RAPPELS ET COMPLEMENTS DE PHYSIQUE NUCLEAIRE

RAPPELS : Vocabulaire, Notion de masse
Desintégrations, Sections efficaces

GRANDEURS et DONNEES UTILES

SYSTEMATIQUE NUCLEAIRE : quelques statistiques, mises en evidences des effets de parité, des nombres magiques, des éléments s, p et r
quelques particularités

Le PLAN (N, Z) : vallée de stabilité, neutron et proton "drip-line", limites de fission

MODELES NUCLEAIRES : le modèle en couches "shell model"
→ Formules de masses

REACTIONS NUCLEAIRES : notation, classification, la théorie d'Hauser - Feshbach

BILANS ENERGETIQUES : réactions nucléaires
désintégrations failles
particularisation à l'astrophysique

DIVERS : transitions electromagnétiques, largeurs réduites

RAPPELS

VOCABULAIRE : notation $\;{}^{A}_{Z}X^{g,m,*\ldots}_{N}$

Isobares (A) nucléons
Isotopes (Z) protons $\quad A = Z + N$
Isotones (N) neutrons

Isomères

Spin isotopique $T_3 = T_z = \frac{1}{2}(N-Z)$

(ex phys part. : $\frac{1}{2}(Z-N)$)

$\longrightarrow$ noyaux miroirs $T_3 \to -T_3$

Désintégrations α
" " " β^+, β^-, CE
" " " γ

Période, durée de vie $T_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$

$\tau = 1/\lambda$

notations particulières :

$\longrightarrow$

n	Z=0	A=1	
p	Z=1	A=1	${}^{1}_{1}H_0$
d	Z=1	A=2	${}^{2}_{1}H_1 = D$
t	Z=1	A=3	${}^{3}_{1}H_2 = T$
τ	Z=2	A=3	${}^{3}_{2}He_1$
α	Z=2	A=4	${}^{4}_{2}He_2$

RAPPELS

NOTIONS DE MASSE

masse atomique : $M(A,Z)$

masse nucléaire : $\mathcal{M}(A,Z)$

$$M(A,Z) = \mathcal{M}(A,Z) + Z m_{e^-} - \sum_i b_i(e^-)$$
$$\simeq \mathcal{M}(A,Z) + Z m_{e^-}$$

