

2. Välikoe

Vastaa neljään kysymykseen viidestä.

1. Selitä pääpiirteittäin alfa- ja beeta-hiukkasten ja gammasäteilyn vuorovaikutuksista aineen kanssa. (energiahäviö, rata, kantama, "straggling" ...)
2. a) PIXE kokeessa pommitetaan 200 nA protonisuihkulla 10 minuutin ajan 0,2 mg/cm² filmiä, joka sisältää massaltaan 5 miljoonasosaa (ppm) alkuainetta, jonka massaluku on 100. Tämän alkuaineen L-kuoren virittymisen vaikutusala on 800 barnia ja todennäköisyys että virittynyt atomi emittoi röntgensäteen L-kuorelta on 50%. Laske havaittujen tapahtumien lukumäärä, jos havaitsemistehokkuus on 0,5%.

b) Laske lämpösähköisellä ilmiöllä 10 W sähkötehon tuottamiseen tarvittavan ²¹⁰Po massa, kun laitteen hyötysuhde on 15%. ²¹⁰Po puoliintumisaika on 138 päivää ja hajoaa alfahajoamisella, jonka Q-arvo on 5,4 MeV.
3. a) Piirrä kuvaaja, joka esittää raskaan hiukkasen (esim. vety, hiili, lyijy, jne.) jarrutuskyvyn tai energiahäviön käyttäytymistä energian funktiona. Kuvaajan tulee ulottua hyvin pienestä energiasta hyvin suurelle energialle.

b) Selitä kuvaajan ominaispiirteet.

c) Ar-ioneista (Z=18) koostuvaa hiukkassuihkua, jonka energia on 2 MeV/u, käytetään seuraavien kohtiomateriaalien säteilyttämiseen: kalsium (Z=20), hiili (Z=6), uraani (Z=92) ja tina (Z=50). Luettele kohtiomateriaalit jarrutuskyvyn mukaan nousevassa järjestyksessä.
4. Selitä hyvin lyhyesti (muutamalla lauseella):
 - a) Mitä tarkoitetaan väliydinreaktiolla? Anna esimerkki.
 - b) Mitkä kolme tärkeää parametria tarvitaan laskettaessa reaktiotaajuutta eli reaktioiden lukumäärää aikayksikköä kohti tyypillisessä ydinrakennetta tutkivassa kokeessa?
 - c) On olemassa neljä perustavanlaatuaista ydinrakenteen mitattavaa suuretta, jotka voidaan määrittää laserspektroskopiolla. Mitä ne ovat?
 - d) Terminen neutroni voi aiheuttaa ²³⁵U:n fission. Miksi sama mekanismi ei ole mahdollista ²³⁸U:lle?
 - e) Miksi parinmuodostuksessa on kynnysenergia ja kuinka suuri tämä energia on?
 - f) Miksi kevyiden alkuaineiden kuten vedyn tunnistaminen ei ole mahdollista takaisinsirontakokeessa?

5. a) Luettele mielestäsi tarvittavia keinoja onnistuneelle (ja turvalliselle) ydinreaktorin käytölle. Kuinka energia otetaan käyttöön?

Fissioreaktorin grafiittinen sydän sisältää 1 atomia 1,5% rikastettua uraanipolttoainetta jokaista 500 hiiliatomia kohti. Tasapainotilassa toimiessaan reaktori tuottaa 3,5 MW tehoa jokaista polttoainetonna kohti. Reaktorisydän on polttoaineen ja moderaattoriaineen yhtenäinen sekoitus.

b). Laske neutronivuo reaktorisydämessä.

c). Laske termisten neutronien käyttösuhde k .

Saatat tarvita seuraavia tietoja:

Yhdessä fissiossa vapautuva hyödynnettävissä oleva energia = 200 MeV

Termisten neutronien aiheuttaman ^{235}U :n fissioitumisen vaikutusala

$$\sigma_f = 579 \text{ b}$$

Vaikutusala termisten neutronien absorptiolle polttoaineessa

$$\sigma_a(\text{F}) = 12,9 \text{ b}$$

Vaikutusala termisten neutronien absorptiolle grafiitissa

$$\sigma_a(\text{M}) = 0,0045 \text{ b}$$

FYSN300 Nuclear Physics I

November 29, 2013

CONSTANTS

Speed of light	c	2.99792458×10^8 m/s
Charge of electron	e	1.602189×10^{-19} C
Boltzmann constant	k	1.38066×10^{-23} J/K
		8.6174×10^{-5} eV/K
Planck's constant	h	6.62618×10^{-34} J · s
		4.13570×10^{-15} eV · s
	$\hbar = h/2\pi$	1.054589×10^{-34} J · s
		6.58217×10^{-16} eV · s
Gravitational constant	G	6.6726×10^{-11} N · m ² /kg ²
Avogadro's number	N_A	6.022045×10^{23} mole ⁻¹
Universal gas constant	R	8.3144 J/mole · K
Stefan-Boltzmann constant	σ	5.6703×10^{-8} W/m ² · K ⁴
Rydberg constant	R_∞	1.0973732×10^7 m ⁻¹
Hydrogen ionization energy		13.60580 eV
Bohr radius	a_0	5.291771×10^{-11} m
Bohr magneton	μ_B	9.27408×10^{-24} J/T
		5.78838×10^{-5} eV/T
Nuclear magneton	μ_N	5.05084×10^{-27} J/T
		3.15245×10^{-8} eV/T
Fine structure constant	α	1/137.0360
	hc	1239.853 MeV · fm
	hc	197.329 MeV · fm
	$e^2/4\pi\epsilon_0$	1.439976 MeV · 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 eV = 1.602189×10^{-19} J	1 b = 10^{-28} m ²
1 u = 931.502 MeV/c ² = 1.660566×10^{-27} kg	1 Ci = 3.7×10^{10} decays/s