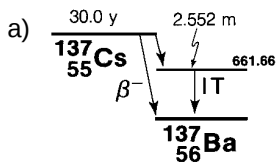


Lösningar till tentamen i kärnkemi ak den 4 april 1998

Del A

1. ^{152}Dy ($t_{1/2}$ 2.4 h) inleder en kort sönderfallsskedja. a) Vilka nuklider ingår i denna? (2p), b) vilka av dessa är isotoner? (1p), c) vilka är isobarer? (1p), d) vilka är isomerer? (1p). Svar: a) ^{152}Dy , ^{152}Tb , ^{152}Gd , ^{148}Sm , ^{144}Nd , ^{140}Ce (α -sönderfall hos ^{152}Dy är försumbart). b) ^{152}Dy och ^{148}Sm (86 neutroner), c) ^{152}Dy , ^{152}Tb , ^{152}Gd . d) inga isomerer, ty ^{152}Dy sönderfaller till grundtillståndet i ^{152}Tb .

2. Ett radioaktivt preparat som innehåller ^{137}Cs utsänder γ -strålning. a) Rita sönderfallsschemat för ^{137}Cs (3p), b) Förklara med hjälp av detta hur γ -strålningen uppkommer (2p), c) vad är γ -energin i MeV. (1p). Svar: Jfr Fig. 4.5 f i läroboken.



b) Som framgår av sönderfallsschemat leder en del av β -sönderfallen till ^{137m}Ba , som sedan sönderfaller via IT varvid γ -strålning utsänds.

c) γ -energin är ca 0.662 MeV.

3. Vad menas med återspridning av β -partiklar? (2p). Svar: Spridning av β -partiklar mot underlaget med riktningsändringar över 90 grader.

4. I vatten tillverkat genom förbränning av anrikad vätgas är isotopbråket för ^2H 80%. Vad är vattnets molvikt? (3p). Svar:

$$M_H := 1 \quad M_D := 2 \quad M_O := 16 \quad M_{H_2O} := (0.2 \cdot M_H + 0.8 \cdot M_D) \cdot 2 + M_O \quad M_{H_2O} = 19.6$$

5. Gör en skiss över hur γ -spektrum från ^{60}Co skulle se ut om det mättes med en högupplösande HPGe-detektor och ange orsaken till de olika delarna i detta spektrum. (4p). Svar: Se figur 8.15 i läroboken.

6. De β -partiklar som utsänds vid sönderfall av ^{90}Y har maximalenergin 2.3 MeV. Vad blir maximala rekylenergin hos dottern? (4p). Svar: (Eftersom massorna ingår i produkter och kvoter kan vi använda A-värden, utom för m_e . För $m_d c^2$ omräknas m_d till MeV och insättes i ekv.)

$$E_d := \frac{0.000549 \cdot 2.3}{90} + \frac{2.3^2}{2 \cdot 931.5 \cdot 90} \quad E_d = 4.56 \cdot 10^{-5} \quad \text{MeV} \quad (\text{ekv. 4.32})$$

7. Den supraledande cyklotronen vid MSU har ett K-värde på 1250. Till vilken högsta energi kan denna accelerera $^{238}\text{U}^{20+}$ -joner (MeV)? (3p). Svar:

$$\frac{E}{A} = K \cdot \left(\frac{Z}{A} \right)^2 \quad K := 1250 \quad \text{MeV} \quad Z := 20 \quad A := 238 \quad E := K \cdot \frac{Z^2}{A} \quad E = 2101 \quad \text{MeV}$$

8. Hur definieras begreppet radiokemisk renhet för en märkt molekyl? (4p). Svar: Två krav, i) Endast en radioaktiv nuklid närvarande, ii) endast ett märkt molekytag.

9. Vilka valenstillstånd kan uran ha i vattenlösningar under olika redoxförhållanden? (4p). Svar: U(III), U(IV), U(V) och U(VI).

10. Ett av de tyngsta grundämnena har fått sitt namn efter nobelpristagaren G.T. Seaborg. Vilket atomnummer har detta? (2p). Svar: ^{106}Sg , dvs 106.

11. Vad är ALI för något? (3p). Svar: Annual Limit of Intake; gränsvärde för årligt intag (Bq) av en radionuklid.

Del B

12. För att mäta blodvolymen i huvudet hos en person med svåra hjärnskador injicerades ca 10 MBq $^{99m}\text{TcO}_4^-$ i en ven. Antag att perteknetat dels stannar kvar i blodet, dels utsöndras med urinen. Mängden ^{99m}Tc i huvudet mättes 30 minuter senare med en kollimerad detektor till 400 kBq. Ett blodprov togs samtidigt med mätningen och mättes 3 timmar senare varvid specifika aktiviteten befanns vara 716 Bq/ml. Vad var blodvolymen i huvudet? (10p). Svar:

$$Bq := \text{sec}^{-1} \quad t_{\text{halv}} := 6 \cdot \text{hr} \quad l := \frac{\ln(2)}{t_{\text{halv}}} \quad Dt := 3 \cdot \text{hr}$$

$$S := \frac{716 \cdot Bq \cdot e^{l \cdot Dt}}{\text{mL}} \quad S = 1.013 \cdot 10^6 \cdot \frac{Bq}{\text{liter}}$$

$$R := 400 \cdot 10^3 \cdot Bq \quad V_{\text{blod}} := \frac{R}{S} \quad V_{\text{blod}} = 0.395 \cdot \text{liter}$$