IS

$B_e(Z) \simeq 15.7\ Z^{7/3}$ eV

Excès de masse : $E(A,Z) = M(A,Z) - A \cdot 1u$

par définition de u : $E(^{12}C) = 0$

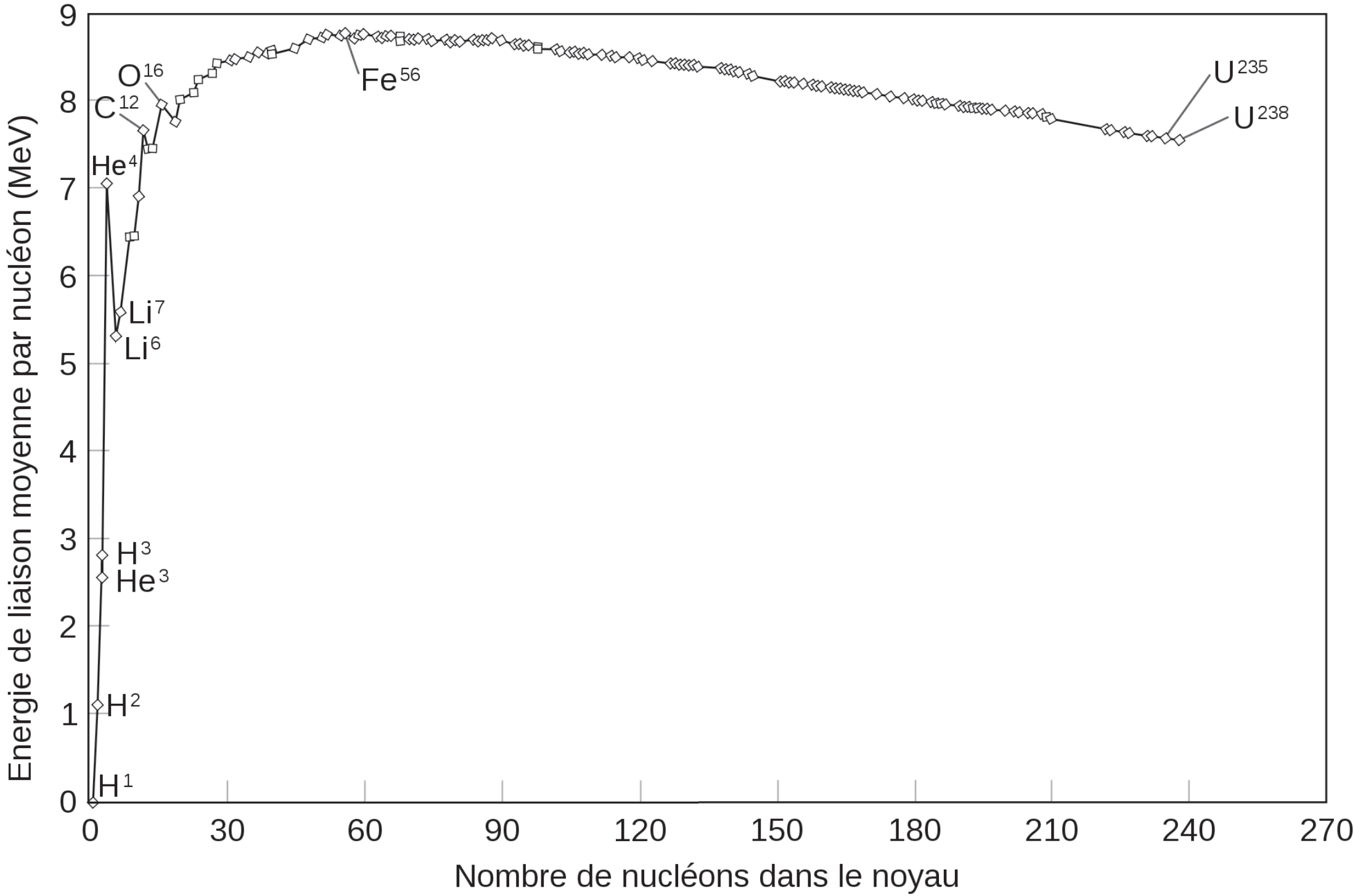
$1 u c^2 \simeq 931.5$ MeV

Défaut de masse, Energie de liaison (nucléaire) $B(A,Z)$

$$B(A,Z) = Z m_p + N m_n - \mathcal{M}(A,Z)$$
$$\simeq Z m_H + N m_n - M(A,Z)$$

→ COURBE B/A

Energies de séparation : S_n, S_p, S_{2n}, S_{2p} ....


Energie de liaison moyenne par nucléon (MeV)
Nombre de nucléons dans le noyau
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
0
30
60
90
120
150
180
210
240
270
H1
H2
He3
H3
He4
Li6
Li7
C12
O16
Fe56
U235
U238

