

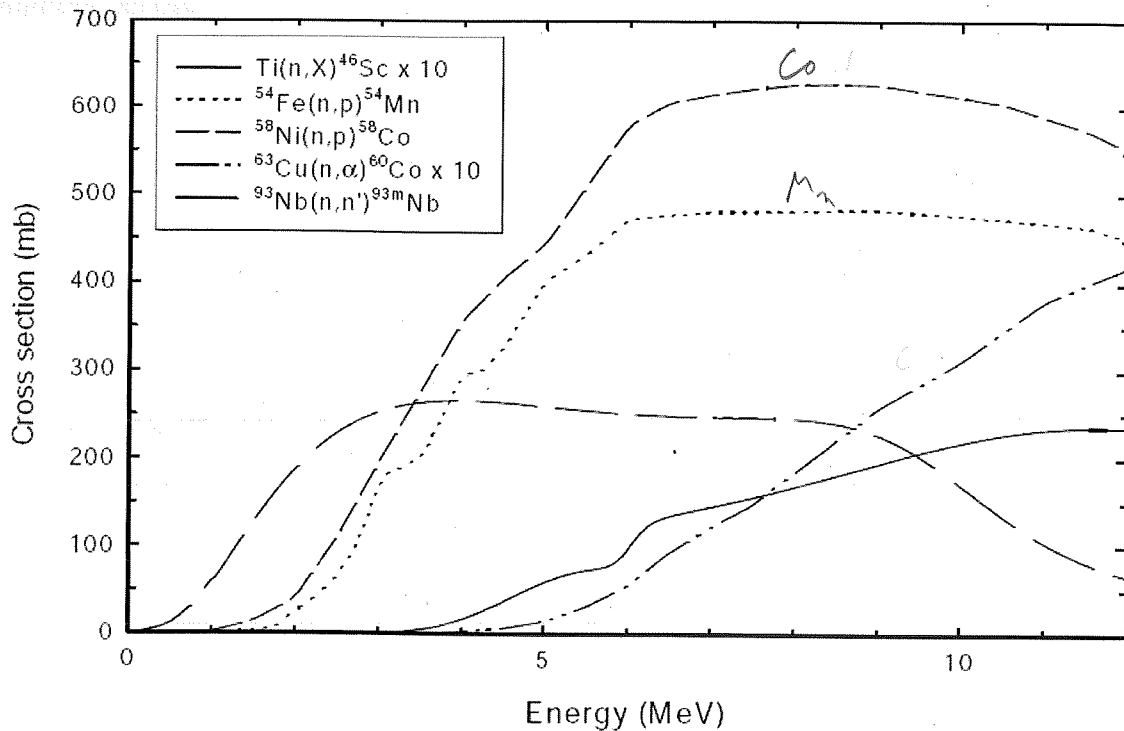
Tfy-56.130 Ydinenergiatekniikan jatko-opintojakso  
2. välikoe 12.12.2007

Kirjoita jokaisen vastauspaperin ylälaitaan

- kurssin numero ja nimi
- 2. välikoe 12.12.2007
- nimesi ja opintokirjannumerosi

Kokeessa saa käyttää apuna kirjaa Duderstadt & Hamilton: Nuclear Reactor Analysis. Luentomonisteita ei saa käyttää.

1. (a) Mitkä ovat 4. sukupolven ydinreaktorien kehityksen päätavoitteet? Miten niihin voidaan päästä? *- turvallisuus  
- turvallisuus  
kestävä kehitys  
minen*
- (b) Esittele lyhyesti kaksi 4. sukupolven reaktorityyppiä. *- Suljetta reaktori*
2. Valitse oikea vaihtoehto
- (a) YVL-ohjeen mukaan vakavassa reaktorionnettomuudessa ulkoilmaan vapautuvan  $^{137}\text{Cs}$ -päästön ( $T_{1/2} = 30$  a) raja on A) 31 kg B) 200 mSv C) 200 manSv D) 100 TBq.
- (b) Edellisen kohdan päästö vastaa A) 31 g B) 200  $\mu\text{Sv}$  C) 200 000 manSv D) 100 MBq.
- (c) ICRP:n mukaan 200 manSv:n kollektiivisen annoksen lasketaan aiheuttavan A) 10 B) 20 C) 100 D) 200 syöpäkuolemaa.
- (d) Noin puolet suomalaisen keskimääräisestä säteilyannoksesta aiheutuu A) röntgendiagnostiikasta B) ydinvoiman tuotannosta C) Tšernobyl-laskeumasta D) huoneilman radonista.
- (e) Radioaktiivisen päästön aiheuttamaa riskiä arvioi A) tason 1 PSA B) tason 2 PSA C) tason 3 PSA D) tason 4 PSA.
- (f) Käytettyä polttoainetta loppusijoitetaan Suomessa vuosina A) 2013–2070 B) 2020–2070 C) 2020–2125 D) 2070–2125.
- (g) Loviisan voimalassa syntyvä korkea-aktiivinen jäte A) loppusijoitetaan Loviisaan B) loppusijoitetaan Olkiluotoon C) viedään Venäjälle D) ei ole päätetty.
- (h) Eräs laajassa käytössä oleva perusydinreaktorityyppi on nimeltään A) ENDF/B B) CASMO C) LOCA D) MELCOR.
3. Materiaalinäyteketjua säteilytetään Loviisassa 330 vuorokautta. Nopeiden neutroneiden annokset mitataan aktivoimalla rautaa (reaktio  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ ,  $T_{1/2} = 312\text{d}$ ) ja nikkeliä (reaktio  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ,  $T_{1/2} = 71\text{d}$ ). Ketju on 250 cm pitkä ja kattaa koko aktiivisen sydämen korkeuden. Mitatuista ominaisaktiivisuuksista saadaan aktiivisuudet kohtioatomia kohti reaktorin sammutushetkellä. Aktiivisuussuhde  $^{54}\text{Mn}/^{58}\text{Co}$  on 0,50 ketjun yläpäässä ja 0,62 keskellä. Vastaa alla oleviin kysymyksiin kuvaa 1 apuna käyttäen.



