

Repetitionsuppgifter

Fysik del B2 för tekniskt / naturvetenskapligt basår / bastermin

BFL 120 / BFL 111

Hjälpmedel: Miniräknare och valfri formelsamling

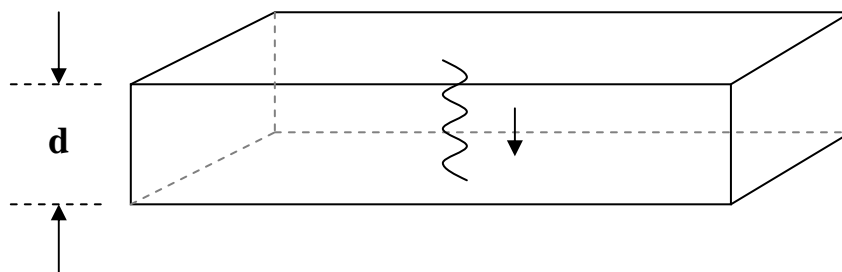
Tänk på att:

- Inlämnad lösning skall vara renskriven och läsbar
- Lösningen skall vara välmotiverad
- En figur/ skiss underlättar alltid lösningsprocessen samt förståelsen av lösningen.

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

Lycka till!! //Mike

1. Ett sätt att noggrant mäta tjockleken på tunna material skulle kunna vara genom att starta en mekanisk vågrörelse (ljudvåg) genom materialet (se figur nedan). För vissa frekvenser hos vågrörelsen uppstår stående vågor (resonans) i materialet. Detta fenomen kan detekteras och frekvensen bestämmas.



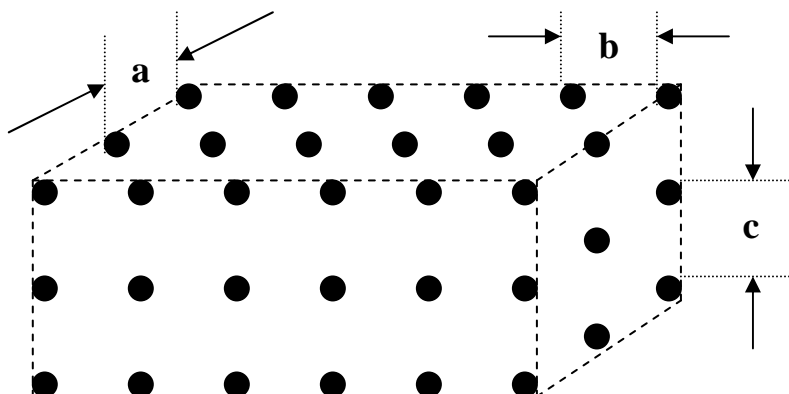
- (a) Om tjockleken på en tunn film av ett visst material är $5\ \mu\text{m}$ och utbredningshastigheten för vågorna i materialet är $3000\ \text{m/s}$ vilken är då den lägsta frekvens för vilken en stående våg i materialet uppstår?

(2 p)

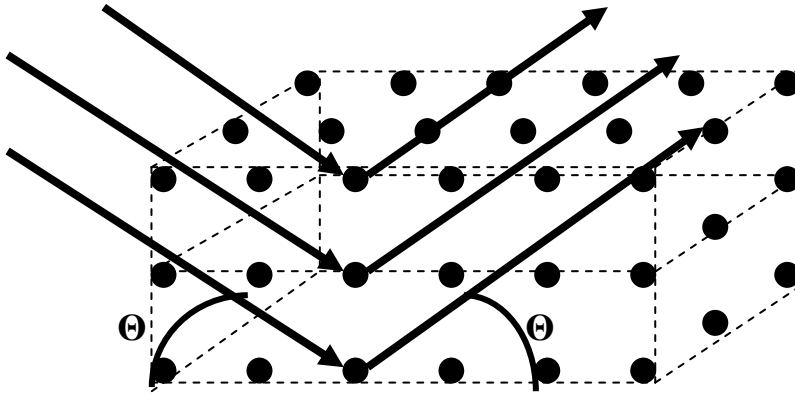
- (b) Säg nu att man lägger på ytterligare ett tunt lager av samma material ovanpå det första så att tjockleken d ökar. Hur tjockt är det skikt som läggs på om värdet på den lägsta frekvens som ger en stående våg i strukturen sjunker med $100\ \text{MHz}$ jämfört med i (a)?

