

Tutkintotodistuksen perusedellytyksenä on vastata kaikkiin kysymyksiin ja saada vähintään puolet kokonaispistemäärästä ja kustakin kysymyksestä vähintään pistemäärä 2(6). Pelkän kurssin läpäisyn vaatimukset ovat lievemmat (esim. vastattujen tehtävien lukumäärä).

1. Selosta ydinvoiman käyttöön liittyviä käsitteitä

- (a) Miten neutronisäteilyltä suojaudutaan?
- (b) ALARA-periaate
- (c) INES-luokitus ja mainitse esimerkki
- (d) Joditablettien käyttö (miksi ja miten)
- (e) Turvallisuuskulttuuri
- (f) Ydinvoimalaitoksen tärkeimmät säteilylähteet?

2. Umpilähteiden ja röntgenlaitteiden käytöstä vastaavan säteilyasiantuntijan osaamisaluetta on mainittu ohjeessa ST 1.8. Ohje ST 5.4 koskee säteilylähteiden kauppaa. Selosta lyhyesti näitä koskevat seikat:

- (a) Toimenpiteet poikkeavan tapahtuman tai säteilyonnettomuuden yhteydessä.
- (b) Säteilylähteiden kirjanpito ja varastointi.
- (c) Säteilyn käytön vapauttaminen turvallisuusluvasta ja ilmoitusvelvollisuudet.
- (d) Luettele ja selosta lyhyesti myyjän ja luovuttajan velvollisuudet ja vastuut. Mainitse kaksi esimerkkiä milloin säteilylähteiden kauppaan liittyvissä laitteissa ei tarvita turvallisuuslupaa. (3p)

Selosta kohtien a-c pääasiat.

3. (a) Säteilyn vaikutus ihmisiin, ilmenemismuodot ja tärkeimmät vuorovaikutusmekanismit.
- (b) Paljonko on suomalaisten keskimääräinen säteilyannos vuosittain ja mitkä ovat niiden päälähteet? Montako syöpää näistä arvioit aiheutuvan.
- (c) Määrittele käsitteet efektiivinen annos ja miten se arvioidaan

4. Laske  $^{137}\text{Cs}$ :n säteilytysnopeusvakio, kun sen kermanopeusvakio on  $78.1 \frac{\text{nGym}^2}{\text{MBqh}}$ .  $^{137}\text{Cs}$  hajoaa  $\beta^-$ -hajonnalla ( $E_{\text{max}}=513 \text{ keV}$ ) ja hajoamisen yhteydessä vapautuu  $662 \text{ keV}$ :n gamma.

5. Q aikoo valmistaa James Bondille  $10.0 \text{ MBq}$ :n  $^{210}\text{Bi}$ -lähteen (puoliintumisaika  $5,01 \text{ d}$ ) aktivoimalla  $1 \text{ g}$  puhdasta  $^{209}\text{Bi}$ :a ydinreaktorissa. Kuinka kauan vismuttia on säteilytetävä  $10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  neutronivuossa, kun sen efektiivinen aktivoitumisvaikutusala on  $24 \text{ mb}$ .

KÄÄNNÄ

# ERÄITÄ VAKIOITA

Avogadron luku:  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Elektronin varaus:  $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Ilman keskimääräinen ionisaatioenergia: 33.7 eV

Ilman tiheys (NTP):  $1.29 \text{ g/cm}^3$

Reaktio:  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$  (neutroni on terminen), vaikutusala: 1,82 barn, Q arvo: 0,63 MeV

Reaktio:  $^1\text{H}(n,\gamma)^2\text{H}$  (neutroni on terminen), vaikutusala: 0,332 barn, Q arvo: 2,23 MeV

TAULUKKO Fotonin energia-absorptioon massavaimennuskerroin kudokselle.

Energia MeV	Kerroin $\text{cm}^2\text{g}^{-1}$	Energia MeV	Kerroin $\text{cm}^2\text{g}^{-1}$	Energia MeV	Kerroin $\text{cm}^2\text{g}^{-1}$
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

TAULUKKO Pehmeän kudoksen neutroniominaisuuksia.  $\sigma_t$  on aineen elastinen sirontavaikutusala termisille neutroneille ja  $\sigma_f$  14 MeV:n neutroneille,  $N$  aineen atomien lukumäärä,  $F$  aineen massaosuus ja  $f$  keskimääräinen rekylyytimelle siirtynyt osuus neutronin energiasta kun neutronin energia on suuri verrattuna ytimen liike-energiaan.

	$\sigma_t$ $\text{m}^2$	$\sigma_f$ $\text{m}^2$	$N$ atomia/kg	$F$ %	$f$
happi	$0,39 \cdot 10^{-27}$	$1,61 \cdot 10^{-28}$	$2,69 \cdot 10^{25}$	71,39	0,111
hiili	$0,47 \cdot 10^{-27}$	$1,30 \cdot 10^{-28}$	$6,41 \cdot 10^{24}$	14,89	0,142
vety	$2,04 \cdot 10^{-27}$	$0,68 \cdot 10^{-28}$	$5,98 \cdot 10^{25}$	10,00	0,500
typpi	$9,91 \cdot 10^{-27}$	$1,58 \cdot 10^{-28}$	$1,49 \cdot 10^{24}$	3,47	0,124
natrium	$3,32 \cdot 10^{-27}$	$1,63 \cdot 10^{-28}$	$3,93 \cdot 10^{22}$	0,15	0,080
kloori	$1,59 \cdot 10^{-27}$	$2,06 \cdot 10^{-28}$	$1,70 \cdot 10^{22}$	0,1	0,053