Kuva 1: Eräiden yleisesti käytettyjen kynnysreaktioiden energiariippuvia vaikutusaloja [Serén & Valo, YK4-materiaali].

- Miksi aktiivisuuksien suhde on pienempi ketjun yläpäässä kuin keskellä?
  - Miksi  $^{58}Co$ -aktiivisuus on suurempi kuin  $^{54}Mn$ -aktiivisuus (kaksi syytä)?
  - Voidaanko vain näiden kahden reaktion avulla tehdä johtopäätöksiä neutronispektristä?
4. Vesi virtaa pyöreässä putkessa, jonka pituus on 3 m ja sisähalkaisija 1 cm. Systeemin paine on 70 bar. Vesi tulee putkeen keskimäärin 3 m/s nopeudella ja lämpötilassa 260 °C ( $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ ). Seinämän lämpövuojakauma on kosinimuotoinen (ei ekstrapolaatiopituuksia) ja sen huippuarvo on 200 W/cm<sup>2</sup>. Olettaen termodynaaminen tasapaino jokaisessa aksiaalisessa kohdassa (eli jättäen alijäähtynyt kiehun huomiotta), määrää
- aksiaalinen jäähtytteen lämpötilajakauma
  - aksiaalinen hörypitoisuusjakauma
  - aksiaalinen aukko-osuusjakauma olettaen liikusuhde vakioksi (=2).
5. Voimakkaasti väkevöityä  $^{235}U$ -polttoainetta ja palavaa myrkyä sisältävän reaktorin pitää toimia siten, että reaktiivisuus ei koskaan laske alle  $\rho_1$ :n eikä nouse yli  $\rho_2$ :n. Muodosta homogeenista mallia käyttäen lauseke myrkytysuhteelle toiminnan alussa ja sydämen elinikää  $t_1$  vastaavalle neutronivuolaudelle.

Huom! Muistakaa antaa kurssipalautetta ja palauttaa lainaamanne Duderstadt-Hamiltonit, jos/kun ette tarvitse niitä enää tämän kurssin puitteissa.

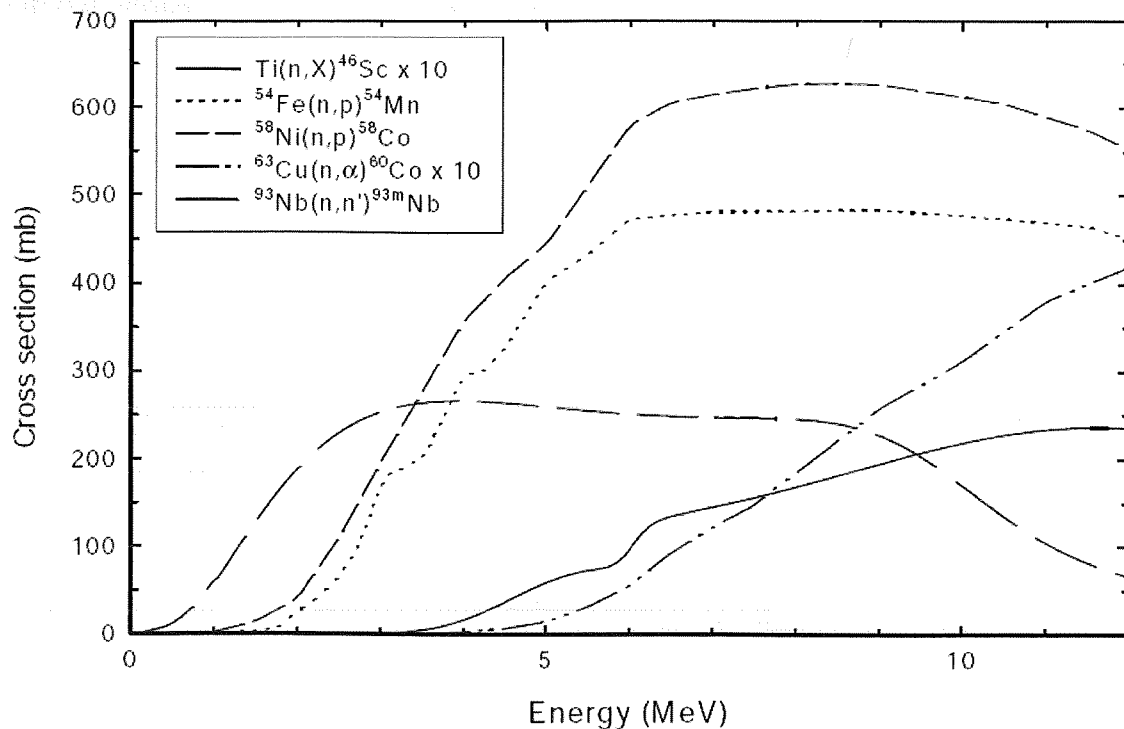
**Tfy-56.130 Nuclear energy engineering, advanced course**  
2nd mid-term exam 12 December, 2007