(2 p)

2. Ibland vill man inte bara veta hur tjock en film av ett visst material är utan också hur långt det är mellan atomerna i ett visst material. Figuren nedan visar en skiss av en kristall av grundämnet polonium. De runda svarta prickarna motsvarar poloniumatomernas position och a , b och c avståndet mellan atomerna i x -, y - och z -led.



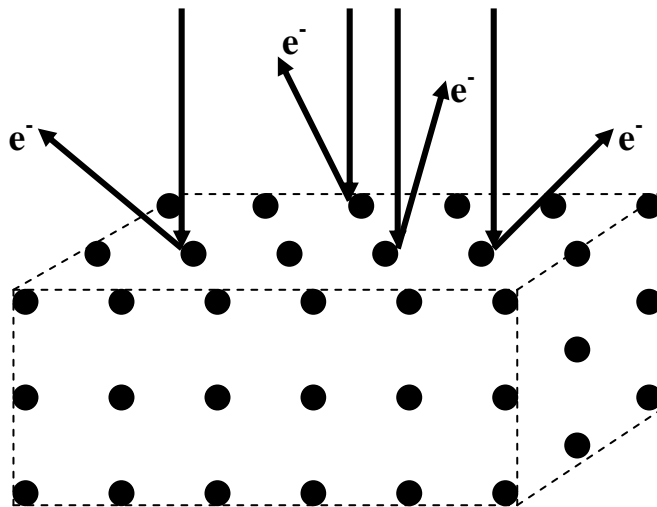
Ett sätt att få information om t.ex. avståndet mellan atomer i z-led (värdet på c i figuren på föregående sida) är att belysa kristallen med röntgenljus. Man kan se de olika "lagren" av atomer som halvgenomskinliga speglar som reflekterar en del av det infallande ljuset (se figur nedan)



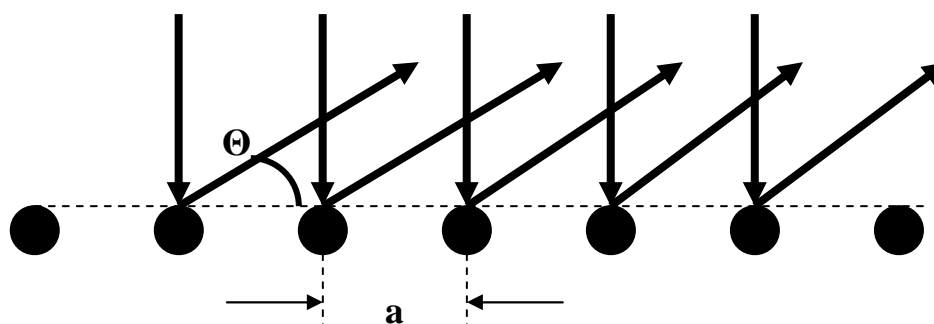
För vissa vinklar på det infallande (och reflekterade) ljuset fås särskilt stark intensitet på ljuset. Om man börjar med en vinkel Θ på 0° och ökar denna vinkel fås särskilt stark intensitet för första gången då vinkeln $\Theta = 21,7^\circ$ om våglängden på röntgenljuset är 2×10^{-10} m.

Hur stort är avståndet c mellan poloniumatomerna i kristallen? (4 p)

3. Vidare är man ofta intresserad av hur långt det är mellan atomerna precis i ytan bl.a. eftersom detta avstånd kan vara annorlunda än vad avståndet/avstånden är längre ner i materialet. Detta kan man få information om genom att skicka en stråle av elektroner med väldefinierad energi mot ytan på materialet (kristallen). Elektronerna tränger inte ner något särskilt i materialet som röntgenljus gör utan "studsar" mest mot ytatomerna i kristallen (se figur nedan).