Segré p 282

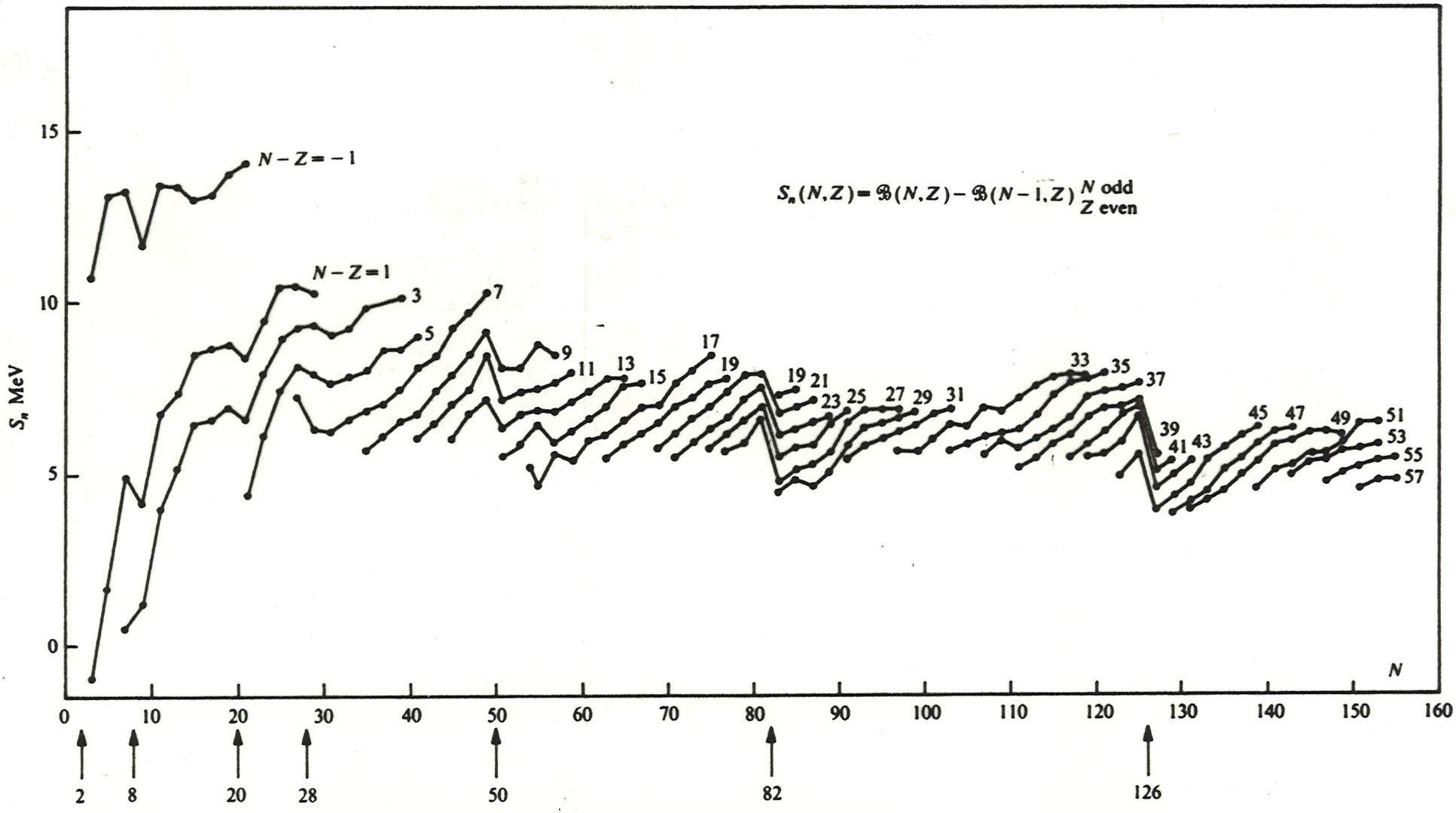


Figure 6-35 Neutron separation energies S_n taken from the compilation by J. H. E. Mattauch, W. Thiele, and A. H. Wapstra, *Nuclear Phys.*, 67, 1 (1965).

