

1

Τό Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) (Έφαρμογή στήν Ιατρική)

1.1. Γενικές Αρχές

1.2. Έφαρμογές του SI στίς Ιατρικές Επιστήμες

SI

Μονάδες (Βασικές, Συμπληρωματικές, Ενσωματωμένες και Πρόσκαιρα Αποδεκτές) – Σύμβολα
– Μετρούμενες Ποσότητες

Είδος Μονάδων	Μονάδα	Σύμβολο	Μετρούμενη Ποσότητα
Βασικές	Μέτρο Χιλιόγραμμο Δευτερόλεπτο ampère kelvin Candela mole	m Kg s A K cd mol	Μῆκος Μάζα Χρόνος 'Ηλεκτρικό Ρεῦμα Θερμοκρασία Φωτεινή Ενταση Ποσό Ούσιας
Συμπληρωματικές	'Ακτίνιο Στερακτίνιο	rad sr	'Επίπεδη Γωνία Στερεά Γωνία
Ενσωματωμένες	Λεπτό 'Ωρα 'Ημέρα Μοίρα Πρώτο Λεπτό Δεύτερο Λεπτό Λίτρο Τόννος	min h d ° ' .. l t	Χρόνος Χρόνος Χρόνος 'Επίπεδη Γωνία 'Επίπεδη Γωνία 'Επίπεδη Γωνία "Ογκος Μάζα
Πρόσκαιρα Αποδεκτές	angström barn bar Φυσική Ατμόσφαιρα curie röntgen rad	Å b bar atm Ci R rad (ñ rd)	Μῆκος 'Επιφάνεια Πίεση Πίεση Ραδιενέργεια ('Ενεργότητα) 'Εκθεση στήν Ακτινοβολία Δόση Ακτινοβολίας

1

Τό Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) (Έφαρμογή στήν Ιατρική)

1.1. Γενικές Αρχές

Τό Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI, Système International d' Unités) είναι ένα σύστημα μονάδων άπλο, λογικό και πλήρες. Τό σύστημα αυτό καλύπτει όλες τις μετρήσεις που γίνονται στήν έπιστημη και τήν τεχνολογία και φιλοδοξεῖ νά καλύπτει, όχι μόνο τις τωρινές, άλλα και τις μελλοντικές άνάγκες και νά καθιερωθεῖ σέ όλες τις χώρες του κόσμου.

"Ενα πρόβλημα που άπασχολεῖ κάθε άνθρωπο, και ίδιαίτερα δύσους άσχολούνται μέ τήν έπιστημη και τήν τεχνολογία, είναι ή ποικιλομορφία τῶν διάφορων μονάδων, που χρησιμοποιούνται ώς μονάδες μετρήσεων. Συχνά ό δρισμός τῶν διάφορων μονάδων έχει γίνει κατά τρόπο τυχαίο ή αὐθαίρετο και άπαιτει ἀπομνημόνευση ἀριθμῶν και ἐπίσης συχνά, γιά τήν ίδια φυσική ποσότητα, χρησιμοποιούνται πολλές διαφορετικές μονάδες. "Ετσι, π.χ. γιά τό μῆκος χρησιμοποιούνται διαφορετικές μονάδες στίς Εύρωπαικές και στίς Ἀγγλοσαξονικές χώρες (χιλιόμετρο και μίλι, ἀντιστοίχως) διαφορετικές μονάδες στήν ξηρά και στή θάλασσα (μίλι, 1609 μέτρα και ναυτικό μίλι 1853 μέτρα), ή ἐνέργεια μετριέται σέ kWh, θερμίδες, joules κ.λπ.

Στήν ιατρική έπιστημή ή συγκέντρωση διάφορων ούσιων μετριέται κατά διαφορετικούς τρόπους (π.χ. mg% ή mgEq/1), ή ἀρτηριακή πίεση μετριέται σέ mm Hg ή cm Hg, ἐνώ ή φλεβική πίεση μετριέται σέ cm H₂O κλπ.

Προσπάθειες γιά τήν καθιέρωση ἐνός ἐνιαίου συστήματος μονάδων μετρήσεων έχουν ἀρχίσει ἀπό τό 1791, στή Γαλλία, μέ τόν δρισμό του μέτρου (m). Σύμφωνα μέ τόν δρισμό αὐτόν τό m ίσονται μέ τό $1/40 \times 10^6$ τού μεσημβρινού τῆς γῆς που περνᾶ ἀπό τό Παρίσι. Τό 1863, σέ μιά διεθνή διάσκεψη, που δργανώθηκε μέ πρωτοβουλία "Ἀγγλων ἐπιστημόνων, δρίστηκε ένα σύστημα μονάδων, βασιζόμενο στό μέτρο (m), τό γραμμάριο (g) και τό δευτερόλεπτο (s). Ἀλλά τό 1873 τροποποιήθηκε μιά ἀπό τις βασικές μονάδες του συστήματος αὐτού και δρίστηκε τό γνωστό C.G.S. σύστημα μέ μονάδες