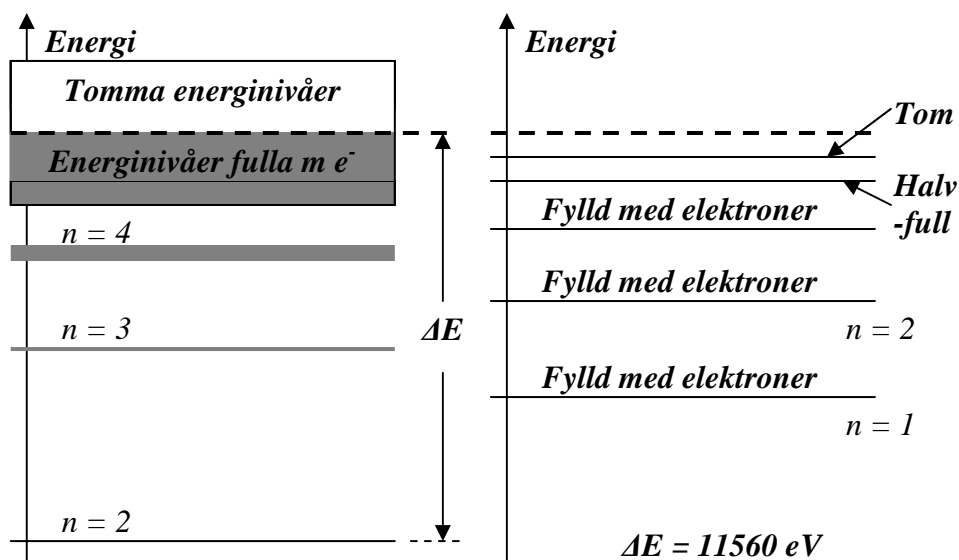
Säg att vi har en en-dimensionell kedja av atomer och att en stråle av elektroner skickas mot den rakt uppifrån (se figur)



I riktningen $\Theta = 90^\circ$ kan man mäta upp ett stort antal reflekterade elektroner. Om Θ minskar minskar också antalet uppmätta elektroner innan det börjar öka igen och då vinkeln $\Theta = 67^\circ$ uppmäts återigen ett stort antal elektroner. Om vinkeln minskar ytterligare minskar antalet uppmätta elektroner igen. Elektronerna har accelererats av spänningen 135 V.

Beräkna sträckan a i figuren. (4 p)

4. I figur 1 (a) och (b) nedan finns energinivåerna (energibanden) för elektronerna i ytan på en bit metall av ämnet platina (Pt) samt energinivåerna för elektronerna i en syremolekyl (O_2).



Figur 1. Observera att det är samma skala i båda energidiagrammen

När en syremolekyl kommer väldigt nära ytan på Pt-metallen (så att syre adsorberas till metallytan) kan elektroner röra sig mellan syret och Pt-metallen (flytta sig från den ena till den andra), d.v.s. en kemisk bindning bildas mellan Pt och syre (O). I vardagligt tal brukar vi säga att metallen oxideras (PtO bildas). För att undersöka om en Pt-yta är oxiderad eller inte kan man använda

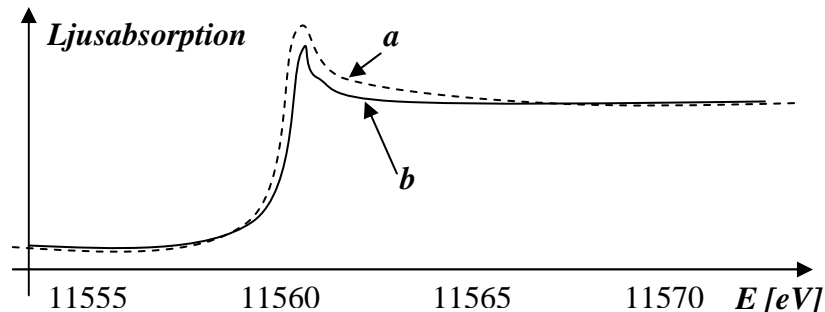
sig av en metod som kallas X-ray Absorption Spectroscopy (XAS). Denna går ut på att röntgenljus av olika våglängder skickas mot Pt-ytan och om energin på ljuset motsvarar energin som krävs för att excitera/”jonisera” en elektron så kommer ljus av denna energi (samt ljus av högre energi) att absorberas av Pt-metallen (ljusenergin tas upp av elektronerna i denna energinivå). Säg att man gör ett sådant experiment där man studerar absorption från elektronerna i nivå 2 i Pt-metallen (se Figur 1 (a)).

a) Vilka våglängder på röntgenljuset kan ”jonisera” elektronerna i nivå 2 i Pt-metallen?

(3p)

b) Vilken av kurvorna i diagrammet nedan motsvarar ren Pt och vilken motsvarar oxiderad Pt (Pt som reagerat med syre – PtO)?

(1p)



5. Något annat som kan vara intressant att undersöka är hur ytatomerna i ett material växelverkar med ämnen (atomer eller molekyler) i den omgivande atmosfären.

