

Välikoe

Vastaa neljään viidestä kysymyksestä

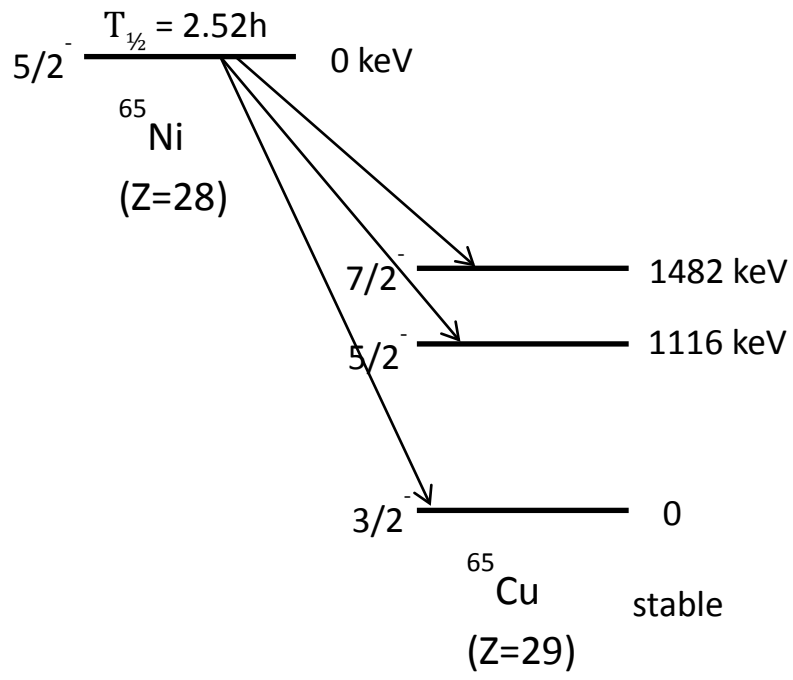
1. a) Hahmottele stabiilien ytimien sidosenergiäkäyrä (sidosenergia nukleonia kohti B/A massaluvun A funktiona). Kuvaajan kvantitatiivisen tulkinnan tulee olla mahdollista (energia-skaala ja maksimi-/minimikohdat).
- b) Tarkastele alla annetun semiempiirisestä (Weizsäckerin) massa-kaavasta tutun sidosenergian $B(Z,A)$ -kaavan eri termien fysikaalisia perusteita ja osuutta sidosenergiäkäyrän käyttäytymisessä.

$$B(Z, A) = a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z(Z-1)}{A^{1/3}} - a_{sym} \frac{(A-2Z)^2}{A} + \delta$$

2. Ydin ^{226}U (even-even-ydin) hajoaa alfahajoamisella ^{222}Th -tytärytimen perustilalle. ^{226}U -ytimestä emittoituvan alfahiukkasen liike-energiaksi on mitattu 7,566 MeV.
 - a) Laske alfahajoamisessa tytärytimen ^{222}Th saama liike-energia (rekylienergia).
 - b) Määritä ^{226}U -ytimen massaylijäämä, kun ^{222}Th :n massaylijäämä on 17203 keV ja ^4He :n massaylijäämä on 2424,9 keV.
 - c) ^{222}Th -ytimen ensimmäisen 2^+ tilan viritysendergia on 183,3 keV. Mikä on alfahiukkasen kineettinen energia, jos ^{226}U ydin alfahajoaa tälle tilalle?
3. ^{87}Y -ytimen perustilan spin-pariteetti on $I^\pi=1/2^-$. Viritystilan $I^\pi=9/2^+$ energia on 381 keV ja toisen viritystilan $I^\pi=5/2^-$ energia on 793 keV. Viritystilan $I^\pi=9/2^+$ kokeellisesti määritetty puoliintumisaika on 13 tuntia.
 - a) Hahmottele ^{87}Y -ytimen energiatasokaavio ja mahdolliset tasojen väliset siirtymät.
 - b) Mitkä ovat tasojen välisten siirtymien todennäköisimmät tyypit (multipolariteetit)?
 - c) Arvioi viritystilojen puoliintumisajat käyttäen Weisskopfin arvioita (ohessa).

