

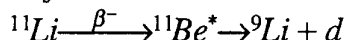
Tentamen i Subatomär fysik, F3

Tid: Fredag 29/5 1998
Hjälpmedel: Physics Handbook (med nuklidkarta), valfri räknedosor.
Poäng: Totalt 20 poäng. Godkänt: 8p.
Examinator: Björn Jonson
Frågor: Martin Smedberg, tel. 772 32 63

1. Figur 1 visar nivåskemat för ${}^{175}_{71}\text{Lu}$ samt Nilsson-diagrammet för udda protoner i området $50 < Z < 82$. Bestäm spinn och paritet hos grundtillståndet och de fem första exciterade nivåerna ($\delta_D \approx 0.25$). (3p)

2. Uranmalm från ett visst område innehåller både ${}^{235}_{92}\text{U}$ och ${}^{238}_{92}\text{U}$. Malmen sönderfaller med successiva α - och β -sönderfall till stabila blyisotoper, se figur 2. Analys av malmen visar att den innehåller 0.80 g ${}^{206}_{82}\text{Pb}$ för varje gram av den relevanta uranisotopen. Bestäm malmens ålder i år. (${}^{235}\text{U} : T_{1/2} = 7 \cdot 10^8$ år, ${}^{238}\text{U} : T_{1/2} = 4.5 \cdot 10^9$ år) (3p)

3. Den mycket neutronrika kärnan ${}^{11}\text{Li}$ uppvisar i sitt betasönderfall processen betafördröjd neutronemission. Sönderfallet sker på följande sätt:



Beräkna den tillgängliga sönderfallsenergin, $Q_{\beta d}$, för processen. Visa också att allmänt gäller relationen

$$Q_{\beta d} = 3.007 \text{ MeV} - S_{2n}(Z, N)$$

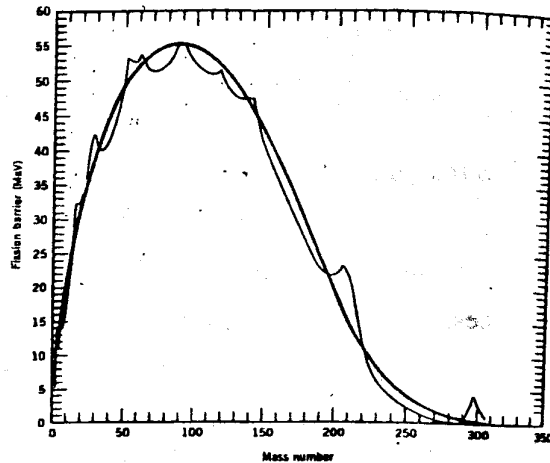
där S_{2n} är tvåneutronseparationsenergin hos moderkärnan. (2p)

4. För att producera isotopen ${}^{56}\text{Co}$ utnyttjas reaktionen ${}^{56}\text{Fe}(p, n){}^{56}\text{Co}$. Ett 100 mg/cm² tjockt ${}^{56}\text{Fe}$ -preparat bestrålas med en protonström av 1 μA . Bestrålningen varar 10 timmar och tvärsnittet för reaktionen är 100 mb. Produktkärnan ${}^{56}\text{Co}$ sönderfaller via β^+ -sönderfall med halveringstiden 77 dygn och den därvid bildade positronen annihileras i preparatet. En gammadetektor är placerad 1 m från preparatet och har en effektiv yta av 10 cm². Effektiviteten för att registrera ett emitterat gammakvantum är 30%. Hur många fotoner registreras i gammadetektorn den första timman efter bestrålningens slut? (3p)

5. Figuren nedan visar hur aktiveringsenergin för fission för stabila isotoper beror på masstalet A. Den tjocka kurvan visar en beräkning baserad på vätskedroppsmodellen och den tunna kurvan inkluderar även skalmodellen.

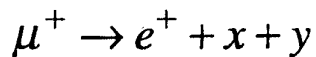
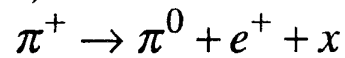
- a.) Varför har den tunna kurvan karaktäristiska toppar och var är de belägna? (1p)
- b.) Enligt figuren sker spontan fission momentant, dvs aktiveringsenergin < 0 , för masstal A större än ungefär 300. Visa detta med hjälp av semiempiriska massformeln där en från början sfärisk kärna fissionerar genom att övergå till en alltmer deformerad kärna i form av en ellipsoid, se ledning nästa sida. (2p)

Ledning: En ellipsoid med halvaxlarna $a=R \cdot (1+\epsilon)$ och $b=R \cdot (1+\epsilon)^{-1/2}$ har för små ϵ volymen $4\pi R^3/3$ och arean $4\pi R^2 \cdot (1+2/5 \cdot \epsilon^2)$. Coulombenergin för en homogent laddad ellipsoid minskar med en faktor $(1-1/5 \cdot \epsilon^2)$ jämfört med en homogent laddad sfär.



