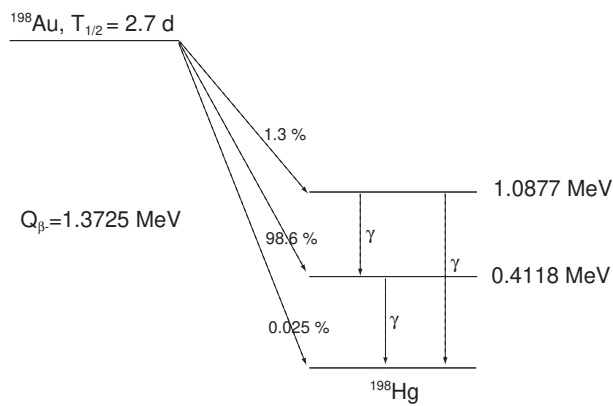
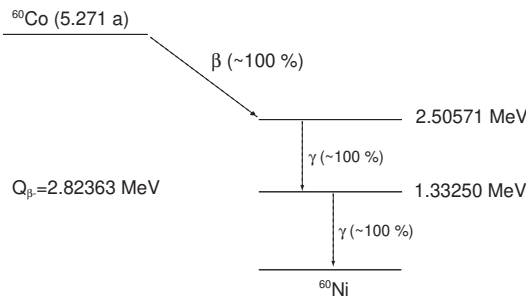


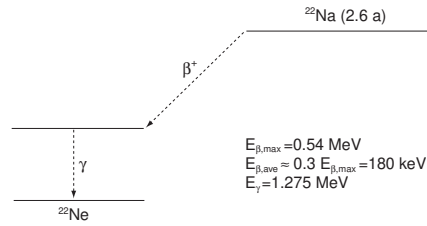
1. γ -säteilyltä suojautuminen.
2. Laske ^{198}Au -pistelähteen (β - ja γ -säteilijä) aiheuttama annosnopeus 10 cm:n etäisyydellä ilmassa. Lähteen aktiivisuus on $A = 40 \text{ kBq}$, keskimääräinen ionisaatioenergia ilmassa on $33,7 \text{ eV}$, ilman tiheys on $\rho_{\text{air}} = 1,29 \text{ mg/cm}^3$. ^{198}Au :n kermanopeusvakio on $5,44 \times 10^{-8} \frac{\text{Gym}^2}{\text{MBqh}}$. Kullan hajoamiskaavio on alla.



3. Laske annosnopeus 2 metrin etäisyydellä ympyränmuotoisesta ^{60}Co -levylähteestä ($R = 1 \text{ m}$), jonka pinta-aktiivisuus on $A_S = 100 \text{ kBq/m}^2$. ^{60}Co :n ilmakermanopeusvakio on $\Gamma_\delta = 308 \cdot 10^{-9} \frac{\text{Gym}^2}{\text{MBqh}}$.



4. 5 MBq $^{22}\text{NaCl}$ -liuosta joutuu standardi-ihmisen elimistöön. Hän painaa 70 kg, massasta 60 % on vettä, kudoksen suolakonsentraatio on 0,9 % ja päivittäinen suolan käyttö on 20 g.
 - (a) Laske kuinka suuri säteilyannos ^{22}Na :n saannista aiheutuu?
 - (b) Kuinka suuri osa säteilyrasituksesta voidaan välttää lisäämällä suolan kulutusta 30 g/d (eli käytetäänkin 50 g/d)?
 - (c) Vertaa (a)-kohdan tulosta annosmuuntokertoimella saatavaan arvoon.



5. Säteilytyöntekijät altistuvat työpaikalla hengityksen kautta kolmelle radionuklidille (^{22}Na , ^{24}Na , ^{32}P), joiden annosmuuntokertoimet $h(g)$ on määritelty VN-asetuksen 1034/2018 Liitteessä 3 (alunperin ST-ohje 7.3:ssa).

Vuonna 2019 arvioidaan vuosisaantien olevan poikkeuksellisen suuret eli vastaavasti 2 MBq, 18 MBq sekä 5 MBq. Onko tilanne säteilylainsäädännön kannalta hyväksyttävä? Olisiko tilanne ollut hyväksyttävä vuonna 2017?

<https://www.stuklex.fi/>

LIITE IV

Energia-absorption massakerroin μ_{en}/ρ , cm^2g^{-1} .

Fotonin energia, MeV	Vesi	Ilma	Luu	Lihas
0.010	4.84	4.65	19.0	4.96
0.015	1.34	1.30	5.89	1.36
0.020	0.536	0.527	2.51	0.544
0.030	0.152	0.150	0.743	0.154
0.040	0.0680	0.0671	0.305	0.0677
0.050	0.0415	0.0404	0.158	0.0409
0.060	0.0315	0.0301	0.0979	0.0312
0.080	0.0258	0.0239	0.0520	0.0255
0.10	0.0254	0.0232	0.0386	0.0252
0.15	0.0276	0.0249	0.0304	0.0276
0.20	0.0297	0.0267	0.0302	0.0297
0.30	0.0319	0.0287	0.0311	0.0317
0.40	0.0328	0.0295	0.0316	0.0325
0.50	0.0330	0.0297	0.0316	0.0327
0.60	0.0328	0.0295	0.0315	0.0326
0.80	0.0321	0.0288	0.0306	0.0318
1.0	0.0310	0.0279	0.0297	0.0308
1.5	0.0283	0.0255	0.0270	0.0281
2.0	0.0260	0.0234	0.0248	0.0257
3.0	0.0228	0.0206	0.0219	0.0225
4.0	0.0206	0.0187	0.0199	0.0203
5.0	0.0192	0.0174	0.0186	0.0188
6.0	0.0181	0.0165	0.0178	0.0178
8.0	0.0166	0.0152	0.0165	0.0163
10.0	0.0157	0.0145	0.0159	0.0154

Hubbell, J. Radiation Research 1977; 70: 58-81 (vesi, ilma).