Om en yta bestående av grundämnet Platina (Pt) belyses med ljus av tillräckligt kort våglängd kan elektroner frigöras ur metallen (Pt är en metall). Den energi som går åt för att frigöra elektroner ur metallen kallas utträdesenergin eller utträdesarbetet och för en ren Platina-yta är värdet på utträdesarbetet $\Phi = 4,7$ eV.

- (a) Vilka våglängder på ljuset som ytan belyses med kan frigöra elektroner ur metallen?

(3 p)

Om Platina-ytan inte är ren utan syremolekyler (i form av syreatomer) från luften fastnat på (adsorberat till) den ändras utträdesarbetet. För en Platina-yta som är täckt med syreatomer är utträdesarbetet $\Phi = 5,3$ eV. Om å andra sidan ytan skulle vara täckt med kolmonoxid (CO) skulle utträdesarbetet vara $\Phi = 4,9$ eV.

Säg nu att en syretäckt Platina-yta belyses med ljus av våglängden 200 nm. Så utsätter man ytan för kolmonoxid (CO). Kolmonoxiden reagerar med syre på Pt-ytan och bildar koldioxid (CO₂), vilket inte sitter kvar på ytan, så länge det finns syre kvar på ytan. När syret är slut fastnar istället CO på ytan så att den blir helt täckt av CO.

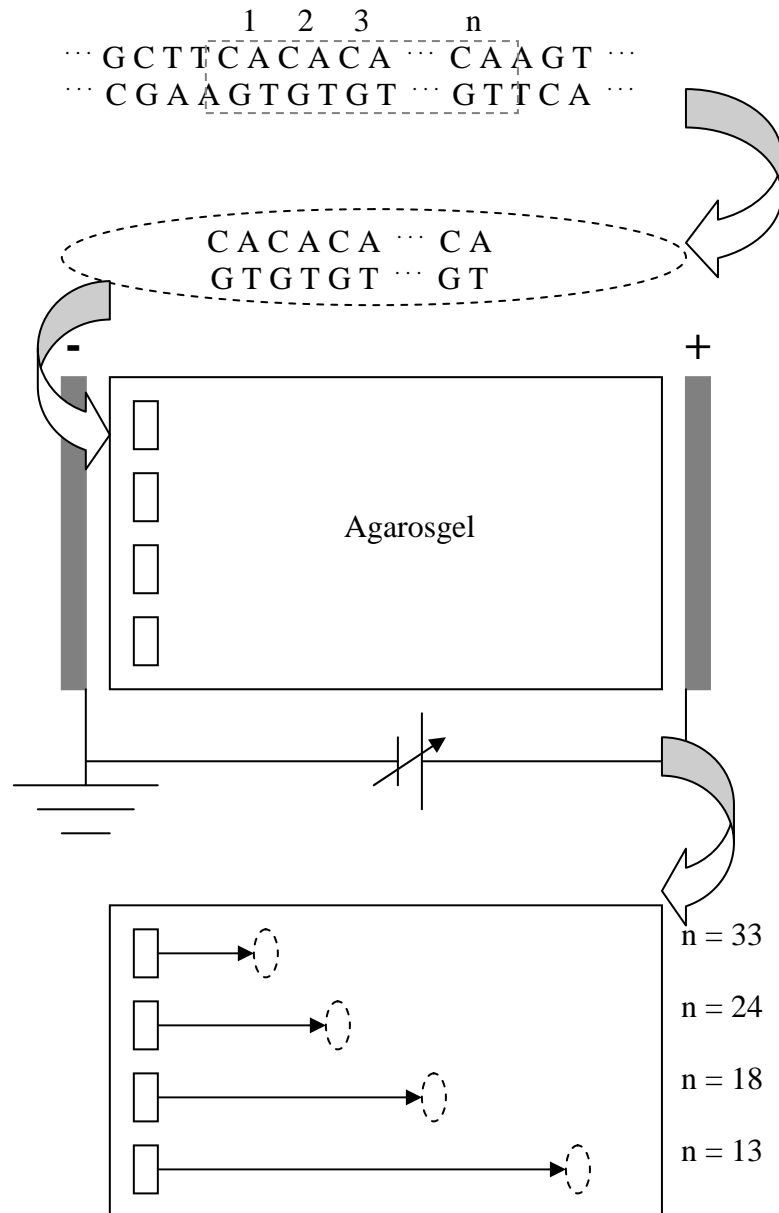
- (b) Hur stor är skillnaden mellan den spänning som krävs för att bromsa upp de elektroner till vila som frigjorts ur en syretäckt Pt-yta och den spänning som krävs för att bromsa upp de elektroner till vila som frigjorts ur en CO-täckt Pt-yta?