Segré p 283

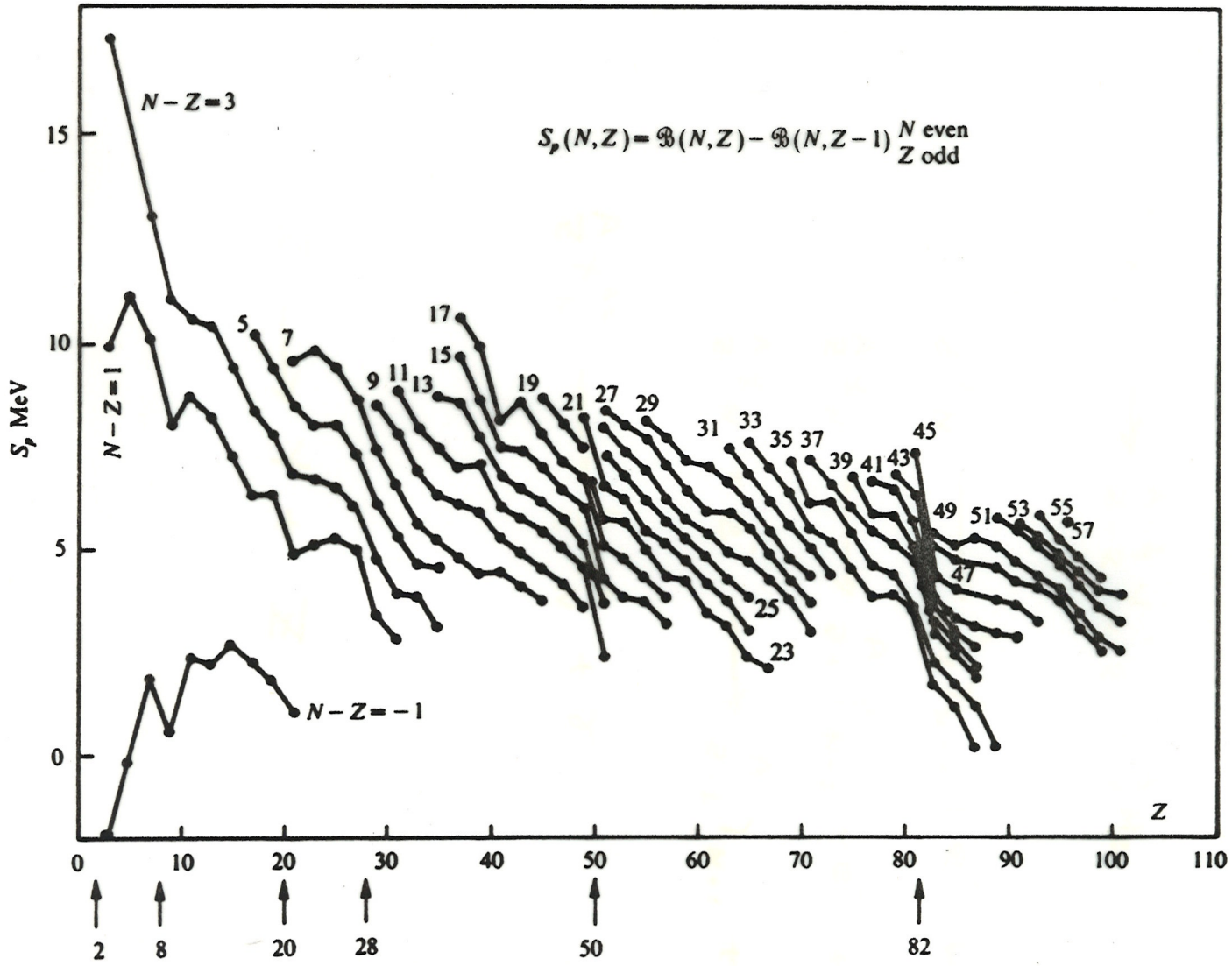


Figure 6-36 Proton separation energies S_p taken from the compilation by J. H. E. Mattauch, W. Thiele, and A. H. Wapstra, *Nuclear Phys.*, **67**, 1 (1965).

