

NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET
INSTITUTT FOR FYSIKK

Faglig kontakt under eksamen:

Navn: Jan Myrheim

Telefon: 93653

Eksamen i fag 74 355 Kjernefysikk

Lørdag 10. mai 1997

Tid: 09.00–13.00

Tillatte hjelpemidler: (Alternativ B): Godkjent lommekalkulator.

Rottmann, *Mathematische Formelsammlung*.

Barnett and Cronin, *Mathematical Formulae*.

Øgrim og Lian, *Størrelser og enheter i fysikk og teknikk*.

Noen konstanter:

Elementærladningen: $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$

Lyshastigheten i vakuum: $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$

Den reduserte Plancks konstant: $\hbar = 1,05 \times 10^{-34} \text{ J s}$

$= 197 \text{ (MeV/c) fm}$

Atommasse-enheten: $u = 931,494 \text{ MeV}/c^2$

Oppgave 1:

- Hvilke atomkjerne beskrives best av henholdsvis skallmodellen og væskedråpemodellen? Gjør kort rede for hva som kjennetegner de laveste eksiterte nivåene i en kerne som har spinn og paritet 0^+ i grunntilstanden, dersom de skyldes kollektiv bevegelse av nukleonene (vibrasjon eller rotasjon).
- Bruk nivå skjemaet for en-partikkelenergi i skallmodellen (se vedlegg) til å forutsi spinn og paritet til grunntilstanden i følgende atomkjerne:
 ${}^3_1\text{H}$, ${}^3_2\text{He}$, ${}^9_4\text{Be}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_6\text{C}$, ${}^{209}_{82}\text{Pb}$, ${}^{209}_{83}\text{Bi}$, ${}^{210}_{83}\text{Bi}$.
- Grunntilstanden og de laveste eksiterte energinivåene i en atomkerne har spinn og paritet henholdsvis $(7/2)^-$, $(5/2)^-$, $(3/2)^-$ og $(3/2)^+$.
Hvilke typer γ -stråling (E1, M1, E2, osv.) er mulig fra de eksiterte nivåene?
- Hva er sammenhengen mellom halveringstid $t_{1/2}$ og midlere levetid τ ?
Gitt en "typisk" γ -overgang med halveringstid 10^{-10} s og med energi $\Delta E = 100 \text{ keV}$, i en atomkerne med massetall $A = 100$.
Regn ut den naturlige linjebredden $\Gamma = \hbar/\tau$ og rekylenergien til kjernen.
- Hva går Mössbauer-effekten ut på?

- f) Hvilke av de fire iridiumisotopene 190–193 er radioaktive, i følge tabellen nedenfor?
Hvilke kan ventes å ha kort eller lang levetid?

Begrunn svarene!

Tabellen angir spinn, paritet og atommasse (inklusive elektroner) for hver kjerne.

Atommasseenheten u er brukt, og massen til et heliumatom er 4,002603 u.

$^{190}_{78}\text{Pt}$ 0 ⁺ 189,959917	$^{191}_{78}\text{Pt}$ (3/2) ⁻ 190,961665	$^{192}_{78}\text{Pt}$ 0 ⁺ 191,961019	$^{193}_{78}\text{Pt}$ (1/2) ⁻ (?) 192,962977		
	$^{190}_{77}\text{Ir}$ 4 ⁺ (?) 189,960580	$^{191}_{77}\text{Ir}$ (3/2) ⁺ 190,960584	$^{192}_{77}\text{Ir}$ 4 ⁻ 191,962580	$^{193}_{77}\text{Ir}$ (3/2) ⁺ 192,962917	
		$^{190}_{76}\text{Os}$ 0 ⁺ 189,958436	$^{191}_{76}\text{Os}$ (9/2) ⁻ 190,960920	$^{192}_{76}\text{Os}$ 0 ⁺ 191,961467	$^{193}_{76}\text{Os}$ (3/2) ⁻ 192,964138
$^{186}_{75}\text{Re}$ 1 ⁻ 185,954984	$^{187}_{75}\text{Re}$ (5/2) ⁺ 186,955744	$^{188}_{75}\text{Re}$ 1 ⁻ 187,958106	$^{189}_{75}\text{Re}$ (5/2) ⁺ (?) 188,959219		

- g) Gjør kort rede for hvilke kjernereaksjoner som foregår i stjerner og som er opphav til de kjemiske grunnstoffene.

Nevn (minst) en viktig forskjell mellom de grunnstoffene som er lettere (dvs.: har mindre atommasse) enn jern, og de som er tyngre.

Hva menes med “s-prosesser” og “r-prosesser” (“s” for “slow” og “r” for “rapid”)?

Oppgave 2:

- a) Kryss av i tabellen for de bevaringslovene som gjelder for forskjellige vekselvirkninger. Forleng tabellen!

	Sterk vekselvirkning	Elektromagnetisk vekselvirkning	Svak vekselvirkning
Energi			
Impuls			
Elektrisk ladning			

- b) Hvilke utvalgsregler gjelder for ΔT (forandringen i det totale isospinnet) i en kjerne-reaksjon dersom vekselvirkningen er sterk? Elektromagnetisk? Eller svak?

Vi forutsetter her at ingen av partiklene som deltar i reaksjonen har særtall $S \neq 0$.

- c) I svake vekselvirkninger som forandrer særtallet, gjelder den tilnærmete utvalgsregelen $\Delta T = 1/2$. Bruk denne regelen, og bruk den vedlagte tabellen over Clebsch–Gordan-koeffisienter, til å forutsi forgreningsforholdet mellom de to desintegrasjonsmodene $\Lambda \rightarrow p + \pi^-$ og $\Lambda \rightarrow n + \pi^0$.

Kan du også si noe om forgreningsforholdet mellom $K_S^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ og $K_S^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0$?

Λ , p (proton) og n (nøytron) har spinn 1/2; K og π har spinn 0.

Λ har isospinn 0; p, n og K har isospinn 1/2; π har isospinn 1.

Vedlegg 1. En-partikkelnivå i skallmodellen.

Vedlegg 2. Clebsch–Gordan-koeffisienter for addisjon av dreieimpulser.