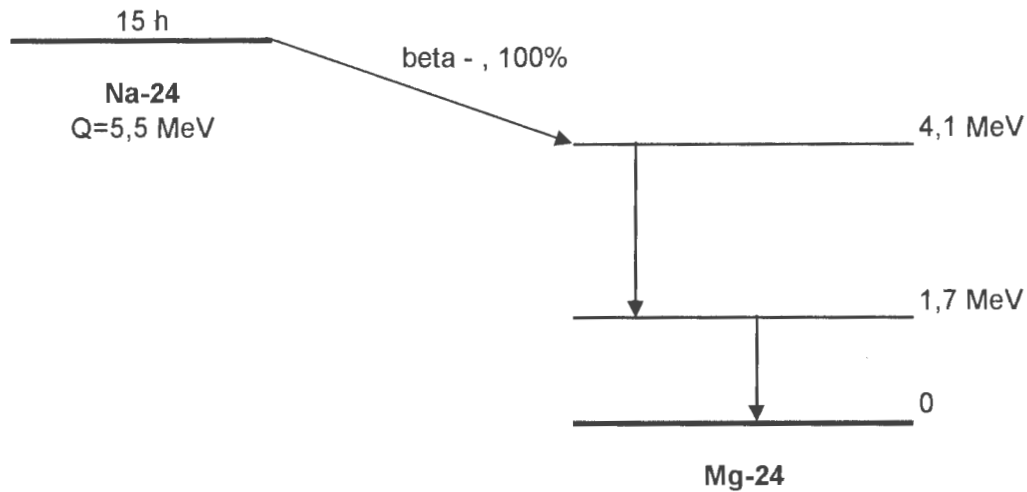


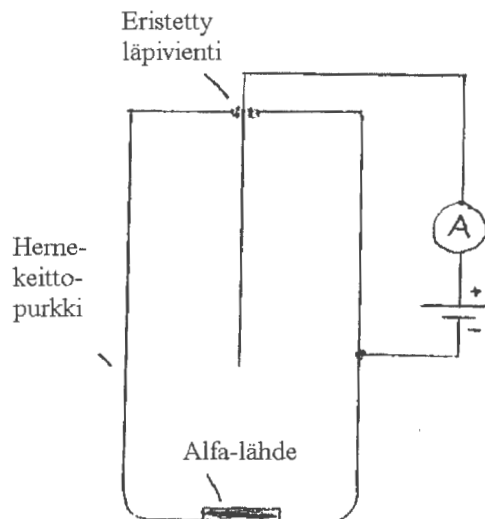
Tutkintotodistuksen perusedellytyksenä on vastata kaikkiin kysymyksiin ja saada vähintään puolet kokonaispistemäärästä ja kustakin kysymyksestä vähintään pistemäärä 2(6). Pelkän kurssin läpäisyn vaatimukset ovat lievemmat (esim. vastattujen tehtävien lukumäärä).