RAPPELS

SECTIONS EFFICACES : σ

$$dn = \sigma \underbrace{\phi S\, dt}_{\text{projectile}} \underbrace{e\, x}_{\text{cible}} \qquad \Sigma = \sigma e$$

$$d\sigma = \left(\frac{\partial \sigma}{\partial \Omega}\right) d\Omega \qquad \text{Unité : } 1\,\text{barn} = 10^{-24}\,\text{cm}^2$$

pour $\psi(\theta)_{r \to +\infty} = \left(e^{ikz} + f(\theta)\frac{e^{ikr}}{r}\right) e^{-i\omega t}$; $\frac{d\sigma}{d\Omega} = |f(\theta)|^2$

facteur de forme :

"composite" = A × "Individuel"

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{comp} = A^2\, F(q)^2 \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{ind}$$

↑ moment transféré

GRANDEURS et DONNEES UTILES

$m_p = 1.007\ 276\ 470\ (12)\ m_u$ $\qquad m_p c^2 = 938.272\ 31(28)$ MeV

$m_n = 1.008\ 664\ 904\ (14)\ m_u$ $\qquad m_n c^2 = 939.565\ 63(28)$ MeV

$m_H = 1.007\ 825\ 035\ (12)\ m_u$ $\qquad m_H c^2 = 938.783\ 30(28)$ MeV

$m_e = 0.000\ 548\ 579\ 903\ (13)\ m_u$ $\qquad m_e c^2 = 510.999\ 06\ (15)$ keV

(548 580 260 (210)) $\qquad$ (511.0034 (14))

$1\,u = 1.660\ 540\ 2(10)\ 10^{-27}$ kg $\qquad$ (1.660 566(09))

$1\,eV = 1.602\ 177\ 33(49)\ 10^{-19}$ J

$1/\alpha = 137.035\ 989\ 5\ (61)$

$\hbar = 1.054\ 572\ 66\ (63)\ 10^{-34}$ J.s

$1\mu c^2 = 931.494\ 32\ (28)$ MeV $\qquad$ (931.5012 (03))

$\hbar c = 197.327\ 053\ (59)$ MeV.fm

$\underline{e^2 \equiv \alpha \hbar c}$

$\Gamma(eV).\ \tau(fs) \simeq 0.66$

$R = r_0 A^{1/3}$ $\qquad r_0 \simeq 1.4$ fm $\qquad \dfrac{e^2}{r_0} \simeq 1.$

$\dfrac{\hbar^2}{m_{nuc}} \simeq 41.47$ MeV fm^2

ref : Wapstra and Audi Nucl. Phys A 432 (1985)

ref : Cohen and Taylor Rev. Mod. Phys. 59 (1987)

