

Välikokeessa on neljä tehtävää.

There are four problems to be solved.

1) Tarkastele semiempiirisen (Weizsäckerin) massakaavan eri termien fysikaalisia perusteita.

Discuss the physical basis of the various terms of the semiempirical (Weizsäcker) mass formula.

2) a) Radioaktiivinen nuklidi A (puoliintumisaika  $T_A$ ) hajoaa nuklidiksi B. Myös B on radioaktiivinen, ja sen puoliintumisaika on  $T_B$ . Olkoon  $T_A \gg T_B$ . Suorittamatta varsinaisia laskuja päättele, miten aktiivisuudet  $A_A$  ja  $A_B$  suhtautuvat toisiinsa. b) Isotoopin  $^{238}\text{U}$  runsaus luonnon uraanissa on 99 % ja isotoopin  $^{235}\text{U}$  runsaus on 0,72 %. Puoliintumisajat ovat  $4,47 \cdot 10^9$  a ( $^{238}\text{U}$ ) ja  $7,04 \cdot 10^8$  a ( $^{235}\text{U}$ ). Kuinka kauan sitten isotooppien suhteellinen runsaus oli yhtä suuri? c) Eräs nuklidi (kokonaispuoliintumisaika  $T_{1/2}$ ) hajoaa alfahajoamisella (haarautumissuhde  $b_\alpha = 90,9$  %) ja beetahajoamisella (haarautumissuhde  $b_\beta = 9,1$  %) Mikä on beetahajoamisen osittaispuoliintumisaika?

a) A radioactive nuclide A (half-life  $T_A$ ) decays into the nuclide B. B is also radioactive and has a half-life  $T_B$ . Assume  $T_A \gg T_B$ . Without performing actual calculations try to figure out what is the relationship between the activities  $A_A$  and  $A_B$ . b) The abundance of the isotope  $^{238}\text{U}$  in nature is 99 % and the abundance of the isotope  $^{235}\text{U}$  is 0.72 %. The half-lives are  $4.47 \cdot 10^9$  a ( $^{238}\text{U}$ ) and  $7.04 \cdot 10^8$  a ( $^{235}\text{U}$ ). At what time in the past were the relative abundances of these isotopes equal? c) A nuclide (total half-life  $T_{1/2}$ ) decays via alpha emission with a branching ratio of  $b_\alpha = 90.9$  % and via beta emission with a branching ratio of  $b_\beta = 9.1$  %. What is the partial half-life of beta decay?

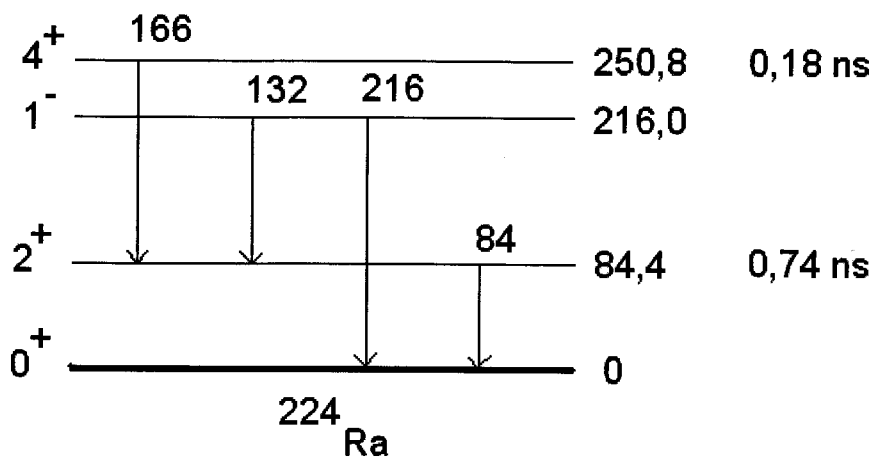
3) Ytimen  $^{227}\text{Th}$  hajoamisessa ytimen  $^{223}\text{Ra}$  viritystiloille on alinta  $3/2^+$ -tilaa syöttävän alfahaaran alfahiukkasten liike-energielle mitattu arvo 6,0088 MeV ja alinta  $7/2^+$ -tilaa syöttävän alfahaaran hiukkasten liike-energielle arvo 5,9099 MeV. Mikä on  $7/2^+$ -tilalta  $3/2^+$ -tilalle johtavan gammasiirtymän energia?

