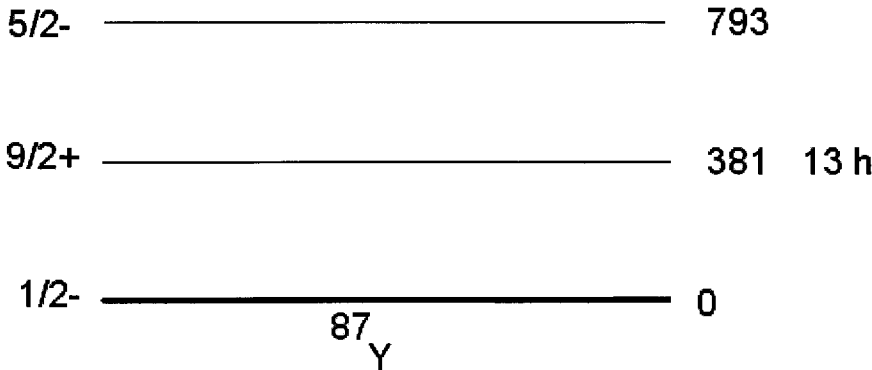


FYSN300 Ydinfysiikka I
Tentti 28. 5. 2010

Tentissä on kuusi 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) Päätele, 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 semiempiirisen (Weizsäckerin) massakaavan eri termien fysikaalisia perusteita. Hahmottele suureen B/A käyttäytyminen massaluvun A funktiona. B on ytimen sidosenergia.
- 3) Ytimen ^{171}Au ($Z=79$) hajotessa havaitaan (6995 ± 4) keV (liike-energia laboratoriossa) alfahiukkasia. Tytärydin ^{167}Ir hajoaa emittoimalla (1066 ± 6) keV (liike-energia) protoneja ytimen ^{166}Os perustilalle. Määritä ^{171}Au :n massaylijäämä.
Tarvittavat massaylijäämät ovat: ^4He 2425 keV; ^1H 7289 keV; ^{166}Os -25438 keV. Oleta, että nämä ovat tarkkoja arvoja.

4) Oheinen viitteellinen kaavio kuvaa osaa ^{87}Y -ytimen energiatasoista. Tasojen energiat on annettu keV-yksiköissä, ja kuvassa on annettuna myös yhden tilan kokeellinen puoliintumisaika. **a)** Mitkä ovat tasojen välisten siirtymien todennäköisimmät tyypit (esimerkiksi E3)? **b)** Ennusta tilojen eliniät käyttäen Weisskopfin arvioita (ohessa). Miten sisäinen konversio vaikuttaa eliniikkiin? 381 keV:n siirtymän konversiokerroin on 0,20.



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

5) Radioisotoopilla ^{15}O on tärkeitä lääketieteellisiä sovelluksia. Sitä voidaan tuottaa reaktiossa $^{12}\text{C}(\alpha, n)$. **a)** Vaikutusalan maksimi saavutetaan, kun alfahiukkasten laboratorioenergia on 14,6 MeV. Mikä on tällöin väliytimen ^{16}O viritysentergia? ($\text{E}^* = \text{E}_{\text{mkp}} + \text{Q}$, missä E^* on viritysentergia, E_{mkp} on liike-energia massakeskipistekoordinaatistossa ja Q on hajoamisenergia.) **b)** Kyseinen vaikutusala on 25 mb. Oleta, että hiilikohtion pinta-alamassa on $0,10 \text{ mg/cm}^2$ ja alfahiukkasuihkun virta (varaustila +2e) on 20 nA. Laske 4,0 min kestävässä säteilytyksessä syntyvän ^{15}O -näytteen atomien määrä ja aktiivisuus. ^{15}O -ytimen puoliintumisaika on 2,0 min. Tarvittavat massaylijäämät ovat: ^4He 2424,9 keV; ^{12}C 0,0 keV; ^{16}O -4737,0 keV

6) **a)** Kuvaa lyhyesti energettisten fotonien (gamma- ja röntgenkvantit) ja aineen välisiä vuorovaikutuksia. **b)** 70 keV:n ja 100 keV:n gammakvantit absorboituvat valosähköisen ilmiön kautta lyijysuojukseen. Mikä oleellinen ero on näiden kvanttien absorboitumisella? K-elektronin sidosenergia lyijyssä on 88 keV ja L-elektronien sidosenergia noin 13-16 keV. **c)** Mitä tarkoitetaan pakopiikeillä (escape peaks)?