Segré p223

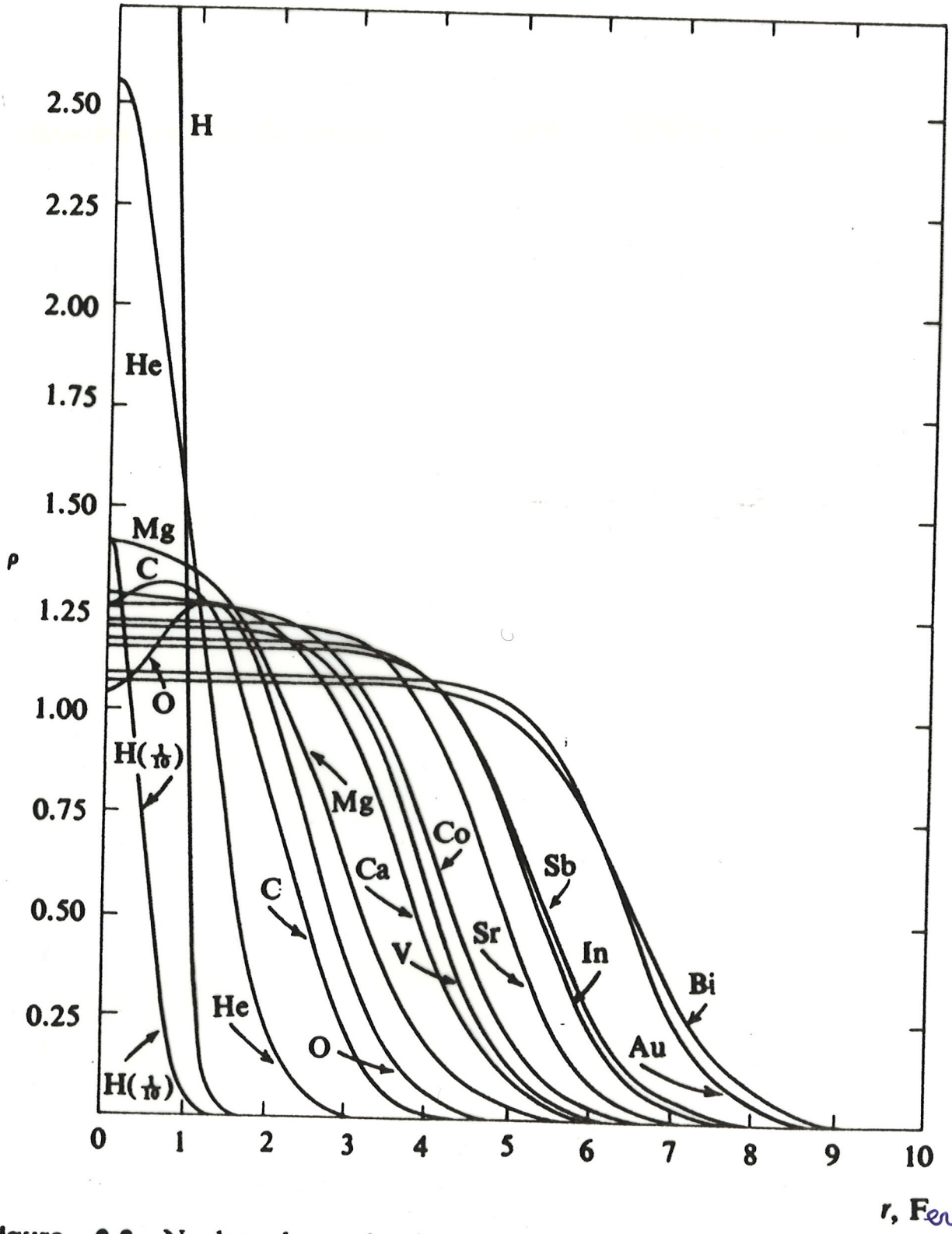


Figure 6-8 Nuclear charge density as a function of distance from the center of the nucleus found by electron scattering methods. Ordinate unit: 10^{19} C cm^{-3}. [R. Hofstadter, *Ann. Rev. Nucl. Sci.*, 7, 231 (1957).]

NUBASE data on 180Ta

SECOND ISOMERIC STATE

Excitation Energy : 1451.0 (1.0) keV
Half life : 45 (2) us
Jπ : 15^-
Decay Mode(s) :