13. Jod förekommer hos människa praktiskt taget bara i sköldkörteln, som normalt väger 50 gram. Jod har en biologisk halveringstid på 140 dygn. I radioaktivt avfall förekommer den långlivade jodisotopen ^{129}I ($t_{1/2} 1.57 \times 10^7$ år). Vid ett sönderfall utsänds i genomsnitt 25 keV γ -strålning och 14 keV β -strålning. Antag att all denna lågenergetiska strålning stoppas i sköldkörteln. Om en person förtär 1 kBq av ^{129}I och all jod tas upp momentant av kroppen, vilken ekvivalentdos till sköldkörteln erhålles (Sv)? (10p). Svar: Som första approximation kan sönderfallet av ^{129}I försummas under den tid detta befinner sig i kroppen, varför aktiviteten enbart minskar med den biologiska halveringstiden.

$$\text{keV} := 1.60217733 \cdot 10^{-16} \cdot \text{joule} \quad \text{Gy} := \frac{\text{joule}}{\text{kg}}$$

$$t_{\text{biol}} := 140 \cdot \text{day} \quad l_{\text{eff}} := \frac{\ln(2)}{t_{\text{biol}}} \quad l_{\text{eff}} = 5.73 \cdot 10^{-8} \cdot \text{sec}^{-1} \quad t_{\text{medel}} := \frac{1}{l_{\text{eff}}}$$

$$E_{\text{tot}} := (25 + 14) \cdot \text{keV} \quad m_{\text{thyr}} := 50 \cdot \text{gm} \quad R_0 := 1000 \cdot Bq$$

$$D := \frac{E_{\text{tot}} \cdot R_0 \cdot t_{\text{medel}}}{m_{\text{thyr}}} \quad D = 2.181 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Gy}$$

14. Ett prov på nedfallet från Chernobyl 1986 mättes 30 april 1986 med början kl 0700 med en HPGe-detektor. Därvid fanns att provet innehöll 6.6 kBq av ^{131}I ($t_{1/2}$ 8.02 d) och 0.50 kBq ^{133}I ($t_{1/2}$ 20.8 h) vid mätningens början. Om kedjeutbytena för A=131 och A=133 antages vara 2.9% och 6.7%, samt det kan antagas att reaktorn varit i flera månader, när skedde haveriet? (10p). Svar:

$$t_{h131} := 8.02 \cdot \text{day} \quad l_{131} := \frac{\ln(2)}{t_{h131}} \quad R_{131} := 6600 \cdot \text{Bq} \quad y_{131} := 2.9\%$$

$$t_{h133} := 20.8 \cdot \text{hr} \quad l_{133} := \frac{\ln(2)}{t_{h133}} \quad R_{133} := 500 \cdot \text{Bq} \quad y_{133} := 6.7\%$$

$$R_{o131} = f \cdot s \cdot n \cdot N \cdot U \cdot y_{131}$$

$$R_{o133} = f \cdot s \cdot n \cdot N \cdot U \cdot y_{133}$$

$$\frac{R_{o131} \cdot \exp(-l_{131} \cdot \text{tid})}{R_{o133} \cdot \exp(-l_{133} \cdot \text{tid})} = \frac{R_{131}}{R_{133}}$$

$$\frac{y_{131} \cdot \exp(-l_{131} \cdot \text{tid})}{y_{133} \cdot \exp(-l_{133} \cdot \text{tid})} = \frac{R_{131}}{R_{133}}$$

$$F(\text{tid}) := y_{131} \cdot \exp(-l_{131} \cdot \text{tid}) \cdot R_{133} - y_{133} \cdot \exp(-l_{133} \cdot \text{tid}) \cdot R_{131}$$

$$\text{tid} := 1 \cdot \text{day} \quad \text{root}(F(\text{tid}), \text{tid}) = 4.791 \cdot \text{day}$$

Haveriet skedde således 4.791 dygn tidigare = 4 dygn, 18 timmar och 59 minuter tidigare. Eftersom tiden räknas från mätningen 30 april kl 0700 hände olyckan den 25 april kl 12 (vi försummar 1.44 minuter).

15. En kärnkemist planerar att flytta en ^{241}Am -källa på 100 GBq avsedd för röntgenfluorescensmätningar från en strålskärmad behållare till avsedd plats i mätdonet. Han tänker använda en lång tång. Flera prov med ett annat föremål har visat att operationen tar 60 s. Vilken är den längd mellan tångens gripklo och dess handtag som behövs för att hans hand skall få en dos på 0.05 mSv? Källan är så utformad att α -strålningen stoppas av ytterhöljet. Försumma verkan av luften mellan Am-källan och handen. ^{241}Am utsänder 60 keV γ -strålning i 36% av alla sönderfall. (10p). Svar:

$$D = R \cdot k \cdot n \cdot \frac{1}{r^2} \cdot t \quad \text{ekv. (7.9) med } B=1 \text{ och } \exp(-\mu \cdot x)=1 \text{ samt multiplicerad med tiden}$$

$$R := 100 \cdot 10^9 \cdot \text{Bq} \quad k := 2.2 \cdot 10^{-18} \cdot \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{sec}^{-1} \quad n := 36\% \quad t := 60 \cdot \text{sec}$$

För 60 keV γ -strålning kan vi antaga att omräkningsfaktorn mellan Gy och Sv är 1 $\text{Sv} := 1 \cdot \text{Gy}$

$$D := 0.05 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\text{Sv}}{1} \quad r := \sqrt{\frac{R \cdot k \cdot n \cdot t}{D}} \quad r = 0.308 \cdot \text{m}$$