- d) 381 keV:n siirtymän konversiokerroin on 0,20. Miten sisäinen konversio vaikuttaa hajoavan tilan ennustettuun puoliintumisaikaan?
4. a) Luettele kaksi kokeellista tulosta, joita ei voi selittää ytimen nestepisaramallin avulla.
- b) Yksinkertaisessa kolmiulotteisessa potentiaalikuopassa kolmen ensimmäisen energiatilan kvanttiluvut ovat kasvavan energian mukaisessa järjestyksessä 1s, 1p ja 1d. Selitä mitä tämä merkintätapa tarkoittaa. Selitä lyhyesti, mikä ylimääräinen termi Woods-Saxon potentiaalifunktioon tarvitaan, jotta kokeellisesti havaitut "maagiset luvut" saadaan muodostettua.
- c) Ennusta perustilojen spin ja pariteetti seuraaville ytimille käyttäen annettua kuorimallin energiatilarakenteen kaaviota (odd-odd-ytimille luettele kaikki mahdolliset perustilan spin-pariteetit):
 i. ^{13}C ($Z=6$), ii. ^{17}O ($Z=8$), iii. ^{28}Al ($Z=13$), iv. ^{40}K ($Z=19$), v. ^{59}Co ($Z=27$)
- d) ^{49}Ca -ytimen ($Z=20$) alhaisimmat energiatilat ovat: perustila, $3/2^-$; 2,02 MeV, $1/2^-$; 3,59 MeV, $5/2^-$. Tulkitse nämä tilat kuorimallin avulla (huomaa että kuorimallin energiatilojen järjestys ei aina noudata annettua kaaviota täsmällisesti). Selitä hyvin lyhyesti, miksi ^{48}Ca -ytimen ensimmäisen viritystilan energia on lähes 4 MeV.
5. a) Esitä β^- ja β^+ -hajoamisten energetiikkaa kuvaavat lausekkeet. Huomaa, että sekä β^+ -hajoaminen että elektronisieppaus (EC) johtavat emoytimeltä samalle tytärytimelle, mutta molemmat hajoamistavat eivät aina ole mahdollisia. Miksi?
- b) Selitä lyhyesti ero sallittujen Fermi- ja Gamow-Teller-beetahajoamisten välillä.
- c) Selitä mitä tarkoitetaan kielletyllä beetahajoamisella.
- d) Alla olevassa kuvassa on esitetty ^{65}Ni :n β^- -hajoamista kuvaava kaavio. Haarautumissuhde emoytimeltä tytärydin ^{65}Cu :n $7/2^-$ tilalle on $\sim 28\%$, $5/2^-$ tilalle $\sim 10\%$ ja perustilalle 60% . Beetahajoamisen Q-arvo on 2,137 MeV. Laske osittaispuoliintumisajat näille kolmelle eri beetahaaralle ja määritä $\log t$ -arvot. Määritä beetahaarojen $\log f$ -arvot käyttäen annettua $\log f(Z,EO)$ -kuvaajaa. Laske lopuksi $\log ft$ -arvot. Minkä tyyppisiä beetahajoamisia olet annetun taulukon perusteella laskenut (super-sallittu, sallittu, kerran kielletty jne.)?

