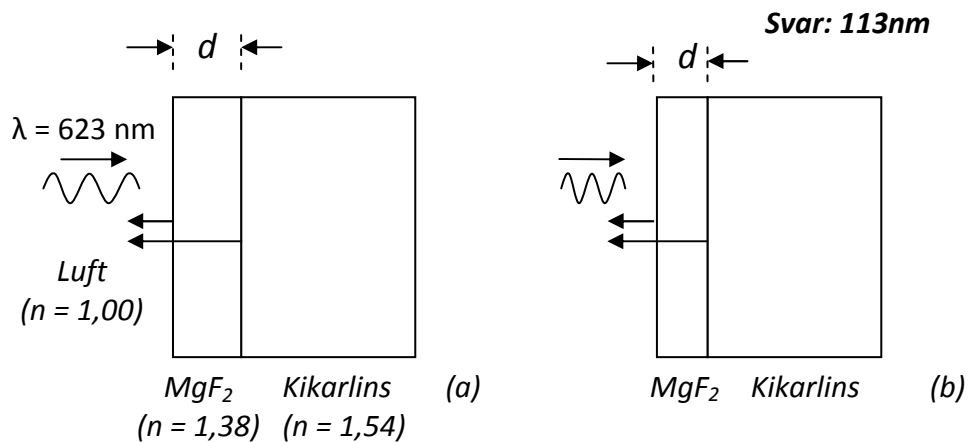


Fig. 2

Säg nu att man vill ha så liten styrka på det reflekterade ljuset som möjligt om solen lyser rakt in mot kikarlinsen som i Fig. 2b.

- b) Med utgångspunkt i att solens ytemperatur är ungefär 5500°C, vilken tjocklek bör det vara på  $MgF_2$ -lagret?

**Svar: 91nm**

3. I ytan på t.ex. en bit metall kan atomerna sitta med jämna mellanrum, så att avståndet  $d$  i Fig. 3 alltid är detsamma mellan två intill varandra sittande atomer. Om man skickar iväg en stråle med elektroner där alla elektroner har en och samma rörelseenergi kommer alla elektronerna i strålen att ha samma "våglängd". Om strålen skickas mot ytan med atomer (se Fig. 3) kommer de att studsas mot atomerna i ytan i alla olika riktningar. Man skulle kunna tänka sig ytan med atomer som ett reflekterande gitter som elektronerna får studsas mot

Säg att man gör ett experiment där elektronerna accelererats så att de har en "våglängd" på  $4,0 \cdot 10^{-10} \text{m}$ . Säg också att man mäter "antalet" elektroner som "studsas" i en viss vinkel  $\alpha$  genom att börja från  $0^\circ$  och mäta upp till  $90^\circ$ . Då kommer antalet elektroner som uppmäts ha "studsas" i den riktningen först att minska och sedan öka för att ha ett maximum vid vinkeln  $45^\circ$  och sedan minska igen.

- a) Vad är avståndet  $d$  mellan atomerna i ytan?

Svar:  $5,7 \cdot 10^{-10} \text{m}$  (5,7Å)

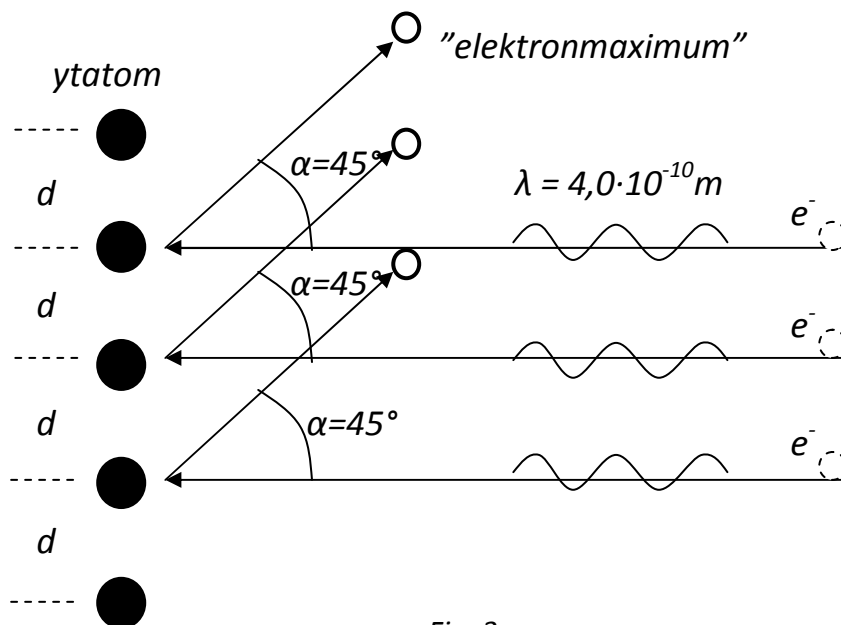


Fig. 3

- b) Hur stor är den minsta spänning  $U$  man måste använda för att accelerera elektronerna i ett likadant experiment om man vill vara säker på att man kan bestämma ett så litet avstånd  $d$  som  $d = 2,0 \cdot 10^{-10} \text{m}$ ? ( $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{kg}$ )

Svar: 38V

4. Ett alternativ till att köra våra bilar på bensen i förbränningsmotorer, med dess effekter när det gäller koldioxidutsläpp och global uppvärmning, är att utnyttja reaktionen mellan väte  $H_2$  och syre  $O_2$  i bränsleceller för att generera el till en elmotor som kan driva bilen. I idealfallet skulle då utsläppen från motorn endast bestå av vatten. Men för att det ska fungera måste man ju först "tillverka" rent väte och syre som man kan tanka bilen med.