In the alpha decay of the nuclide  $^{227}\text{Th}$  to excited states of the nuclide  $^{223}\text{Ra}$ , the alpha particle energy of the branch populating the lowest  $3/2^+$  state was measured to be 6.0088 MeV and the alpha particle energy of the branch populating the lowest  $7/2^+$  state was measured to be 5.9099 MeV. What is the energy of gamma-rays of the  $7/2^+$  to  $3/2^+$  transition?

käännä sivua / turn the page

4) Oheinen viitteellinen kaavio kuvaa osaa  $^{224}\text{Ra}$ -ytimen energiatasoista ja niiden välisiä siirtymiä. Tasojen energiat on annettu keV-yksiköissä, ja kuvassa on annettuna myös kahden tilan kokeellinen puoliintumisaika. **a)** Mitkä ovat siirtymien todennäköisimmät tyypit (esimerkiksi E3)? **b)** Ennusta tilojen eliniät käyttäen Weisskopfin arvioita (ohessa). Miten sisäinen konversio vaikuttaa eliniäin? Konversiokertoimet ovat 25 (84 keV siirtymä) ja 1,0 (166 keV siirtymä). (Voit unohtaa muiden siirtymien konversion.) **c)** Miksei kokeissa ole havaittu siirtymää 251 keV:n tilalta perustilalle? **d)** Jos laskettu puoliintumisaika ja kokeellinen tulos poikkeavat toisistaan paljon (enemmän kuin kertaluvun verran), mikä voisi olla selitys?

The decay scheme below shows part of the energy levels of the  $^{224}\text{Ra}$  nuclide together with some gamma transitions. The energies of the levels are in keV units. The figure also shows the experimental half-lives of two of the states. **a)** What type of transitions (for example E3) are the most probable? **b)** Predict the life times of the states using Weisskopf estimates (Table below). How does internal conversion affect the half-lives? The conversion coefficients are 25 (the 84 keV transition) and 1.0 (the 166 keV transition). (You may forget about the conversion of the other transitions.) **c)** Why has the transition from the 251 keV level to the ground state not been observed? **d)** If there is a large difference between the calculated and the observed half-life (more than one order of magnitude), what could be the reason?



**Taulukko:** Yksihiukkasarviot (Weisskopfin arviot) sähkömagneettisten siirtymien hajoamisvakioille  $\lambda$ . E on siirtymäenergia MeV-yksiköissä, ja  $\lambda$  on annettu yksiköissä  $\text{s}^{-1}$ . A on massaluku.

**Table:** Single particle (Weisskopf) estimates for decay constants  $\lambda$  of electromagnetic transitions. The transition energy E is in MeV and  $\lambda$  in  $\text{s}^{-1}$ . A is the mass number.

Sähköiset siirtymät/Electric transitions	Magneettiset siirtymät/Magnetic transitions
$\lambda(E1) = 1.0 \cdot 10^{14} \cdot A^{2/3} \cdot E^3$	$\lambda(M1) = 3.1 \cdot 10^{13} \cdot E^3$
$\lambda(E2) = 7.3 \cdot 10^7 \cdot A^{4/3} \cdot E^5$	$\lambda(M2) = 2.2 \cdot 10^7 \cdot A^{2/3} \cdot E^5$
$\lambda(E3) = 34 \cdot A^2 \cdot E^7$	$\lambda(M3) = 10 \cdot A^{4/3} \cdot E^7$
$\lambda(E4) = 1.1 \cdot 10^{-5} \cdot A^{8/3} \cdot E^9$	$\lambda(M4) = 3.3 \cdot 10^{-6} \cdot A^2 \cdot E^9$
$\lambda(E5) = 2.4 \cdot 10^{-12} \cdot A^{10/3} \cdot E^{11}$	$\lambda(M5) = 7.4 \cdot 10^{-13} \cdot A^{8/3} \cdot E^{11}$