

Välikokeessa on neljä tehtävää.

1) Ohessa on yksihiukkasmallin mukainen energiatasokaavio Lilley'n kirjan mukaan.

a) Selitä lyhyesti, miten merkittävästi potentiaalikuopan muodon yksityiskohdat vaikuttavat energiatasojen keskinäiseen asemaan (1 p).

b) Mikä ratkaiseva oivallus johti siihen, että energiatasojen laskettu asema saatiin noudattamaan kokeellisia havaintoja (1 p)?

c) Selosta lyhyesti tärkeimpiä näistä kokeellisista havainnoista (1 p).

d) Päättele, mitkä kaavion mukaan olisivat nuklidien ^{209}Bi ($Z = 83$) ja ^{207}Tl ($Z = 81$) perustilan spin ja pariteetti (1 p).

e) Mitkä ovat nuklidin ^{18}F ($Z = 9$) perustilan spinin ja pariteetin mahdolliset arvot yksinkertaisen yksihiukkasmallin mukaan (2 p)? Saat bonuspisteen, jos tiedät, mitkä näistä mahdollisista arvoista ovat todennäköisimmät.

2) Tarkastele ^{22}Na -ytimen β^+ -hajoamista ^{22}Ne :ksi ($T_{1/2} = 2,60$ a). Massaylijäämät ovat:

-5182 keV (^{22}Na) ja -8025 keV (^{22}Ne). Tämä hajoaminen johtaa lähes 100 %

haarautumissuhteella ^{22}Ne :n viritystilalle, jonka viritysenergia on $1,275$ MeV. Mikä on tämän hajoamisen $\log f$ -arvo? (Oleta yksinkertaisuuden vuoksi, että kyseessä on puhdas β^+ -hajoaminen.) Oheisessa Lilley'n kirjan kaaviossa on annettu $\log f$ arvot. Käyrät, joiden kohdalla on negatiivinen protoniluvun arvo, liittyvät β^+ -hajoamiseen.

3) ^{241}Am -ytimen perustilan alfahajoaminen syöttää tytärytimen, ^{237}Np :n, viritystilaa, joka purkautuu gammasiirtymällä suoraan perustilalle. Gammasiirtymän energia on $721,9$ keV. Kyseisten alfahiukkasten liike-energia laboratorikoordinaatistossa on $4834,3$ keV. ^{237}Np :n massaylijäämä on $44873,3$ keV ja ^4He :n massaylijäämä on $2424,9$ keV. Määritä ^{241}Am :n massaylijäämä.

Käännä sivua

4) Oheinen kaavio kuvaa osaa ^{224}Ra -ytimen energiatasoista. Tasojen energiat on annettu keV-yksiköissä, ja kuvassa on annettuna myös kahden tilan kokeellinen puoliintumisaika. a) Kopioi kaavio vastauspaperillesi ja piirrä siihen nuolia käyttäen mahdolliset tilojen väliset gammasiirtymät. b) Mitkä ovat 4^+ -tilaa purkavien siirtymien todennäköisimmät tyypit (esimerkiksi E2)? c) Käytä oheisia Weisskopfin arvioita ja ennusta, mikä 4^+ -tilaa purkavista siirtymistä on intensiivisin (lyhin osittaispuoliintumisaika). d) Siirtymän $2^+ \rightarrow 0^+$ konversiokerroin on $\alpha = 25$. Mikä konversion osuus huomioon ottaen arvio 2^+ -tilan eliniälle (käytä Weisskopfin arvioita apunasi). e) Jos laskettu puoliintumisaika ja kokeellinen tulos poikkeavat toisistaan paljon (enemmän kuin kertaluvun verran), mikä voisi olla selitys?

