

Lösningar till: Tentamen i Tillämpad Kärnkemi den 23 maj 1990

1. Beskriv en dynamisk metod för isotopseparation med teknisk betydelse. (max 5p). Svar: Vanligen väljer man mellan gasdiffusion och gascentrifugering för anrikning av uran eller GS-metoden för framställning av D₂O. Samtliga finns beskrivna i boken, se §§ 2.8.4, 2.8.6 eller 2.8.2.

2. Mass spektrometri på bly som isolerats från ett prov på uraninit visade förekomst av ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb och ²⁰⁷Pb i förhållandet 1.00:914.7:92.6. Beräkna åldern på uraniniten. (max 5p). Lösning:

$$N_{o206} := \frac{24.1}{1.4} \quad \text{och} \quad N_{o207} := \frac{22.1}{1.4}$$

För blyet i uraniniten gäller att:

$$N_{s206} := 914.7 \quad \text{och} \quad N_{s207} := 92.6$$

Mängderna av radiogena blyisotoper kan då beräknas enligt följande:

$$N_{r206} := N_{s206} - N_{o206} \quad N_{r206} = 897.486$$

$$N_{r207} := N_{s207} - N_{o207} \quad N_{r207} = 76.814$$

Men detta ²⁰⁶Pb härstammar från sönderfall av ²³⁸U och ²⁰⁷Pb från sönderfall av ²³⁵U i uraniniten. Vi kan då beräkna de mängder uran som sönderfallit:

$$N_{oU238} - N_{U238} = N_{r206} \quad N_{oU235} - N_{U235} = N_{r207}$$

Vi vet att nuvarande isotopandelar i naturligt uran är 0.72% ²³⁵U, 0.0054% ²³⁴U och 99.2745% ²³⁸U. Detta leder då till att uraninitens uranhalt, C_U, ger:

$$\lambda_{235} := \frac{\ln(2)}{7.04 \cdot 10^8 \cdot \text{yr}} \quad N_{U235} = 0.72\% \cdot C_U \quad \lambda_{238} := \frac{\ln(2)}{4.468 \cdot 10^9 \cdot \text{yr}} \quad N_{U238} = 99.2745\% \cdot C_U$$

$$N_{oU235} = N_{U235} \cdot \exp(\lambda_{235} \cdot \text{Age}) \quad N_{oU238} = N_{U238} \cdot \exp(\lambda_{238} \cdot \text{Age})$$

$$N_{oU235} - N_{U235} = N_{r207} \quad N_{oU238} - N_{U238} = N_{r206}$$

$$N_{U235} \cdot (\exp(\lambda_{235} \cdot \text{Age}) - 1) = N_{r207} \quad N_{U238} \cdot (\exp(\lambda_{238} \cdot \text{Age}) - 1) = N_{r206}$$

$$.72\% \cdot C_U \cdot (\exp(\lambda_{235} \cdot \text{Age}) - 1) = N_{r207} \quad 99.2745\% \cdot C_U \cdot (\exp(\lambda_{238} \cdot \text{Age}) - 1) = N_{r206}$$

$$\frac{N_{r207} \cdot (99.2745)}{N_{r206} \cdot (.72)} = 11.801$$

$$\frac{(\exp(\lambda_{235} \cdot \text{Age}) - 1)}{(\exp(\lambda_{238} \cdot \text{Age}) - 1)} = \frac{N_{r207} \cdot (99.2745\% \cdot C_U)}{N_{r206} \cdot (.72\% \cdot C_U)} = \frac{N_{r207} \cdot (99.2745)}{N_{r206} \cdot (.72)} = 11.801$$

$$F(\text{Tid}) := \frac{\left[\exp\left[\left(\lambda_{235} \cdot 10^9\right) \cdot \text{Tid} \cdot \text{yr}\right] - 1 \right]}{\left[\exp\left[\left(\lambda_{238} \cdot 10^9\right) \cdot \text{Tid} \cdot \text{yr}\right] - 1 \right]} - 11.801$$

Vi bestämmer åldern ur nollstället för denna funktion.

$$tt := 10$$

Gissning för start av iterativ lösning.

$$\text{root}(F(tt), tt) = 1.33$$

Svar: $1.33 \cdot 10^9$ år (jordens ålder är som jämförelse ca $4.25 \cdot 10^9$ år)

3. Bör en reaktor drivas som ett fördröjt kritiskt system eller ett prompt kritiskt system? Motivera svaret. (max 5p).

Svar: Som ett fördröjt kritiskt system för att reaktorperioden skall bli så lång att effektreglering blir enkel.

4. Ange vilka åtgärder som man kan vidtaga för att skydda sig mot oönskad kriticitet vid kemiskt arbete med klyvbart material? (max 5p). Svar: i) Begränsa mängden klyvbart material i lokalen, ii) Begränsa mängden modererande material, iii) Begränsa halten till ett högsta värde, iv) Arbeta i en säker geometri, v) Tillföra n-absorberande ämnen t ex Gd eller B.

5. Vilka reningskretsar för vatten och avgaser finns på en kokvattenreaktor? Var är de inkopplade? (max 5p).

Svar: Se läroboken §§ 20.4.1 och 20.4.2, samt utdelade blad.

6. Hur varierar det mest stabila oxidationstalet inom aktinidserien? (max 5p): Svar: Se tabell 16.1, sid 427 i läroboken där mest stabila oxidationstal är givet med fet stil.

7. Hur ser flödeschemat ut för den vanligaste versionen av PUREX-processen? (max 5p). Svar: Se utdelat blad.

8. Beskriv kortfattat de tre metoder som är kandidater för slutlagring av utbränt kärnbränsle från svenska kärnkraftverk? (max 5p). Svar: Se utdelade kopior på OH-blad från SKB.