Write on top of every answer sheet

- code and name of the course
- 2nd mid-term exam 12 December, 2007
- your name and student number

You are allowed to use the book Duderstadt & Hamilton: Nuclear Reactor Analysis. Lecture notes are not allowed.

1. (a) What are the main goals of the development of Gen IV nuclear reactors? How can they be achieved?  
(b) Introduce briefly two Gen IV reactor types.
2. Choose the right alternative
  - (a) According to the YVL guide, the atmospheric release of  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 30$  a) in a severe reactor accident shall not exceed A) 31 kg B) 200 mSv C) 200 manSv D) 100 TBq.
  - (b) The above-mentioned release corresponds to A) 31 g B) 200  $\mu\text{Sv}$  C) 200 000 manSv D) 100 MBq.
  - (c) According to ICRP, a collective dose of 200 manSv is calculated to cause A) 10 B) 20 C) 100 D) 200 cancer deaths.
  - (d) About half of the average dose obtained by a Finn is caused by A) x-ray diagnostics B) nuclear power production C) Chernobyl fallout D) indoor radon.
  - (e) The risk caused by a radioactive release is evaluated in A) level 1 PSA B) level 2 PSA C) level 3 PSA D) level 4 PSA.
  - (f) Spent fuel disposal will be carried out in Finland during A) 2013–2070 B) 2020–2070 C) 2020–2125 D) 2070–2125.
  - (g) Spent fuel from Loviisa NPP A) is disposed of in Loviisa B) is disposed of in Olkiluoto C) is transported to Russia D) not decided yet.
  - (h) A widely used basic nuclear data set is called A) ENDF/B B) CASMO C) LOCA D) MELCOR.
3. A material sample chain is irradiated in Loviisa for 330 days. The dose of fast neutrons is measured by activating iron (reaction  $^{54}\text{Fe}(n,p)^{54}\text{Mn}$ ,  $T_{1/2} = 312$  d) and nickel (reaction  $^{58}\text{Ni}(n,p)^{58}\text{Co}$ ,  $T_{1/2} = 71$  d). The chain is 250 cm long and covers the whole active height of the core. The measured specific activities yield the activity per target atom at the time of shutdown. The activity ratio  $^{54}\text{Mn}/^{58}\text{Co}$  is 0.50 at the top of the chain and 0.62 in the middle. Referring to figure (kuva) 2, answer the questions below.
  - (a) Why is the activity ratio smaller at the top than in the middle?



Kuva 2: Energy-dependent cross sections of some commonly used threshold reactions [Serén & Valo, YK4 material].

- (b) Why is the  $^{58}\text{Co}$  activity larger than  $^{54}\text{Mn}$  activity (two reasons)?
- (c) Can something be concluded about the neutron spectrum by using only these two reactions?
4. Water flows in a circular channel 3 m long by 1 cm inner diameter. The system pressure is 70 bar. The water enters the channel with average velocity 3 m/s and temperature 260 °C ( $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ ). The wall heat flux has a cosine distribution (no extrapolation length) with a peak value of 200 W/cm<sup>2</sup>. Assuming thermodynamic equilibrium at each axial position (*i.e.*, neglecting subcooled boiling), determine
- axial coolant temperature distribution
  - axial quality distribution
  - axial void fraction distribution, assuming a constant slip ratio of 2.
5. A reactor that is highly enriched in  $^{235}\text{U}$  and contains a burnable poison is required to operate under the conditions that the excess reactivity never falls below  $\rho_1$  and never rises above  $\rho_2$ . Using a homogeneous model, develop expressions for both the initial poisoning ratio and the maximum fluence for a core life  $t_l$ .

NB! Remember to give course feedback and return your Duderstadt-Hamilton if you have borrowed it and do not need it anymore for this course.