τό cm, τό g και τό s. Τό σύστημα αὐτό ἦταν ίδιαίτερα χρήσιμο γιά τή Μηχανική, ἀλλά βέβαια δέν κάλυπτε όλες τις άνάγκες τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν. Στά τέλη του 19ου αἰώνα, τό 1889, δόθηκε ἄλλος δρισμός του m και συγκεκριμένα ώς τό δρίστηκε ή ἀπόσταση μεταξύ δύο χαραγῶν σέ μιά εἰδική ράβδο κράματος λευκοχρύσου - ἵριδίου, που φυλασσόταν, μέ εἰδικές συνθῆκες, στό Διεθνές Γραφεῖο Μέτρων και Σταθμῶν. Τό 1901 προτάθηκε ένα ἄλλο σύστημα μονάδων, βασιζόμενο στό μέτρο, τό χιλιόγραμμο και τό δευτερόλεπτο, στό δρισμό προτάθηκε νά προστεθεῖ μιά ἀκόμα μονάδα, που νά ἀναφέρεται στόν ἡλεκτρισμό, χωρίς νά έχει τότε καθοριστεῖ ή μονάδα αὐτή. Τό σύστημα αὐτό δονομάστηκε M.K.S. σύστημα ή σύστημα Giorgi, σύμφωνα μέ τό δρισμα του 'Ιταλοῦ φυσικοῦ που τό πρότεινε. Τό 1950 δρίστηκε ώς μονάδα ἡλεκτρισμοῦ τό ampère και τό σύστημα δονομάστηκε M.K.S.A. Τό σύστημα αὐτό ἔγινε τελικά διεθνῶς δεκτό τό 1954. Τό 1960 προστέθηκαν στό σύστημα M.K.S.A. ἄλλες δύο βασικές μονάδες (kelvin και candela) και τό σύστημα αὐτό μετονομάστηκε σέ Διεθνές Σύστημα Μονάδων (Système International d' Unités, SI). Τό 1971 στό SI προστέθηκε ἄλλη μιά βασική μονάδα, τό mole. Τό 1977 ό Παγκόσμιος Ὀργανισμός Υγείας (WHO, World Health Organisation) ἀποφάσισε νά συστήσει τήν έφαρμογή του SI στίς ιατρικές ἐπιστήμες. Οι βασικές μονάδες του SI, δσο προσεκτικά και ἀν είναι διαλεγμένες, δέ φιλοδοξούν νά καλύψουν μόνες τους, χωρίς προσθήκες ἄλλων μονάδων, όλες τις άνάγκες μετρήσεων. Ἀποτελούν δύμως μιά καλή βάση, δπως θά ἐξηγηθεῖ ἀργότερα.

Οι βασικές φυσικές ποσότητες και μονάδες του SI είναι οι ἔξης: Μῆκος, μέ μονάδα τό μέτρο (m), μάζα, μέ μονάδα τό χιλιόγραμμο (kg), χρόνος, μέ μονάδα τό δευτερόλεπτο (s), ἡλεκτρικό ρεῦμα, μέ μονάδα τό ampère (A), φωτεινή ἐνταση, μέ μονάδα τήν candela (cd), θερμοδυναμική θερμοκρασία, μέ μονάδα τό kelvin (K) και ποσό ούσιας, μέ μονάδα τό mole (mol). Οι δρισμοί τῶν βασικῶν αὐτῶν μονάδων είναι λεπτομερειακοί και πολύπλοκοι, δπως φαίνεται στόν πίνακα 1.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.Οι Βασικές Μονάδες του Συστήματος SI