1. Talvivaaran kaivosonnettomuuden jätevesissä havaitut uraanipitoisuudet ovat STU-Ken mittausten mukaan suuruusluokkaa 1 Bq/l ts. 40  $\mu\text{g/l}$  - kipsisakka-altaassa jopa 100-200 Bq/l. Toimenpideraja on 3Bq/l. a) Mihin toimenpideraja perustuu? b) Miksi uraani on terveyshaitta? c) Vertaa uraanin aiheuttamaa annosta radonista syntyvään keskimääräiseen säteilyannokseen ja Rn:n vastaavaan suositeltavaan maksimipitoisuuteen juomavedessä. Huom. Säteilyominaisuuksiltaan uraani-isotoopit  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ , ja ovat melko saman kaltaiset.  $^{238}\text{U}$ :n annosmuunnoskerroin aikuiselle on noin  $4,5 \times 10^{-8}$  Sv/Bq)?
2. Umpilähteiden ja röntgenlaitteiden käytöstä vastaavan säteilyasiantuntijan osaamisalueita on mainittu ohjeessa ST 1.4. Ohje ST 5.4 koskee säteilylähteiden kauppaa. Selosta lyhyesti näitä koskevat seikat:
  - (a) Mainitse vähintään viisi vastaavan johtajan keskeistä tehtävää.
  - (b) Määrittele "toiminnan harjoittaja" ja "säteilyasiantuntija".
  - (c) Luettele ja selosta lyhyesti myyjän ja luovuttajan velvollisuudet ja vastuut. Mainitse kaksi esimerkkiä milloin säteilylähteiden kauppaan liittyvissä laitteissa ei tarvita turvallisuuss lupaa.
3. Selosta lyhyesti kohtien a-c pääasiat.
  - (a) Säteilyn käyttöä liittyvät ohjeet ja määräykset raskausaikana. Säteilytyön että säteilyn lääketieteellisen käytön perusteet raskausaikana.
  - (b) Miten säteily vaikuttaa eliöihin.
  - (c) Mitkä ovat Suomen lainsäädännön mukaiset tavanomaiset säteilyannosrajat sekä säteilytyön tekijöillä että muulla väestöllä.

4. Erittäin pitkä ohut suora teräsputki, jonka seinämän paksuus on 1 mm, kuljettaa radioaktiivista jäähdytysvettä. Laske efektiivisen annoksen kertymä työntekijälle, joka työskentelee yhden kokonaisen työvuoden 3 metrin päässä putkesta, kun  $^{24}\text{Na}$ -aktiivisuus putken vedessä on  $200 \text{ MBq/m}$ .  $^{24}\text{Na}$ :n hajoamiskaavio on alla. Perustelee tekemäsi oletukset. Onko jatkuva työ tuossa paikassa sallittu?



5. Johnny päättää tehdä uuden labratyön, jossa hernekeittopurkista ja herkstä virtamittarista rakennetaan kuvan mukainen  $\alpha$ -säteilymittari. Hän saa mittarin toimimaan ja mittaa sillä metallilevyllä höyrystetyn  $^{241}\text{Am}$ -lähteen, jonka alfojen keskimääräinen energia on  $5,37 \text{ MeV}$ . Mittari näyttää  $1,5 \mu\text{A}$ . Mikä on lähteen aktiivisuus? Onko mitaus turvallinen?



## 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):  $1.29 \text{ g/cm}^3$

	$\sigma_t$ m <sup>2</sup>	$\sigma_f$ m <sup>2</sup>	$N$ 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  $\sigma_t$  on aineen elastinen sirontavaikutusalala termisille neutroneille ja  $\sigma_f$  14 MeV:n neutroneille,  $N$  aineen atomien lukumäärä pehmeässä kudoksessa ja  $f$  keskimääräinen rekylytimelle siirtynyt osuus neutronin energiasta kun neutronin energia on suuri verrattuna ytimen energiaan.

Energia MeV	Kerroin cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	Energia MeV	Kerroin cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>	Energia MeV	Kerroin cm <sup>2</sup> g <sup>-1</sup>
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-absorptio massavaimennuskerroin kudokselle.