Ett sätt att framställa fria väte- och syremolekyler är genom något som kallas fotokatalys, se Fig. 4a. I fotokatalys exciteras elektroner från fyllda nivåer i en bit av ett halvledarmaterial (oftast titandioxid  $TiO_2$ ) till tomma nivåer där elektronerna kan röra sig fritt. Energiskillnaden mellan de fyllda nivåerna med högst energi och de tomma nivåerna med lägst energi i  $TiO_2$  är  $E_g = 3,2\text{eV}$ . Elektronerna kan nästan direkt trilla ner igen, men kan också röra sig till ytan av halvledarmaterialet (1. i Fig. 4a) och fångas i ett litet korn av platina Pt som sitter fast på ytan av halvledarmaterialet (det finns lediga energinivåer i Pt som elektronen kan trilla ner till). Denna elektron kan sedan plockas upp av en vattenmolekyl som sönderdelas och bildar väte  $H_2$  (3. i Fig. 4a).

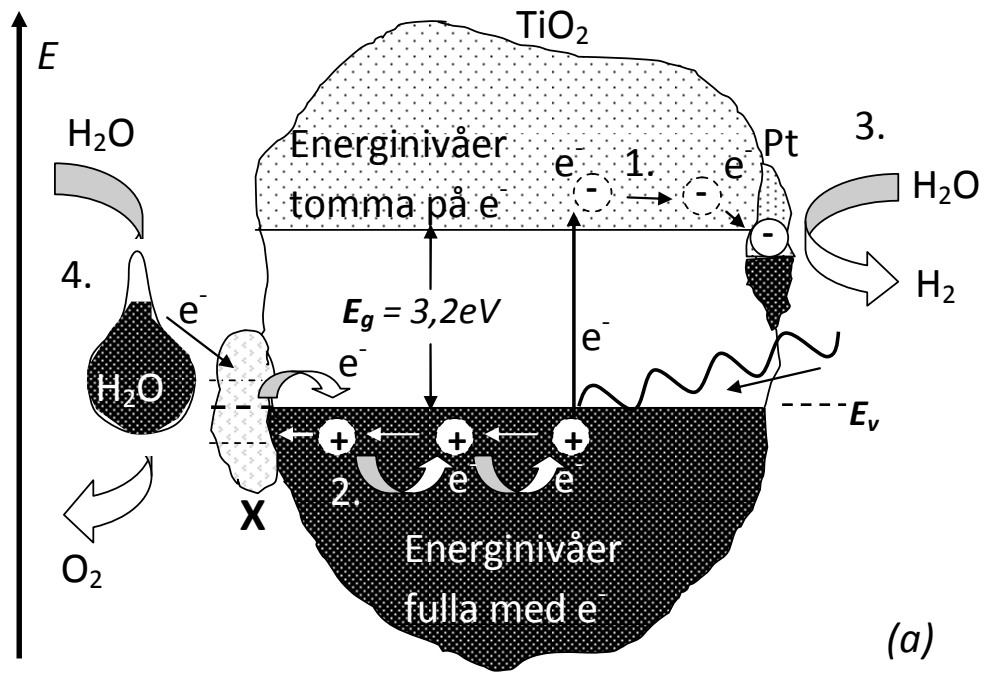
Det "hål" (den tomma energinivå) som blir kvar bland de annars fyllda energinivåerna när elektronen exciterats kan fyllas med en elektron från en närliggande nivå, som då blir tom. Denna kan i sin tur fyllas med en elektron från ytterligare en annan nivå o.s.v. Man skulle kunna se det som att det positiva "hålet" flyttar sig genom halvledarmaterialet (2. i Fig. 4a) och kan till slut hamna vid ytan och fångas i ett litet korn av ett annat material – X i Fig. 4a. Vid detta andra material kan vatten så lämna ifrån sig en elektron till det positiva "hålet" (den tomma nivån) och sönderdelas för att bilda syre  $O_2$  (4. i Fig. 4a). I Fig. 4b ges exempel på tre olika material A, B och C där energin för den högsta energinivå som är fylld med elektroner ( $- - E_{F,A}$ ,  $--- E_{F,B}$  och  $--- E_{F,C}$  i Fig. 4b) är olika för de tre olika materialen. Motsvarande energinivåer är inlagda i X i Fig. 4a, där man också kan se att  $E_{F,A} = E_v$ ,  $E_{F,B} < E_v$  och  $E_{F,C} > E_v$ .