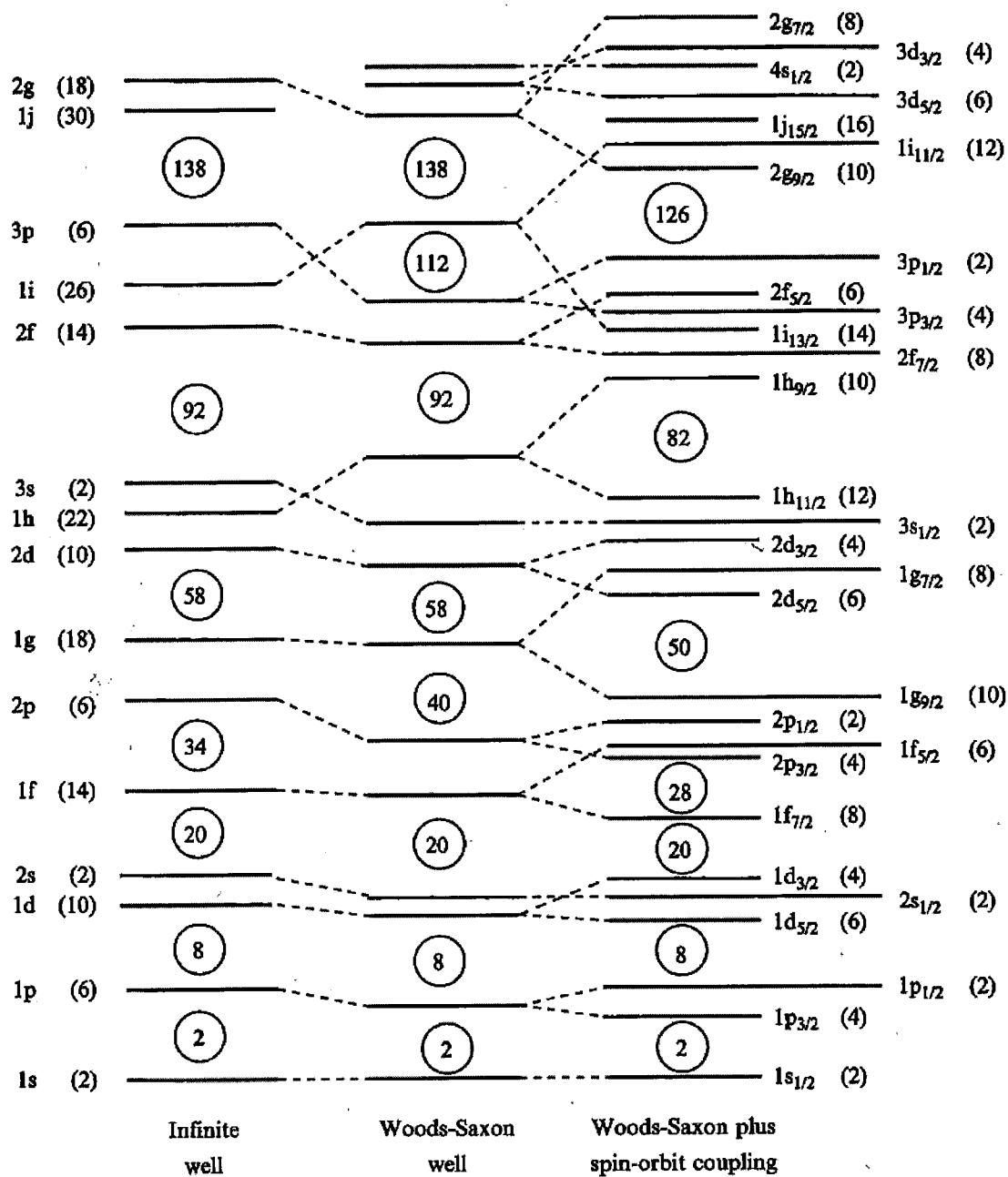


Figure 2.9 Sequences of bound single-particle states calculated for different forms of the nuclear shell-model potential. The number of protons (and neutrons) allowed in each state is indicated in parentheses and the numbers enclosed in circles indicate magic numbers corresponding to closed shells.