

Μονάδες και ποσότητες χρήσιμες στην Πυρηνική...

Τάσος Λιόλιος
Μάθημα Πυρηνικής Φυσικής

Προθέματα μονάδων

για τα πολλαπλάσια και τα υπο-πολλαπλάσιά τους

SI prefixes

Factor	Name	Symbol	Factor	Name	Symbol
10^{24}	yotta	Y	10^{-1}	deci	d
10^{21}	zetta	Z	10^{-2}	centi	c
10^{18}	exa	E	10^{-3}	milli	m
10^{15}	peta	P	10^{-6}	micro	μ
10^{12}	tera	T	10^{-9}	nano	n
10^9	giga	G	10^{-12}	pico	p
10^6	mega	M	10^{-15}	femto	f
10^3	kilo	k	10^{-18}	atto	a
10^2	hecto	h	10^{-21}	zepto	z
10^1	deka	da	10^{-24}	yocto	y

ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ και ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Μήκος

- Διαστάσεις πυρήνων 1 – 7 fm
- Συνήθης μονάδα: $10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fm}$ (femtometer ή fermi)

Χρόνος

- Μεταβολές πυρήνων (α , β , γ -διασπάσεις)

Από 10^{-20} sec , μέχρι 10^{10} years

Π.χ. Ο μέσος χρόνος ζωής του ^8Be είναι $6.7 \cdot 10^{-17} \text{ s}$, ενώ του ^{232}Th είναι $14 \times 10^9 \text{ yr} = 4 \times 10^{17} \text{ s}$ (όσο η ηλικία του σύμπαντος).

ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ και ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Μάζα

- Μονάδα Ατομικής Μάζας (unified atomic mass unit):
 1 u ή 1 amu

Το u ορίζεται ως το $1/12$ της μάζας του ατόμου του ισοτόπου ^{12}C . Αυτό είναι περίπου ίσο με τη μάζα ενός ατόμου υδρογόνου ^1H (1.007825 u) και άρα περίπου ίσο με τη μάζα ενός πρωτονίου $m_p = 1.0072765 \text{ u} = 938.272 \text{ MeV}/c^2$).

- Συχνά για τις πυρηνικές διασπάσεις και αντιδράσεις χρησιμοποιείται η ισοδύναμη ενέργεια των ατομικών μαζών. Η μετατροπή δίνει:

$$1 \text{ u} \approx 931.5 \text{ MeV}/c^2$$

Table 23 MASSES OF SOME NUCLIDES

Element	Symbol	Atomic mass* (u)**	Element	Symbol	Atomic mass* (u)**
hydrogen	^1_1H	1.007825	sodium	$^{23}_{11}\text{Na}$	22.9898
deuterium	^2_1H	2.0140	magnesium	$^{24}_{12}\text{Mg}$	23.98504
helium	^3_2He	3.01603		$^{25}_{12}\text{Mg}$	24.98584
	^4_2He	4.00260		$^{26}_{12}\text{Mg}$	25.98259
lithium	^6_3Li	6.01512	sulfur	$^{32}_{16}\text{S}$	31.97207
	^7_3Li	7.01600	chlorine	$^{35}_{17}\text{Cl}$	34.96885
beryllium	^9_4Be	6.0197		$^{37}_{17}\text{Cl}$	36.96590
	$^{10}_4\text{Be}$	8.0053	potassium	$^{39}_{19}\text{K}$	38.96371
	$^{9}_4\text{Be}$	9.01218		$^{41}_{19}\text{K}$	40.96184
boron	$^{10}_5\text{B}$	10.0129	krypton	$^{95}_{36}\text{Kr}$	94.9
	$^{11}_5\text{B}$	11.00931	molybdenum	$^{100}_{42}\text{Mo}$	99.9076
carbon	$^{12}_6\text{C}$	12.00000	silver	$^{107}_{47}\text{Ag}$	106.90509
	$^{13}_6\text{C}$	13.00335		$^{109}_{47}\text{Ag}$	108.9047
nitrogen	$^{12}_7\text{N}$	12.0188	tellurium	$^{137}_{52}\text{Te}$	136.91
	$^{14}_7\text{N}$	14.00307	barium	$^{138}_{56}\text{Ba}$	137.9050
	$^{15}_7\text{N}$	15.00011	lead	$^{214}_{82}\text{Pb}$	213.9982
oxygen	$^{16}_8\text{O}$	15.99491	bismuth	$^{214}_{83}\text{Bi}$	213.9972
	$^{17}_8\text{O}$	16.99914	polonium	$^{218}_{84}\text{Po}$	218.0089
	$^{18}_8\text{O}$	17.99916	radon	$^{222}_{86}\text{Rn}$	222.0175
fluorine	$^{19}_9\text{F}$	18.99840	radium	$^{228}_{88}\text{Ra}$	228.0303
neon	$^{20}_{10}\text{Ne}$	19.99244	thorium	$^{232}_{90}\text{Th}$	232.0382
	$^{22}_{10}\text{Ne}$	21.99138	uranium	$^{235}_{92}\text{U}$	235.0439
				$^{238}_{92}\text{U}$	238.0508
			plutonium	$^{239}_{94}\text{Pu}$	239.0522