- a) Vilka våglängder på solljuset kan excitera elektroner i  $TiO_2$  så att man kan få fotokatalys av vatten till syre och väte?

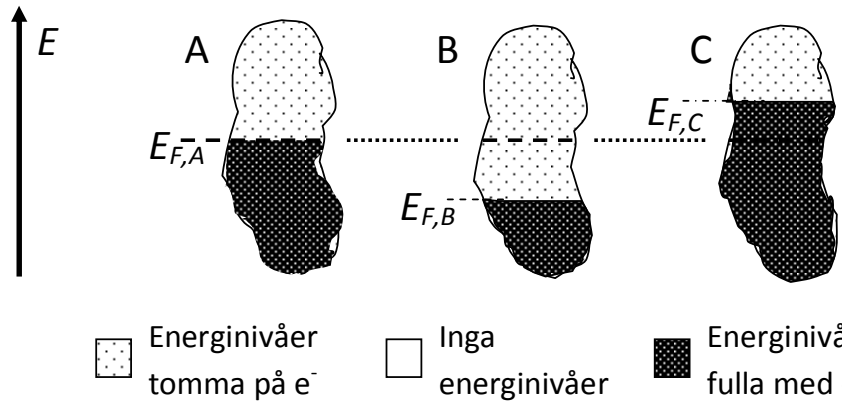
**Svar:  $\lambda < 390\text{nm}$**

- b) Vilket av alternativen A, B eller C i Fig. 4b motsvarar det lämpligaste materialet (X i Fig. 4a) för att hålla igång fotokatalys-reaktionerna (1. till 4. i Fig. 4a)? Motivera ditt svar!

**Svar: C**



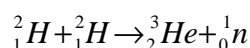
(a)



(b)

Fig. 4

5. I solen sker nedanstående fusionsreaktion mellan två deuterium-kärnor.



- a) Hur mycket energi frigörs när två deuteriumkärnor slås samman (ev. kärnfysikaliska data hämtas ur tabell)?

**Svar:  $5,2 \cdot 10^{-13} \text{ J}$  (3,3MeV)**

Deuterium utgör 0,0116% av allt naturligt förekommande väte som finns på jorden. Biogas, som t.ex. används för att driva Linköpings bussar, består i huvudsak av ämnet metan,  $\text{CH}_4$ , som när det förbränns ger 891kJ/mol av energi. Säg att man skulle kunna få fusionsreaktionen att ske också på jorden.

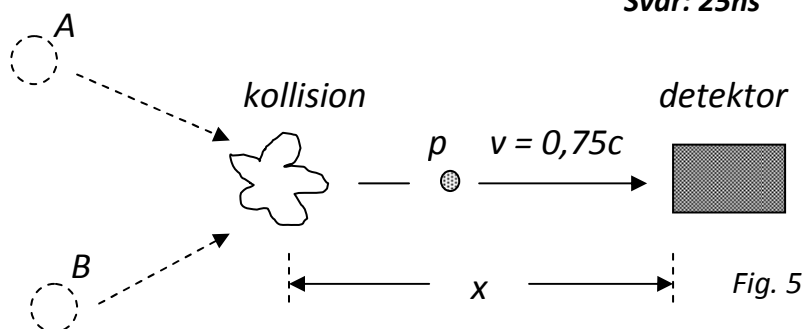
- b) Ur energisynpunkt, vilket skulle vara bäst, att använda metan som vätekälla till fusionsreaktionen eller att förbränna det? Motivera ditt svar med redovisad beräkning!

**Svar: Fusion är bäst**

6. I ett experiment med att kollidera partiklar (A och B i Fig. 5) med varandra i höga hastigheter vid den nya partikelacceleratorn LHC i Genève bildas det en typ av oerhört små partiklar ( $p$  i Fig. 5) som åker iväg i en viss riktning med en hastighet som är 75 % av ljushastigheten. När dessa partiklar är i vila jämfört med laboratoriepersonalen vid LHC har man kunnat mäta upp en halveringstid  $T_{1/2}$  för partiklarna som är  $7,5 \cdot 10^{-9} \text{ s}$ . För att vara säkra på att kunna upptäcka dessa partiklar bör det finnas åtminstone 10 % kvar av de som bildas från början när man mäter på dem.

- a) Hur lång tid har man på sig att mäta på nybildade partiklar om de är i vila jämfört med laboratoriepersonalen?

**Svar: 25ns**



För att upptäcka de partiklar som bildats vid partikelkollisionen och sedan åkt iväg med 75% av ljushastigheten i en viss riktning sätter man upp en detektor (en mätare) i den riktningen på ett visst avstånd  $x$  från kollisionen.

- a) Vilket är det största avstånd  $x$  man kan sätta upp detektorn på för att säkert kunna upptäcka partiklarna?

**Svar: 8,5m**