FIRST ISOMERIC STATE

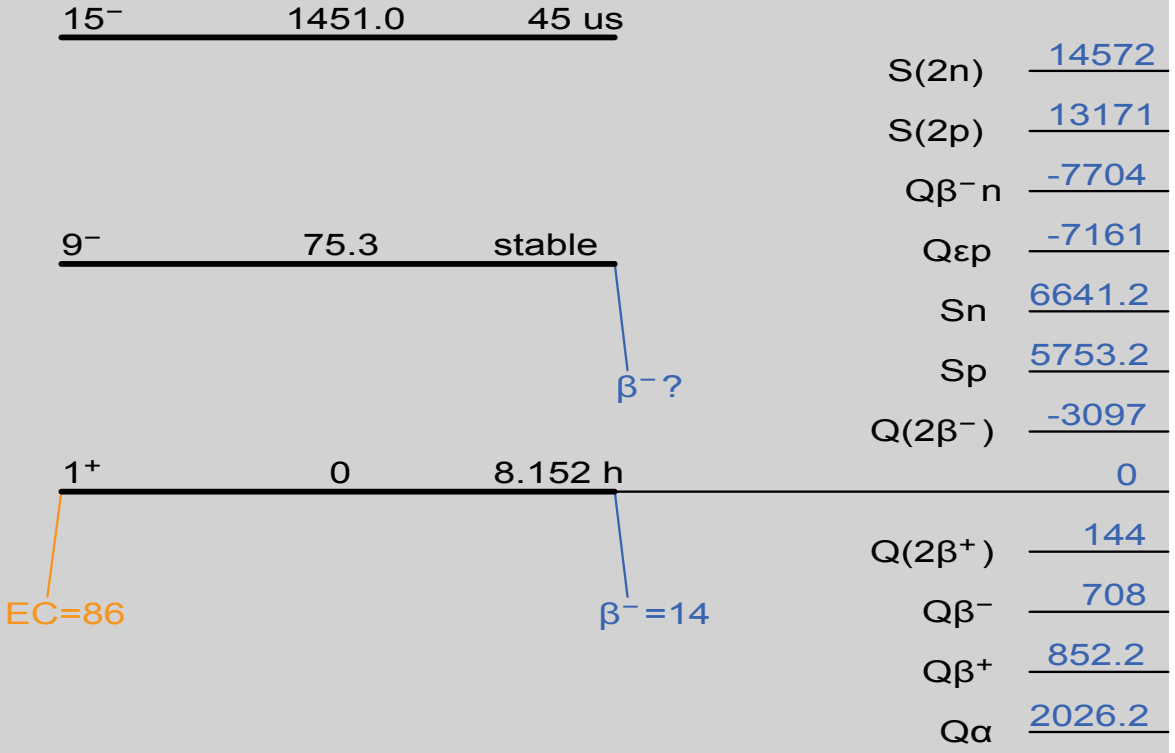
Excitation Energy : 75.3 (1.3) keV from RQ
Half life : stable (>1.2Py)
Jπ : 9^-
Abundance=0.012 (2)%, β^-?

GROUND STATE

Mass Excess : −48936.2 (2.2) keV
Half life : 8.152 (0.006) h
Jπ : 1^+
Decay Mode(s) : EC=86 (3)%, β^-=14 (3)%

Sn = 6641.2 (2.5)
Sp = 5753.2 (2.5)
Qα = 2026.2 (2.6)
Qβ⁻ = 708 (4)
Qβ⁻n = -7704 (16)
Qβ⁺ = 852.2 (2.5)
Qεp = -7161 (6)

S(2n) = 14572 (15)
S(2p) = 13171 (3)
Q(2β⁻) = -3097 (22)
Q(2β⁺) = 144 (4)



SOURCES D'INFORMATION (noyaux)

Tables de masses : Bilans d'énergie ....

A.H. Wapstra and Georges Audi Nucl. Phys. A 432 (1985) 1-54
Nucl. Phys. A 432 (1985) 55 - 139

"Tables" d'isotopes : "information rapide" ou schémas de désintégration

(chart of nuclides (USA) / " " " " " (RFA)) } plan (N, Z)

C.M. Lederer and V.S Shirley 7ème ed (1977)

Taux de désintégration β^+, β^-, CE : en usage pour l'astrophysique

quelques noms : G.M. Fuller, Newman (FFN in Ap. J.)
K. Takahashi, Yokoi (ADNDT, A. Ap. ...)

Banque de données nucléaires : (accessible par réseau télématique)

NEADB (OCDE) siée à Saclay

equation d'état de la matière nucléaire

Nucl. Phys. A, A. Ap.