4^+ _____ 250,8 0,18 ns
 1^- _____ 216,0

2^+ _____ 84,4 0,74 ns

0^+ _____ 0

^{224}Ra

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

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

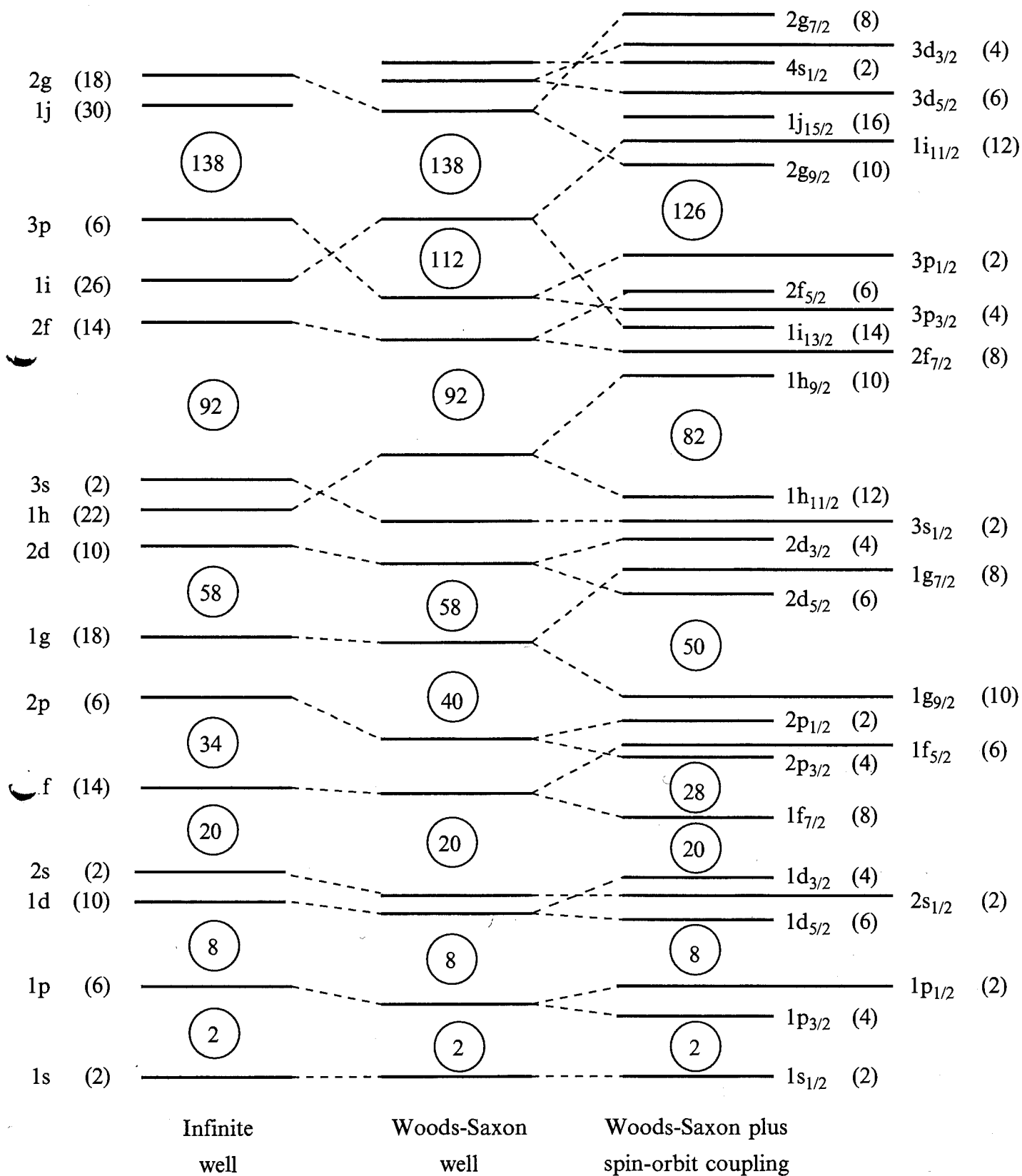


Figure 2.9 Sequences of bound single-particle states calculated for different forms of the nuclear shell-model potential. The number of protons (and neutrons) allowed in each state is indicated in parentheses and the numbers enclosed in circles indicate magic numbers corresponding to closed shells.

