

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. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin:

- Säteilylain 2§ toteaa säteilyn käytön kolme yleisperiaatetta. Mitkä ne ovat?(1p).
- Määrittele efektiivinen annos ja mitkä tekijät sen suuruuteen vaikuttavat. (2p).
- Mitä tarkoittavat rinnakkaisuus, erilaisuus ja erottelu ydinturvallisuuden syvyys-suuntaisessa puolustuksessa (2p).
- Turvallisuuskulttuuri? (1p).

2. Selosta lyhyesti seuraavat asiat, jotka sisältyvät umpilähteiden ja röntgenlaitteiden käytöstä vastaavan säteilyasiantuntijan koulutuksen tavoitteisiin (ST1.8):

- Toimenpiteet poikkeavan tapahtuman tai säteilyonnettomuuden yhteydessä (ST1.6). (2p).
- Umpilähteiden kirjanpito ja varastointi (ST5.1). (2p).
- Säteilyn käytöstä vastaavan johtajan keskeiset tehtävät (ST1.4). Mainitse kuusi esimerkkiä. (2p).

3. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin:

- Suomen lainsäädännön mukaiset säteilyannosrajat säteilytyön tekijöillä. (2p).
- Suomalaisten keskimääräinen säteilyannos vuosittain ja mistä se koostuu? (2p).
- Teollisuuden radioaktiivisten lähteiden käytössä ilmenneitä poikkeavia tapahtumia. (2p).

4. Reuman hoitoon käytettävää dysprosium-165 isotooppia on joutunut pieni pisara hoitajan iholle. Pisanan aktiivisuus on 5 kBq ja ^{165}Dy hajoaa β^- hajonnalla ($E_{max} = 1,29 \text{ MeV}$) 2,33 tunnin puoliintumisajalla. Laske ekvivalenttiannoksen kertymä. Monoenergeettisen elektronin kantama voidaan laskea kaavasta $R = 0,412E^{1,254-0,0954 \ln E}$, $[R]=\text{g}/\text{cm}^2$, $[E]=\text{MeV}$. Perustele laskusi.

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

ERÄITÄ VAKIOITA

Avogadron luku: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, Elektronin varaus: $1,60 \cdot 10^{-19}$, Ilman keskimääräinen ionisaatioenergia: 33.7 eV, Ilman tiheys (NTP): $1,28 \text{ kg/m}^3$, $1,0 \text{ barn} = 1,0 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$.

	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 rekylyytimelle siirtynyt osuus neutronin energiasta kun neutronin energia on suuri verrattuna ytimen energiaan.

Energia MeV	Kerroin cm^2g^{-1}	Energia MeV	Kerroin cm^2g^{-1}	Energia MeV	Kerroin cm^2g^{-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: $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$ (neutroni on terminen), vaikutusala: 1,82 barn, massaero: 0,63 MeV

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