(1p)

6. Vid identifikation av personer eller då man ev vill diagnosticera förekomsten av vissa sjukdomar hos en patient m.h.a. DNA använder man sig bl.a. av sekvenser i arvsmassan som består av ett antal upprepningar av två, tre eller flera baser (DNA-byggstenar; A, T, G, C), t.ex. (CA)_n (se figur nedan). Hur många gånger CA upprepas i sekvensen kan vara högst olika för olika individer.

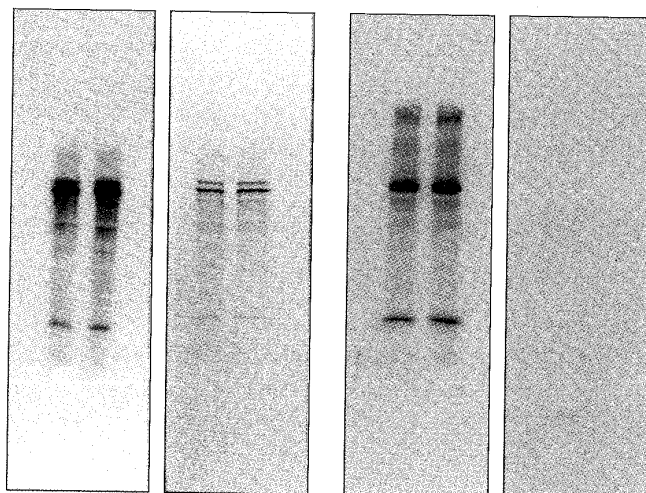
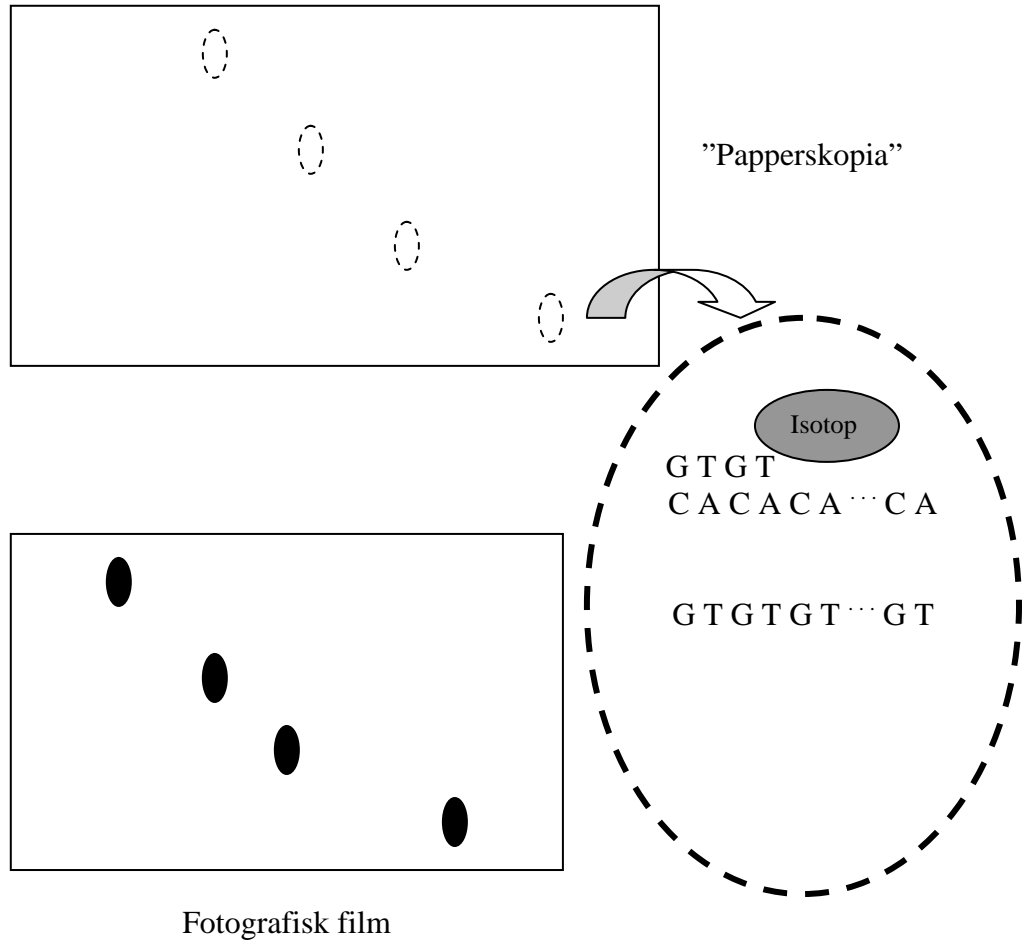
Genom att rena fram DNA ur ett blodprov från individen och sedan kemiskt "klippa ut" de sekvenser man är intresserad av kan man jämföra längden (Antalet gånger som -CA- upprepas) på dessa med längden på samma sekvenser i DNA från t.ex. en brottsplats.