*Atomic mass of neutral atom is given.

**1 atomic mass unit (u) = $1.6605655 \times 10^{-27}$ kg.

ΜΟΝΑΔΕΣ ΚΑΙ και ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΜΕΓΕΘΩΝ ΣΤΗΝ ΠΥΡΗΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

Ενέργεια

Μεταβολές ενέργειας στους πυρήνες (α, β, γ-διασπάσεις)
- Ενέργεια των πυρηνικών αντιδράσεων:

Από λίγες δεκάδες keV μέχρι λίγες δεκάδες MeV

- Συνήθης μονάδα το MeV,

όπου: $1 \text{ eV} = 1\text{e} \cdot 1\text{V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \cdot 1\text{V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Οι τιμές των πυρηνικών ενεργειακών μεταβολών και αντιδράσεων είναι πολύ μικρότερες από την ισοδύναμη ενέργεια των περισσότερων ατομικών μαζών, γι' αυτό η Πυρηνική Φυσική χαρακτηρίζεται ως «**φυσική χαμηλών ενεργειών**» (ενώ η Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων χαρακτηρίζεται ως «**φυσική υψηλών ενεργειών**»). Ως εκ τούτου στην Πυρηνική Φυσική δικαιολογείται η χρήση μη σχετικιστικών τύπων για την ενέργεια και ορμή των πυρήνων (αλλά όχι των ηλεκτρονίων).

Η συνήθης μονάδα ενέργειας στην Πυρηνική Φυσική
είναι το **MeV**.

Σαν μονάδα μήκους χρησιμοποιείται το **fm** (femtometer
ή fermi) = 10^{-15} m.

Χρήσιμες ποσότητες:

$$\hbar c = 197.3 \text{ MeV}\cdot\text{fm}$$

$$(\hbar c)^2 = 0.3894 \text{ (GeV)}^2\cdot\text{mb}$$

Π.χ. για φωτόνια: $E = h\nu = 2\pi\hbar c/\lambda = (1239 \text{ MeV}\cdot\text{fm})/\lambda$

για ηλεκτρόνια: $mv \equiv p = h/\lambda = 2\pi\hbar c/c\lambda = (1239 \text{ MeV}\cdot\text{fm})/c\lambda$

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Σχέση μεταξύ ενέργειας και μήκους κύματος φωτονίων:

$$E = h\nu = \hbar\omega = 2\pi\hbar\nu = 2\pi\hbar\frac{c}{\lambda}$$

Π.χ. για $\lambda = 1 \text{ fm}$, προκύπτει:

$$E = 2\pi\frac{\hbar c}{\lambda} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 197.3 \text{ MeV} \cdot \text{fm}}{1 \text{ fm}} = 1239 \text{ MeV} = 1.24 \text{ GeV}$$

ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η σταθερά της λεπτής υφής α , ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας του ηλεκτρονίου στην βασική κατάσταση του H (δηλ. στην πρώτη ακτίνα Bohr) προς την ταχύτητα του φωτός:

$$\alpha = \frac{v_1}{c} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{\hbar c}$$

Η σταθερά α είναι καθαρός αριθμός (ως λόγος δύο ταχυτήτων) και ισούται με $1/137.036 \approx 10^{-2}$.

Η σταθερά της λεπτής υφής αντιπροσωπεύει επίσης την ισχύ των ΗΜ αλληλεπιδράσεων (αφού είναι ανάλογη του γινομένου $e \cdot e$).