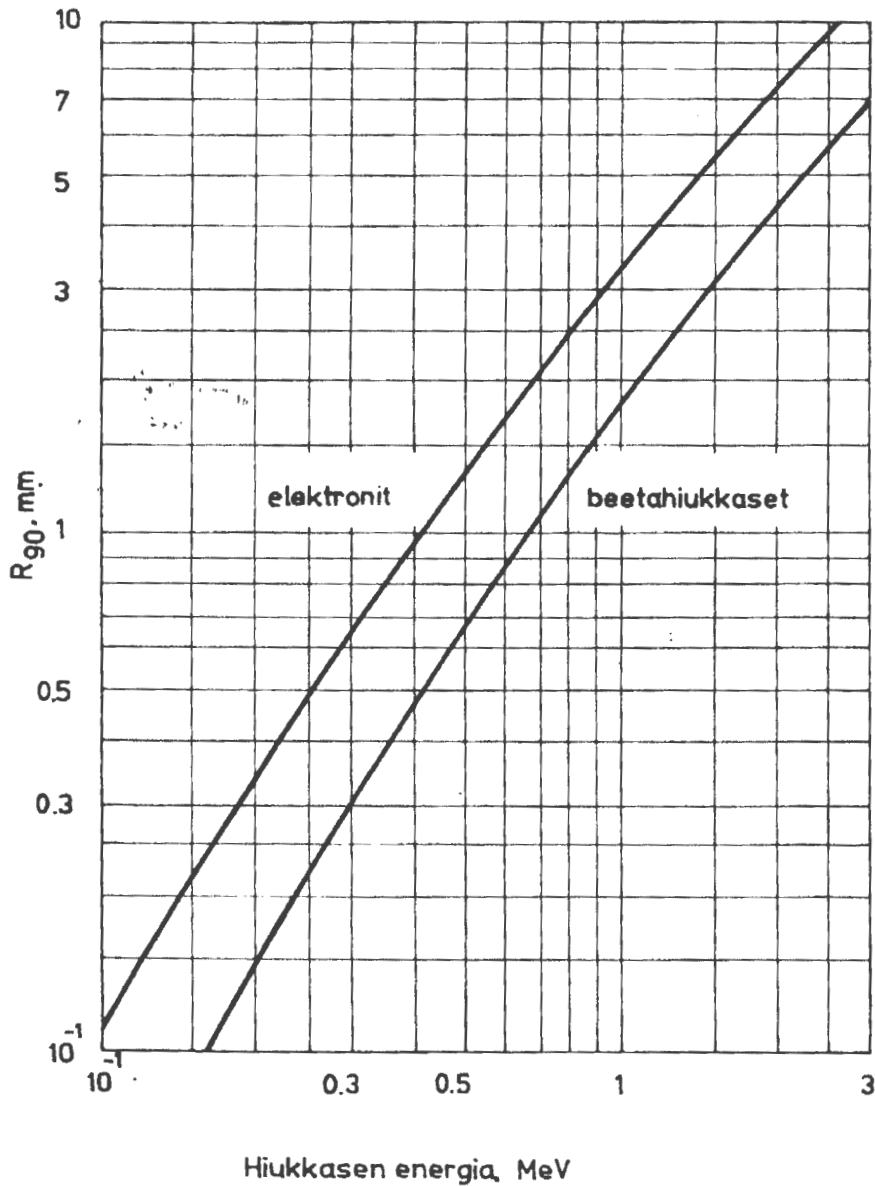
Reaktio:  $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$  (neutroni on terminen), vaikutusala: 1,82 barn, massaero: 0,63 MeV

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

Elektronin kantama ilmaistaan usein pinta-alamassayksikoissa. Kokeellisiin tuloksiin sovittamalla on saatu kantaman ( $\text{g cm}^{-2}$ ) lausekkeet

$$R_e = \begin{cases} 0.412E^{1.254} - 0.0954 \ln E, & \text{kun } 0.01 \leq E \leq 2.5 \text{ MeV} \\ 0.53E - 0.106, & \text{kun } E > 2.5 \text{ MeV ja } R_e > 1.2 \text{ g cm}^{-2}. \end{cases} \quad (3.39)$$

Tässä beetasäteilyn maksimienergiaa on merkitty E:llä (MeV).



KUVA 3.7  $R_{90}$  vedessä monoenergisille elektroneille, joiden energia on  $E_{\max}$  ja beetasäteilylle, jonka maksimienergia on  $E_{\max}$ .  $R_{90}$  on pistelähdettä ympäröivän pallon säde, jonka sisälle 90 % lähteen säteilyenergiaa absorboituu. ICRUn raportti 32.