Evolution of the *Table of Isotopes*

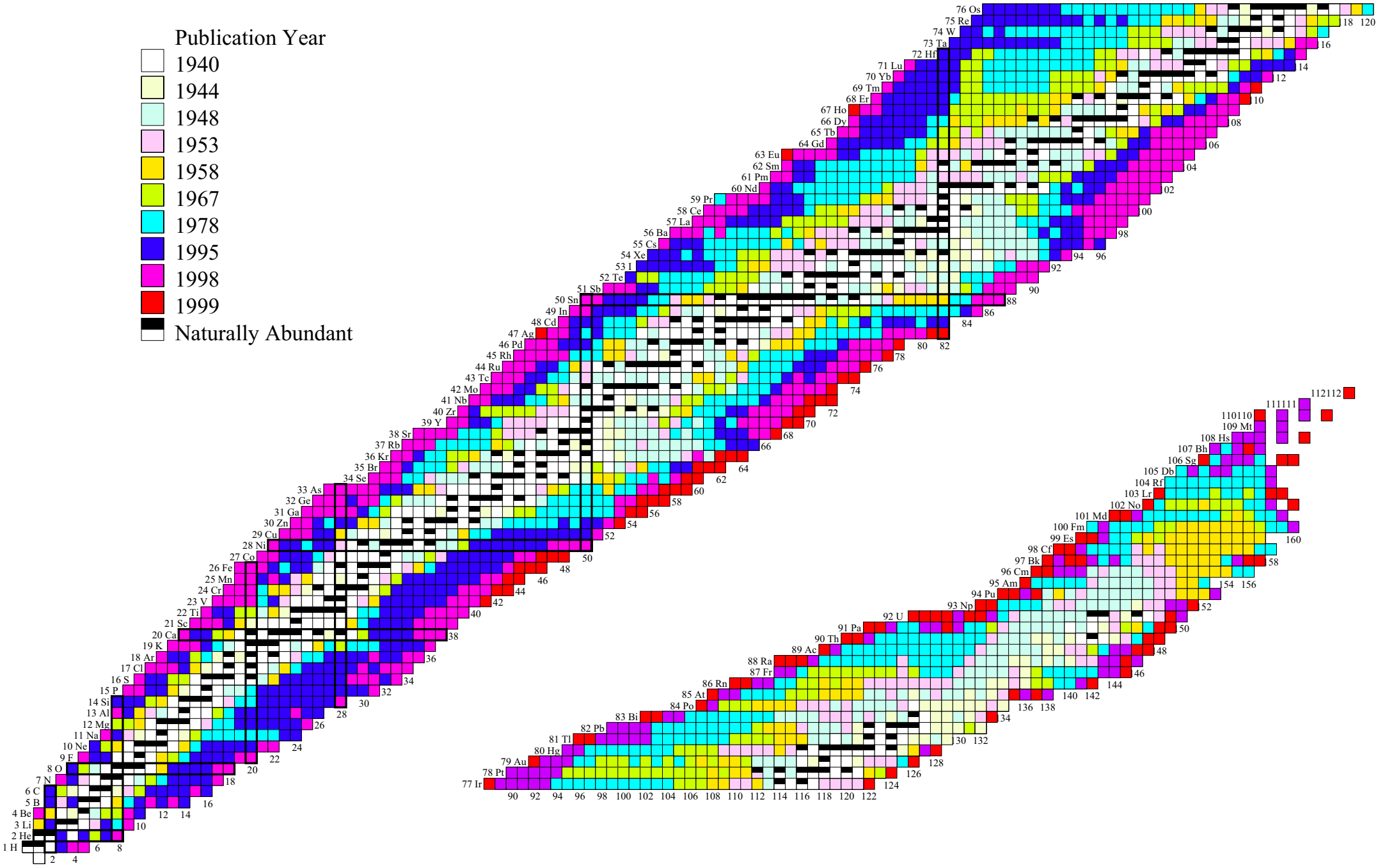


Table of Isotopes

SEVENTH EDITION

Edited by

C. Michael Lederer
and **Virginia S. Shirley**

Principal Authors

Edgardo Browne
Janis M. Dairiki
Raymond E. Doebler

Authors

Adnan A. Shihab-Eldin
Leslie J. Jardine
Jagdish K. Tuli
Audrey B. Buyrn

