PHYS-C0360 Säteilyfysiikka ja -turvallisuus (5 op), syksy 2018 **Tuomisto, Ala-Heikkilä**

Tentti 14.12.2018

Säteilyturvallisuudesta vastaavan johtajan tutkintotodistuksen perusedellytyksenä on vastata kaikkiin kysymyksiin ja saada vähintään puolet kokonaispistemäärästä ja kustakin kysymyksestä vähintään 2 pistettä (kunkin tehtävän maksimipistemäärä on 6). Pelkän kurssin läpäisyn vaatimukset ovat lievemmät (esim. vastattujen tehtävien lukumäärä). Tehtäviä on 5.

Tehtävä 1 (6p)

Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin tai selitä lyhyesti mainittu asia.

a) Säteilylain 2§ toteaa säteilyn käytön kolme yleistä pääperiaatetta. Mitkä ne ovat ja mitä ne käytännössä tarkoittavat? (2p)
b) Mitä tarkoittavat syvyyssuuntainen puolustus, rinnakkaisuus, erilaisuus ja erottelu ydinturvallisuudessa? (2p)
c) Ohjeessa ST 1.1 on muutamia säteilyn käyttöä koskevia kieltoja. Luettele kolme esimerkkiä. (2p)

Tehtävä 2 (6p)

Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin tai selitä lyhyesti mainittu asia:

a) Määrittele efektiivinen annos. (1p)
b) Miten suuria annoksia sallitaan onnettomuustilanteissa? (1p)
c) Mikä on dosimetri? Mitä sillä tehdään? (1p)
d) Luettele viisi säteilyturvallisuudesta vastaavan johtajan keskeistä tehtävää. (1p)
e) Normaalikäytössä ydinvoimalaitokset aiheuttavat säteilyannoksia. Mistä ne aiheutuvat ja kuinka suuria annoksia laitosalueen rajalla enimmillään saisi tulla? Entä vastaava tilanne ydinjätteen loppusijoitushaudan läheisyydessä? (1p)
f) Joditablettien käyttö säteilyvaaratilanteissa. (1p)

Tehtävä 3 (6p)

Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin tai selitä lyhyesti mainittu asia:

a) Suomen lainsäädännön mukaiset säteilyannosrajat säteilytyön tekijöillä. (2p)
b) Suomalaisten keskimääräinen säteilyannos vuosittain ja mistä se koostuu? (2p)
c) Toimenpiteet poikkeavan tapahtuman tai säteilyonnettomuuden yhteydessä. (2p).

Tehtävä 4 (6p)

Haluat suunnitella suojauksen fuusioneutroneille (nopeita 14 MeV:n neutroneita). Pyrit tekemään siitä mahdollisimman ohuen. Selosta ja perustele suojauksen rakenne, tarvittavat materiaalit ja niiden paksuudet.

Tehtävä 5 (6p)

Q aikoo valmistaa James Bondille 10 MBq:n ^{210}Bi-lähteen (puoliintumisaika 5,01 d) aktivoimalla 1 g puhdasta ^{209}Bi:a ydinreaktorissa. Kuinka kauan vismuttia on säteilyttävä $1{,}5 \times 10^{11}$ cm^{-2}s^{-1} neutronivuossa, kun sen efektiivinen aktivoitumisvaikutusala on 24 mb. Perustele laskusi (1 barn = 10^{-24} cm^2).

ERÄITÄ VAKIOITA

Avogadron luku: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ mol^{-1}
Elektronin varaus: $1,60 \cdot 10^{-19}$ C
Ilman keskimääräinen ionisaatioenergia: 33.7 eV
Ilman tiheys (NTP): 1.29 g/dm^3

	σ_t m^2	σ_f m^2	N atomia/kg	f
happi	$0,39 \cdot 10^{-27}$	$1,61 \cdot 10^{-28}$	$2,69 \cdot 10^{25}$	0,111
hiili	$0,47 \cdot 10^{-27}$	$1,30 \cdot 10^{-28}$	$6,41 \cdot 10^{24}$	0,142
vety	$2,04 \cdot 10^{-27}$	$0,68 \cdot 10^{-28}$	$5,98 \cdot 10^{25}$	0,500
typpi	$9,91 \cdot 10^{-27}$	$1,58 \cdot 10^{-28}$	$1,49 \cdot 10^{24}$	0,124
natrium	$3,32 \cdot 10^{-27}$	$1,63 \cdot 10^{-28}$	$3,93 \cdot 10^{22}$	0,080
kloori	$1,59 \cdot 10^{-27}$	$2,06 \cdot 10^{-28}$	$1,70 \cdot 10^{22}$	0,053

Taulukossa σ_t on aineen elastinen sirontavaikutusala termisille neutroneille ja σ_f 14 MeV:n neutroneille, N aineen atomien lukumäärä pehmeässä kudoksessa ja f keskimääräinen rekyyliytimelle siirtynyt osuus neutronin energiasta kun neutronin energia on suuri verrattuna ytimen energiaan.

Energia MeV	Kerroin cm^{2}g^{-1}	Energia MeV	Kerroin cm^{2}g^{-1}	Energia MeV	Kerroin cm^{2}g^{-1}
0.001	4.96	0.10	0.0252	1.0	0.0308
0.015	1.36	0.15	0.0276	1.5	0.0281
0.020	0.544	0.20	0.0297	2.0	0.0257
0.030	0.154	0.30	0.0317	3.0	0.0225
0.040	0.0677	0.40	0.0325	4.0	0.0203
0.050	0.0409	0.50	0.0327	5.0	0.0188
0.060	0.0312	0.60	0.0326	6.0	0.0178
0.080	0.0255	0.80	0.0318	8.0	0.0163
				10.0	0.0154

Taulukossa on fotonin energia-absorption massavaimennuskerroin kudokselle.

Reaktio: ^{14}N(n,p)^{14}C (neutroni on terminen),vaikutusala: 1,82 barn, massaero: 0,63 MeV
Reaktio: ^{1}H(n,γ)^{2}H (neutroni on terminen), vaikutusala: 0,332 barn, massaero: 2,23 MeV