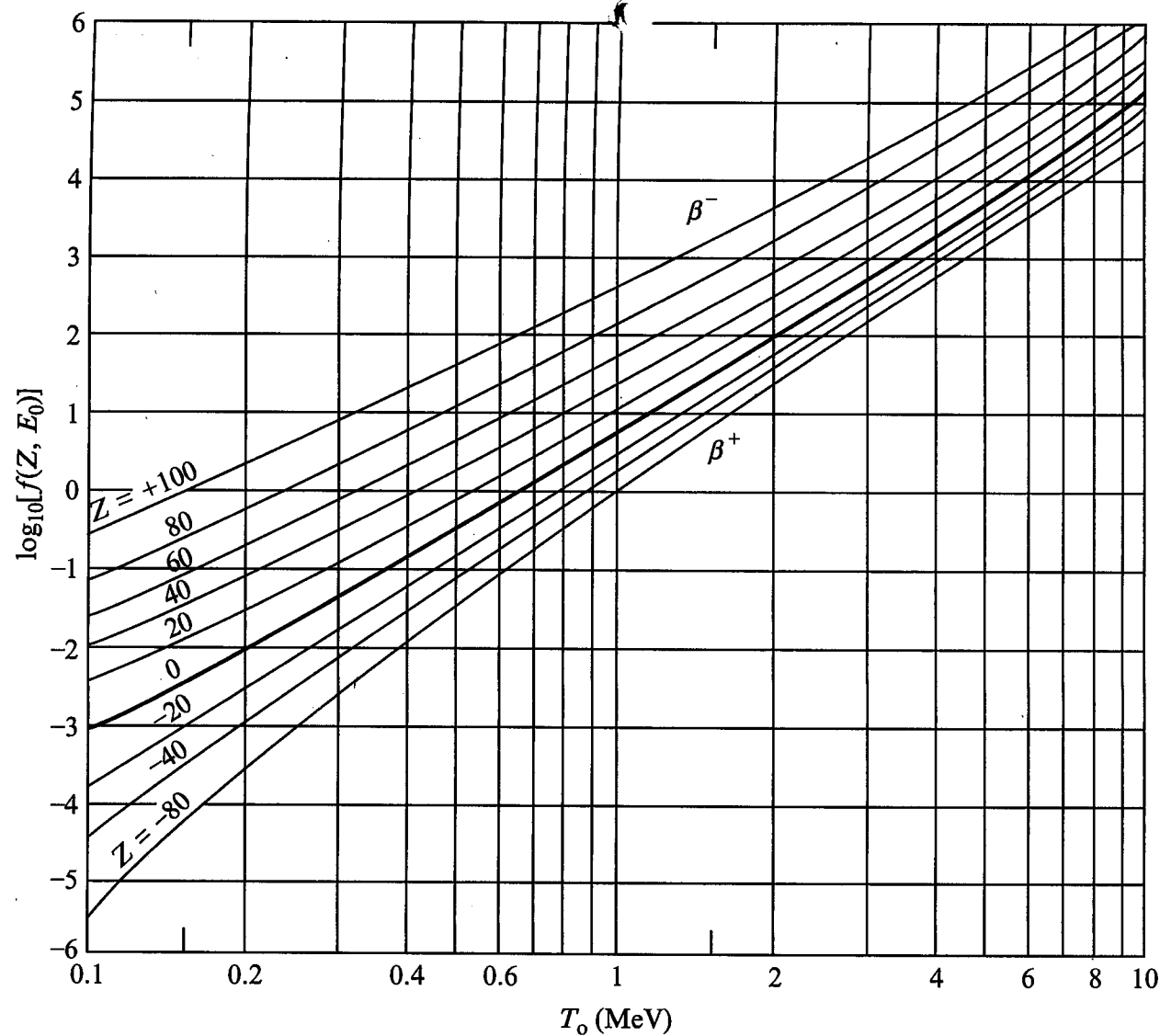


Figure 3.8 The function $f(Z, E_0)$, defined in Equation (3.21), plotted against end-point energy T_0 [from Evans (1955), p. 560]. Graphs are shown for different values of atomic number Z of the final nucleus. Positive values are for β^- decays and negative values are for β^+ decays. Note that T_0 is equal to the Q value if the parent and daughter nuclei are both in their ground states (neglecting the small amount of energy taken by the final nucleus). Otherwise, $T_0 = Q + E_p^* - E_d^*$, where E_p^* and E_d^* are the excitation energies of the parent and daughter nuclei, respectively. Reproduced by permission of The McGraw-Hill Companies.