6. I följande partikelsönderfall betecknar x och y en av de sex olika typerna av neutriner: $\nu_e, \bar{\nu}_e, \nu_\mu, \bar{\nu}_\mu, \nu_\tau, \bar{\nu}_\tau$

a.)



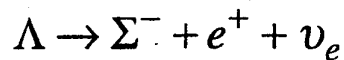
Komplettera reaktionerna med de korrekta neutrinererna.

(1p)

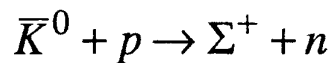
b.) Rita ett kvarkdiagram för β^+ -sönderfall.

(1p)

c.) Vilka av processerna nedan är tillåtna respektive förbjudna. Ange typ av växelverkan eller varför de är förbjudna.

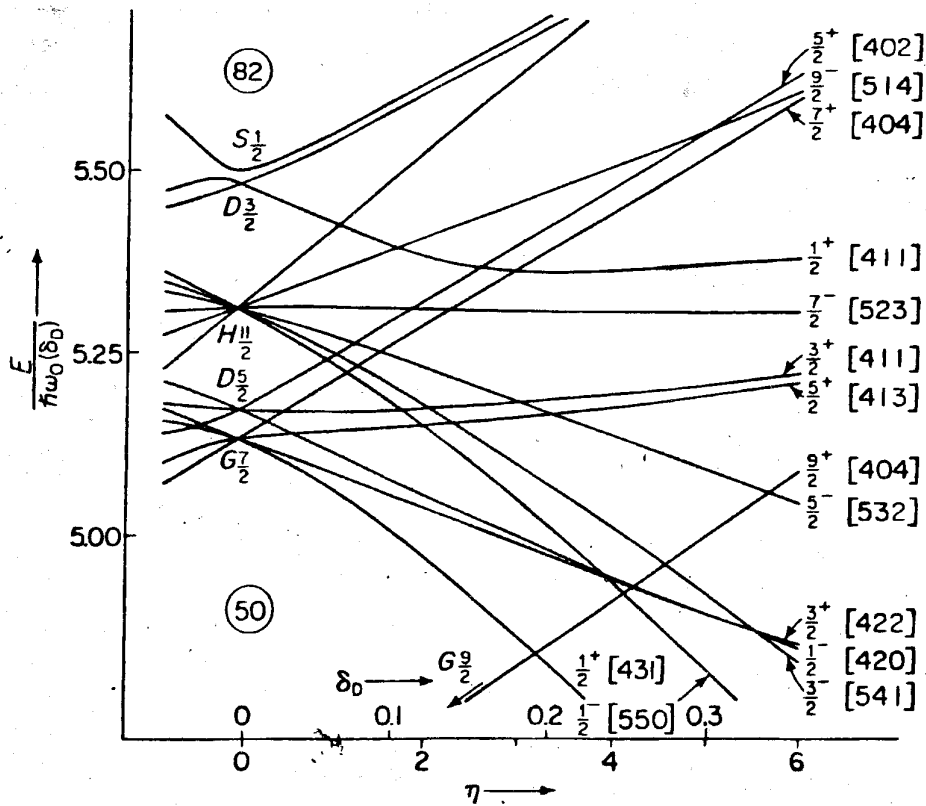
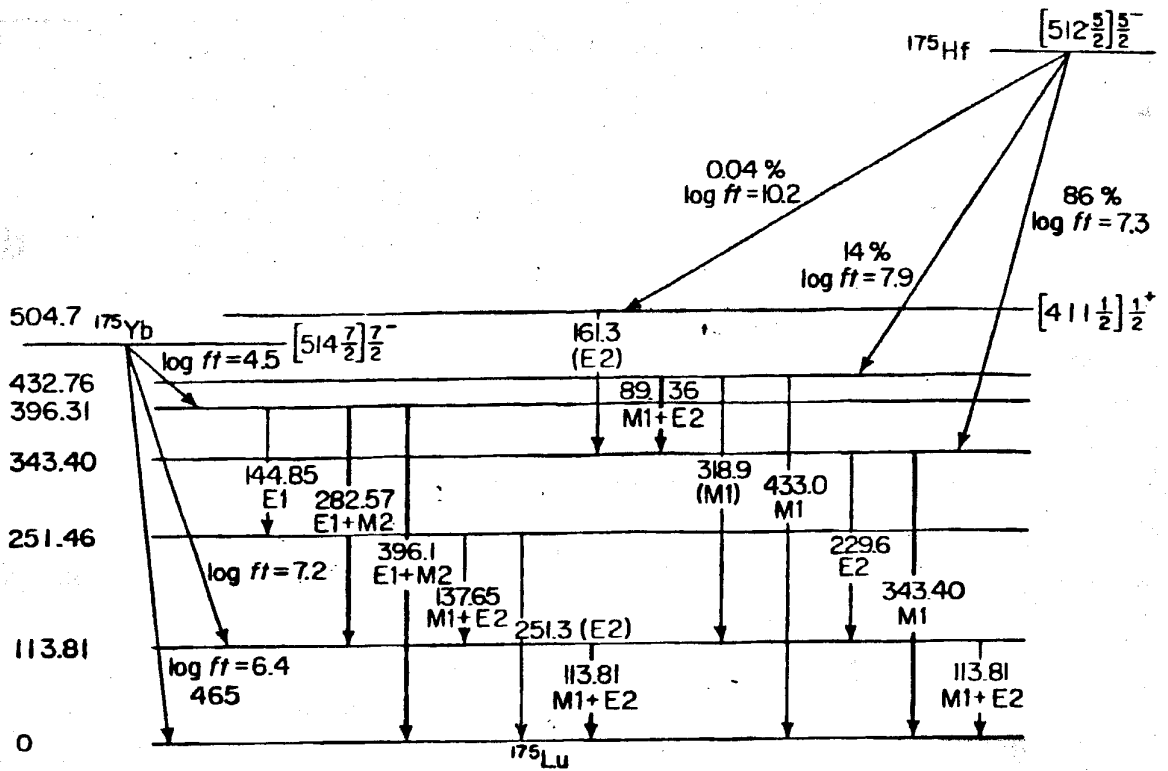