National Bureau of Standards 1964. Handbook No. 85 (luu, lihas).

TAULUKKO C1

Suun tai hengityksen kautta kehoon joutuneiden radionuklidien annosmuuntokertoimien $h(g)$ arvot säteilyöntekijöille.

Nuklidi	Fysikaalinen puoliintumisaika	Hengityksen kautta				Suun kautta	
		Kauhko- absorptio- luokka	f_I	$h(g)_{1\mu m}$	$h(g)_{5\mu m}$	f_I	$h(g)$
Vety							
Tritioitu vesi	12,3 a		Ks. taulukko C 2			1,000	$1,8 \cdot 10^{-11}$
OBT ¹⁾	12,3 a		Ks. taulukko C 2			1,000	$4,2 \cdot 10^{-11}$
Beryllium							
Be-7	53,3 d	M ²⁾	0,005	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$4,3 \cdot 10^{-11}$	0,005	$2,8 \cdot 10^{-11}$
		S ³⁾	0,005	$5,2 \cdot 10^{-11}$	$4,6 \cdot 10^{-11}$		
Be-10	$1,60 \cdot 10^6$ a	M	0,005	$9,1 \cdot 10^{-9}$	$6,7 \cdot 10^{-9}$	0,005	$1,1 \cdot 10^{-9}$
		S	0,005	$3,2 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$		
Hilli							
C-11	0,340 h		Ks. taulukko C 2			1,000	$2,4 \cdot 10^{-11}$
C-14	$5,73 \cdot 10^3$ a		Ks. taulukko C 2			1,000	$5,8 \cdot 10^{-10}$
Fluori							
F-18	1,83 h	F ⁴⁾	1,000	$3,0 \cdot 10^{-11}$	$5,4 \cdot 10^{-11}$	1,000	$4,9 \cdot 10^{-11}$
		M	1,000	$5,7 \cdot 10^{-11}$	$8,9 \cdot 10^{-11}$		
		S	1,000	$6,0 \cdot 10^{-11}$	$9,3 \cdot 10^{-11}$		
Natrium							
Na-22	2,60 a	F	1,000	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	1,000	$3,2 \cdot 10^{-9}$
Na-24	15,0 h	F	1,000	$2,9 \cdot 10^{-10}$	$5,3 \cdot 10^{-10}$	1,000	$4,3 \cdot 10^{-10}$
Magnesium							
Mg-28	20,9 h	F	0,500	$6,4 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	0,500	$2,2 \cdot 10^{-9}$
		M	0,500	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$1,7 \cdot 10^{-9}$		
Alumiini							
Al-26	$7,16 \cdot 10^5$ a	F	0,010	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-8}$	0,010	$3,5 \cdot 10^{-9}$
		M	0,010	$1,8 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$		
Pii							
Si-31	2,62 h	F	0,010	$2,9 \cdot 10^{-11}$	$5,1 \cdot 10^{-11}$	0,010	$1,6 \cdot 10^{-10}$
		M	0,010	$7,5 \cdot 10^{-11}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$		
		S	0,010	$8,0 \cdot 10^{-11}$	$1,1 \cdot 10^{-10}$		
Si-32	$4,50 \cdot 10^2$ a	F	0,010	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$3,7 \cdot 10^{-9}$	0,010	$5,6 \cdot 10^{-10}$
		M	0,010	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$9,6 \cdot 10^{-9}$		
		S	0,010	$1,1 \cdot 10^{-7}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$		
Fosfori							
P-32	14,3 d	F	0,800	$8,0 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	0,800	$2,4 \cdot 10^{-9}$
		M	0,800	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$		
P-33	25,4 d	F	0,800	$9,6 \cdot 10^{-11}$	$1,4 \cdot 10^{-10}$	0,800	$2,4 \cdot 10^{-10}$
		M	0,800	$1,4 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$		
Rikki							
S-35 (epäorgaaninen)	87,4 d	F	0,800	$5,3 \cdot 10^{-11}$	$8,0 \cdot 10^{-10}$	0,800	$1,4 \cdot 10^{-10}$
		M	0,800	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$	0,100	$1,9 \cdot 10^{-10}$
S-35 (orgaaninen)	87,4 d		Ks. taulukko C 2			1,000	$7,7 \cdot 10^{-10}$
Kloori							
Cl-36	$3,01 \cdot 10^5$ a	F	1,000	$3,4 \cdot 10^{-10}$	$4,9 \cdot 10^{-10}$	1,000	$9,3 \cdot 10^{-10}$
		M	1,000	$6,9 \cdot 10^{-9}$	$5,1 \cdot 10^{-9}$		
Cl-38	0,620 h	F	1,000	$2,7 \cdot 10^{-11}$	$4,6 \cdot 10^{-11}$	1,000	$1,2 \cdot 10^{-10}$
		M	1,000	$4,7 \cdot 10^{-11}$	$7,3 \cdot 10^{-11}$		
Cl-39	0,927 h	F	1,000	$2,7 \cdot 10^{-11}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$	1,000	$8,5 \cdot 10^{-11}$
		M	1,000	$4,8 \cdot 10^{-11}$	$7,6 \cdot 10^{-11}$		

¹⁾ OBT = orgaanisessa molekyylissä oleva tritium.

²⁾ Luokka M: kohtalaisen nopea absorboituminen keuhkoista.

³⁾ Luokka S: hidas absorboituminen keuhkoista.

⁴⁾ Luokka F: nopea absorboituminen keuhkoista.