Längden på sekvenserna kan man lista ut genom att tillsätta DNA-sekvenserna till små brunnar i en agarosgel som placerats mellan två elektroder (två metallplattor, se figur nedan), där den ena är positivt laddad. De negativt laddade DNA-sekvenserna kommer då att påverkas av det elektriska fältet mellan elektroderna och röra sig mot den positivt laddade elektroden. Korta DNA-sekvenser tar sig lättare och fortare fram genom gelen än långa sekvenser. Om man efter en viss tid då slår av spänningen mellan elektroderna kommer korta DNA-sekvenser att ha rört sig längre bort i gelen än långa (se figur). Genom att studera hur långt DNA-sekvenserna rört sig i gelen kan man alltså få en uppskattning av deras längd

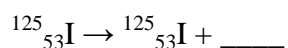
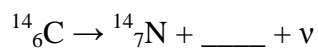


Man kan dock inte se DNA-sekvenserna för blotta ögat, så för att kunna avgöra hur långt de rört sig i agarosgelen har man utvecklat ett antal metoder för att synliggöra DNA-sekvenserna. Ett sätt (det mest noggranna) är att kopiera över sekvenserna till ett slags "papper" (membran) genom att detta pressas mot gelen och DNA-sekvenserna sugas upp på papperet. När de väl sitter fast på papperet kan man sära de båda DNA-strängarna från varandra genom tillsats av en kemisk förening, så att enkelsträngat DNA fås (se figur på nästa sida). Därefter tillsätts korta sekvenser av DNA som är komplementära till -CACACA-sekvenserna (d.v.s. korta DNA-fragment med sekvensen -GTGTGT-) och till vilka en radioaktiv isotop bundits. Dessa isotopmärkta fragment av -GTGTGT- DNA-sekvenser kan då binda till -CACACA-sekvenserna på de platser där de olika långa CA-sekvenserna finns. Därefter sköljs alla isotopmärkta GT-fragment som inte bundit till några CA-sekvenser bort så att det bara finns isotopmärkta GT-fragment där det finns CA-sekvenser.

Därefter läggs en fotografisk film över pappret. Den fotografiska filmen består bl.a. av silverbromid-(AgBr) (eller silverjodid, AgI) kristaller. När en β -partikel eller γ -strålning når den fotografiska filmen omvandlas silverjonerna i AgBr-saltet till neutrala silveratomer. När filmen sedan framkallas kommer de områden där silverjoner omvandlats till silveratomer att synas som svarta fläckar. Dessa fläckar motsvarar var på pappret de olika långa CACACA-sekvenserna hamnat. Då kan man se hur långt DNA-sekvenserna vandrat (se figur nedan för exempel).



Några vanliga radioaktiva isotoper som används för att märka in DNA är t.ex. ^{14}C och ^{125}I (kol-14 och jod-125), vilka sönderfaller/ omvandlas enligt följande:



- (a) Komplettera ovanstående "sönderfalls"formler och ange den typ av strålning (α -, β -, eller γ -) som sänds ut vid sönderfallet/ omvandlingen

(1p)

- (b) ^{125}I har en halveringstid på 59,4 dygn. Hur lång tid måste den fotografiska filmen exponeras för pappret med de isotopinmärkta DNA-sekvenserna om det krävs att 1% av den ursprungliga mängden ^{125}I sönderfallit för att tillräckligt många silverjoner omvandlats till silveratomer för att det ska synas tillräckligt bra på filmen?

(3p)