(1p)



7. Den totala energin som utsänds från solen är $3.83 \cdot 10^{26} \text{ Js}^{-1}$. Använd detta värde för att bestämma flödet av neutriner (antal per m^2 och sekund vid jordytan) från proton-proton cykeln. Antag att endast proton-proton cykeln bidrar till solens energiproduktion. Avståndet till solen är $1.5 \cdot 10^8 \text{ km}$.

(3p)



Figur 1

AC 212 0.93 s	AC 213 0.80 s	AC 214 8.2	AC 215 0.17 s	AC 216 0.32 ms	AC 217 1.0 μs	AC 218 0.27 μs	AC 219 7 μs	AC 220 26 ms	AC 221 52 ms	AC 222 43 s	AC 223 2.2 m	AC 224 2.9 μs	AC 225 10.0 d	AC 226 1.0 d	AC 227 1.8 s	AC 228 1.8 μs	AC 229 1.8 μs	AC 230 1.8 μs	AC 231 1.8 μs	AC 232 1.8 μs	AC 233 1.8 μs	AC 234 1.8 μs	AC 235 1.8 μs	AC 236 1.8 μs	AC 237 1.8 μs	AC 238 1.8 μs	AC 239 1.8 μs	AC 240 1.8 μs	AC 241 1.8 μs	AC 242 1.8 μs	AC 243 1.8 μs	AC 244 1.8 μs	AC 245 1.8 μs	AC 246 1.8 μs	AC 247 1.8 μs	AC 248 1.8 μs	AC 249 1.8 μs	AC 250 1.8 μs	AC 251 1.8 μs	AC 252 1.8 μs	AC 253 1.8 μs	AC 254 1.8 μs	AC 255 1.8 μs	AC 256 1.8 μs	AC 257 1.8 μs	AC 258 1.8 μs	AC 259 1.8 μs	AC 260 1.8 μs	AC 261 1.8 μs	AC 262 1.8 μs	AC 263 1.8 μs	AC 264 1.8 μs	AC 265 1.8 μs	AC 266 1.8 μs	AC 267 1.8 μs	AC 268 1.8 μs	AC 269 1.8 μs	AC 270 1.8 μs	AC 271 1.8 μs	AC 272 1.8 μs	AC 273 1.8 μs	AC 274 1.8 μs	AC 275 1.8 μs	AC 276 1.8 μs	AC 277 1.8 μs	AC 278 1.8 μs	AC 279 1.8 μs	AC 280 1.8 μs	AC 281 1.8 μs	AC 282 1.8 μs	AC 283 1.8 μs	AC 284 1.8 μs	AC 285 1.8 μs	AC 286 1.8 μs	AC 287 1.8 μs	AC 288 1.8 μs	AC 289 1.8 μs	AC 290 1.8 μs	AC 291 1.8 μs	AC 292 1.8 μs	AC 293 1.8 μs	AC 294 1.8 μs	AC 295 1.8 μs	AC 296 1.8 μs	AC 297 1.8 μs	AC 298 1.8 μs	AC 299 1.8 μs	AC 300 1.8 μs
------------------	------------------	---------------	------------------	-------------------	------------------	-------------------	----------------	-----------------	-----------------	----------------	-----------------	------------------	------------------	-----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