FYSN300 Nuclear Physics I



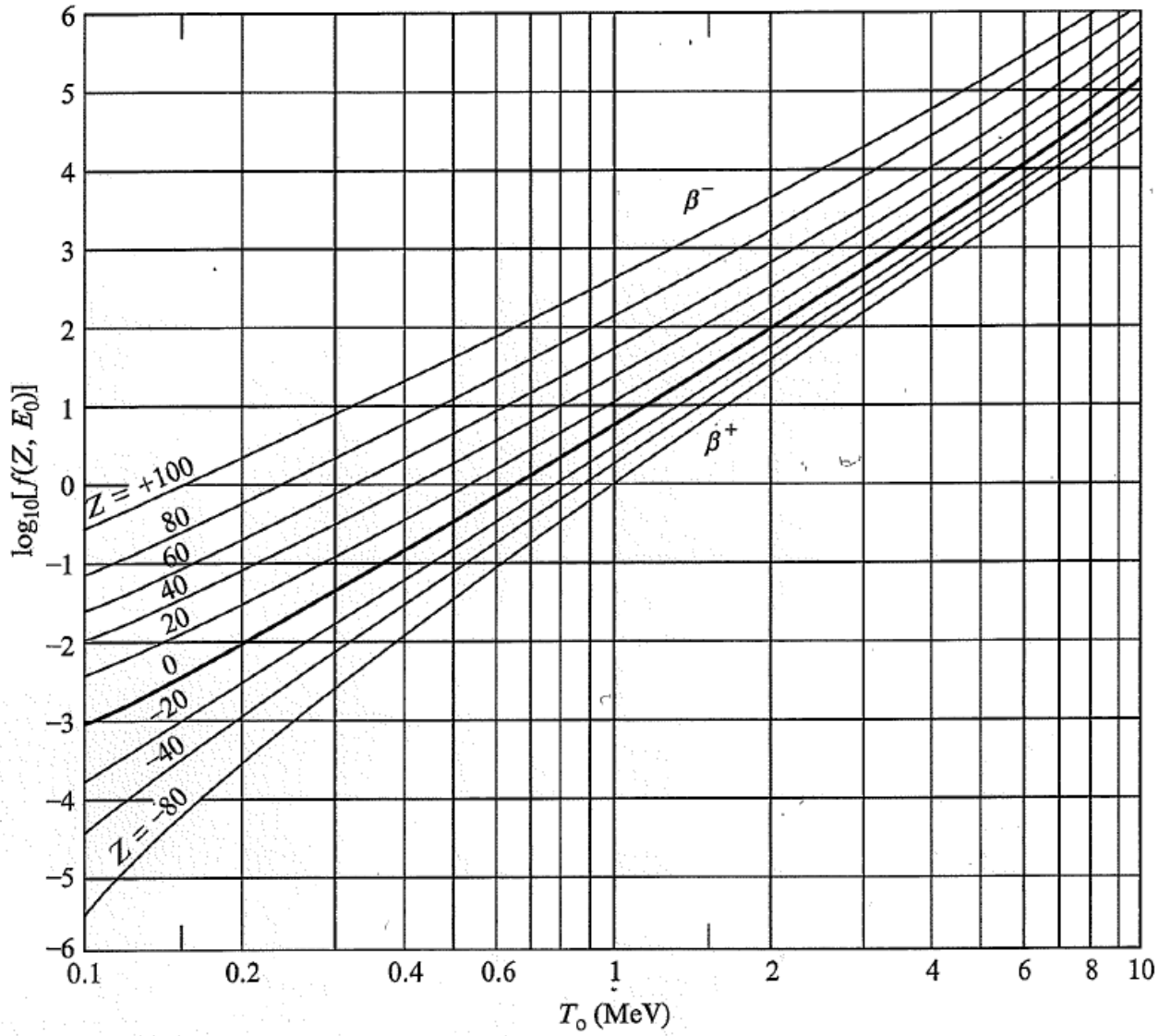
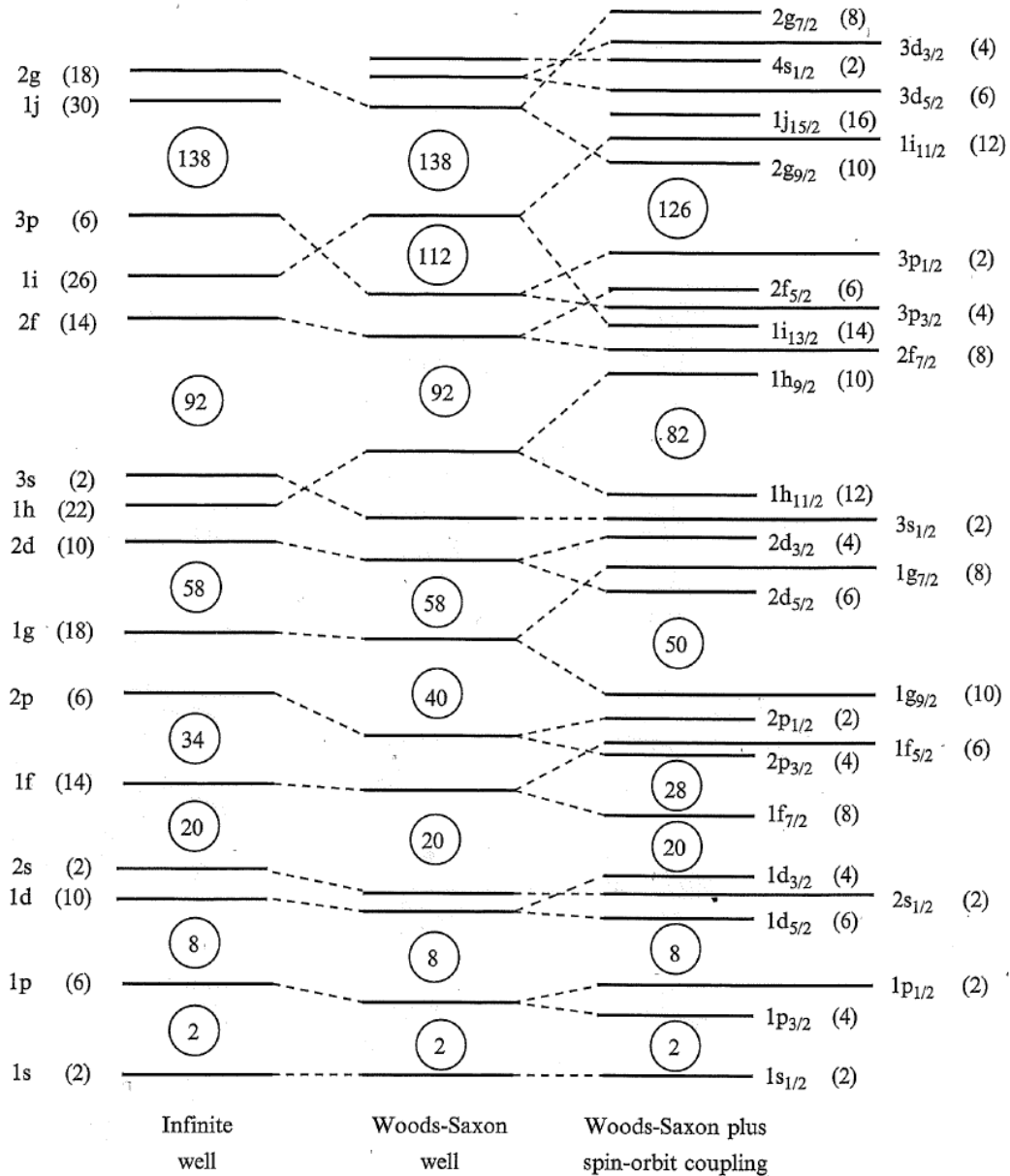


Table 3.3 Approximate values of $\log_{10} ft_{1/2}$ for different types of β -decay transition.

Type of transition	$\log_{10} ft_{1/2}$
Superaligned	~ 3.5
Allowed	5.5 ± 1.5
First forbidden	7.5 ± 1.5
Second forbidden	~ 12
Third forbidden	~ 16
Fourth forbidden	~ 21



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

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

FYSN300 Nuclear Physics I

CONSTANTS

Speed of light	c	$2.99792458 \times 10^8 \text{ m/s}$
Charge of electron	e	$1.602189 \times 10^{-19} \text{ C}$
Boltzmann constant	k	$1.38066 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
		$8.6174 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$
Planck's constant	h	$6.62618 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
		$4.13570 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$
	$\hbar = h/2\pi$	$1.054589 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
		$6.58217 \times 10^{-16} \text{ eV} \cdot \text{s}$
Gravitational constant	G	$6.6726 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$
Avogadro's number	N_A	$6.022045 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$
Universal gas constant	R	$8.3144 \text{ J/mole} \cdot \text{K}$
Stefan-Boltzmann constant	σ	$5.6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
Rydberg constant	R_∞	$1.0973732 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$
Hydrogen ionization energy		13.60580 eV
Bohr radius	a_0	$5.291771 \times 10^{-11} \text{ m}$
Bohr magneton	μ_B	$9.27408 \times 10^{-24} \text{ J/T}$
		$5.78838 \times 10^{-5} \text{ eV/T}$
Nuclear magneton	μ_N	$5.05084 \times 10^{-27} \text{ J/T}$
		$3.15245 \times 10^{-8} \text{ eV/T}$
Fine structure constant	α	$1/137.0360$
	hc	$1239.853 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$
	hc	$197.329 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$
	$e^2/4\pi\epsilon_0$	$1.439976 \text{ MeV} \cdot \text{fm}$

PARTICLE REST MASSES

	u	MeV/c ²
Electron	5.485803×10^{-4}	0.511003
Proton	1.00727647	938.280
Neutron	1.00866501	939.573
Deuteron	2.01355321	1875.628
Alpha	4.00150618	3727.409
π^\pm	0.1498300	139.5669
π^0	0.1448999	134.9745
μ	0.1134292	105.6595

CONVERSION FACTORS

$1 \text{ eV} = 1.602189 \times 10^{-19} \text{ J}$	$1 \text{ b} = 10^{-28} \text{ m}^2$
$1 \text{ u} = 931.502 \text{ MeV}/c^2$ $= 1.660566 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ decays/s}$