124

126

128

130

132

134

136

138

140

142

144

146

Fig 2

N	Z	A	El.	Orig.	S	Mass excess (keV)		Binding energy (keV)		Atomic mass (μ)		
1	0	1	n			8071.323	0.002	0.0	0.0	1	008664.9236	0.0023
0	1		H			7288.969	0.001	0.0	0.0	1	007825.0319	0.0006
1	1	2	H			13135.720	0.001	2224.573	0.002	2	014101.7779	0.0006
2	1	3	H			14949.794	0.002	8481.821	0.004	3	016049.2677	0.0014
1	2		He			14931.203	0.002	7718.058	0.002	3	016029.3094	0.0012
3	1	4	H	-n		26000	110	5500	110	4	027910	110
2	2		He			2424.911	0.001	28295.673	0.005	4	002603.2497	0.0015
1	3		Li	-p		25320	210	4620	210	4	027180	230
4	1	5	H	-nn		38490	700	1080	700	5	041320	750
3	2		He	-n		11390	50	27410	50	5	012220	50
2	3		Li	-p		11680	50	26330	50	5	012540	50
5	1	6	H	-3n		41860	260	5780	260	6	044940	280
4	2		He			17594.1	1.0	29269.1	1.0	6	018888.1	1.1
3	3		Li			14086.3	0.5	31994.5	0.5	6	015122.3	0.5
2	4		Be	-		18374	5	26924	5	6	019726	6
5	2	7	He	+		26110	30	28820	30	7	028030	30
4	3		Li			14907.7	0.5	39244.5	0.5	7	016004.1	0.5
3	4		Be			15769.5	0.5	37600.3	0.5	7	016929.3	0.5
2	5		B	+3n		27870	70	24720	70	7	029920	80
6	2	8	He			31598	7	31408	7	8	033922	8
5	3		Li			20945.2	0.6	41278.3	0.6	8	022485.6	0.6
4	4		Be			4941.66	0.04	56499.51	0.04	8	005305.09	0.04
3	5		B			22921.0	1.1	37737.8	1.1	8	024606.7	1.2
2	6		C	4n		35094	23	24782	23	8	037675	25
7	2	9	He	++		40820	60	30260	60	9	043820	70
6	3		Li			24954.0	1.9	45340.9	1.9	9	026789.2	2.1
5	4		Be			11347.7	0.4	58164.8	0.4	9	012182.2	0.4
4	5		B	-		12415.8	1.0	56314.3	1.0	9	013328.9	1.0
3	6		C	-pp		28914.0	2.1	39033.8	2.1	9	031040.4	2.3
7	3	10	Li	p-2n		33440	50	44920	50	10	035900	50
6	4		Be			12606.7	0.4	64977.1	0.4	10	013533.8	0.4
5	5		B			12050.8	0.3	64750.6	0.3	10	012937.1	0.3
4	6		C	-		15698.6	0.3	60320.5	0.3	10	016853.2	0.4
3	7		N	-		39700#	400#	35540#	400#	10	042620#	430#
8	3	11	Li			40790	40	45650	40	11	043790	50
7	4		Be	-n		20174	6	65481	6	11	021658	7
6	5		B			8668.0	0.4	76204.8	0.4	11	009305.5	0.4
5	6		C			10650.2	0.9	73440.3	0.9	11	011433.4	1.0
4	7		N	+3n		24960	180	58350	180	11	026800	190
8	4	12	Be	-nn		25077	15	68650	15	12	026921	16
7	5		B	+pn		13368.9	1.4	79575.2	1.4	12	014352.1	1.5
6	6		C			0.0	0.0	92161.754	0.014	12	000000.0	0.0
5	7		N			17338.1	1.0	74041.3	1.0	12	018613.2	1.1
4	8		O	--		32060	40	58530	40	12	034420	50
9	4	13	Be	++		35160	50	66640	50	13	037740	50
8	5		B	-nn		16562.3	1.1	84453.2	1.1	13	017780.3	1.1
7	6		C			3125.011	0.005	97108.065	0.017	13	003354.838	0.005
6	7		N			5345.46	0.27	94105.27	0.27	13	005738.58	0.29
5	8		O	+3n		23111	10	75558	10	13	024810	10
10	4	14	Be	x		39880	110	69990	110	14	042820	120
9	5		B	+		23664	21	85423	21	14	025404	23
8	6		C			3019.894	0.004	105284.506	0.019	14	003241.991	0.004
7	7		N			2863.419	0.002	104658.627	0.017	14	003074.0074	0.0018
6	8		O			8006.46	0.07	98733.23	0.08	14	008595.29	0.08
5	9		F	x		33610#	400#	72350#	400#	14	036080#	430#