Μονάδα	Όρισμός
m (Μέτρο)	Μήκος ίσο πρός $1\ 650\ 763,73$ φορές τό μήκος κύματος στό κενό .της άκτινοβολίας πού ἀντιστοιχεῖ στή μετάπτωση μεταξύ τῶν ἐπιπέδων $2_{\text{p}10}$ καὶ $5_{\text{d}5}$ τοῦ ἀτόμου τοῦ Kr-86.
Kg (Χιλιόγραμμο)	Ἡ μάζα τοῦ διεθνοῦς πρωτοτύπου τοῦ χιλιογράμμου. (΄Αναμένεται νέος όρισμός).
s (Δευτερόλεπτο)	Ἡ χρονική διάρκεια $9\ 192\ 631\ 770$ περιόδων άκτινοβολίας πού ἀντιστοιχεῖ στή μετάπτωση μεταξύ τῶν δύο ύπερλεπτῶν ἐπιπέδων τῆς θεμελιώδους καταστάσεως τοῦ Cs-133.
ampère	Τό σταθερό ήλεκτρικό ρεῦμα τό δόποιο, ὅταν διαρρέει δύο εὐθύγραμμους ἀγωγούς, παράληλους μεταξύ τους, ἀπειρους μήκους καί ἀμελητέας διατομῆς, πού ἀπέχουν $1\ \text{m}$ μεταξύ τους, στό κενό, δημιουργεῖ μιά δύναμη μεταξύ τῶν ἀγωγῶν αὐτῶν, ίση πρός 2×10^{-7} newton ἀνά m μήκους τῶν ἀγωγῶν αὐτῶν.
kelvin	Τό κλάσμα $1/273,16$ τῆς θερμοδυναμικῆς ίσορροπίας τοῦ τριπλοῦ σημείου τοῦ ӯδατος.
candela	Ἡ φωτεινή ἔνταση, σέ κάθετη διεύθυνση, ἐπιφάνειας $1/600000$ τετραγωνικῶν μέτρων ἐνός μέλανος σώματος, πού βρίσκεται στή θερμοκρασία τοῦ σημείου τήξεως τοῦ λευκοχρύσου ὑπό πίεση $101\ 325$ newtons ἀνά τετραγωνικό μέτρο.
mol (mole, ποσό ούσιας)	Ἡ ποσότητα τῆς ούσιας ἐνός συστήματος πού περιέχει τόσες στοιχειώδεις ὄντότητες, ὅσα ἄτομα περιέχονται σέ $0,012\ \text{kg}$ C-12. Οι στοιχειώδεις αὐτές ὄντότητες μπορεῖ νά είναι ἄτομα, μόρια, ιόντα, ήλεκτρόνια, ἄλλα σωματίδια ἢ ὅμαδες σωματιδίων. (Κάθε φορά πού χρησιμοποιεῖται ἡ μονάδα mole πρέπει νά ἀναφέρεται συγκεκριμένα ἡ φύση τῶν ὄντοτήτων αὐτῶν).

Ἡ φιλοδοξία τοῦ SI, νά καλύψει ὅλες τίς μετρήσεις πού γίνονται στήν Έπιστήμη καί τήν Τεχνολογία, κατά ἐνιαῖο καί ἀπλό τρόπο, δέν πραγματοποιεῖται μέ τίς 7 βασικές μονάδες τοῦ πίνακα 1.1. Γιά τό λόγο αὐτόν, στίς βασικές μονάδες τοῦ SI, ἔχουν προστεθεῖ ἄλλα δύο εἰδη μονάδων, οἱ συμπληρωματικές καί οἱ παράγωγες. Ἐτσι οἱ μονάδες

τοῦ SI διακρίνονται σέ βασικές, συμπληρωματικές καί παράγωγες.

Συμπληρωματικές μονάδες είναι τό ἀκτίνιο (rad) γιά τήν ἐπίπεδη γωνία καί τό στερακτίνιο (sr) γιά τή στερεά γωνία. (Τό σύμβολο «rad» γιά ἐπίπεδη γωνία συγχέεται μέ τό σύμβολο «rad» πού

χρησιμοποιείται γιά τή μέτρηση δόσεως άκτινοβολίας. Γιά τό λόγο αυτόν προτάθηκε ή μετατροπή του συμβόλου του τελευταίου σε «rd», άλλα ή πρόταση δέν έχει γίνει δεκτή). Τό άκτινιο δρίζεται ώς ή έπικεντρη γωνία, ή όποια σέ κύκλο μέ άκτινα r , ύποτείνει τόξο μήκους θ πρός r . Τό στερακτίνιο δρίζεται ώς ή στερεά γωνία ένός κώνου, δύο όποιος, δέν έχει ώς κορυφή τήν ίδια κορυφή μέ σφαίρα άκτινας r , τέμνει τή σφαίρα αύτή σέ έπιφάνεια τής σφαίρας θ ή r^2 . Οι συμπληρωματικές μονάδες έχουν έλαχιστες έφαρμογές στήν Ιατρική. Θεωρείται πιθανό δτι θά ένσωματωθούν καί αύτές στής βασικές μονάδες του SI, οι όποιες θά ανέηθούν σε 9.

Οι παράγωγες μονάδες έχουν μιά τεράστια ποικιλία καί δέν ύπάρχει κανένας περιορισμός στόν άριθμό τους. Ετσι οι μονάδες αύτές καλύπτουν δλες τίς μετρήσεις πού γίνονται στήν Επιστήμη καί τήν Τεχνολογία καί μποροῦν νά καλύ-

ψουν μελλοντικές άναγκες μετρήσεων. Οι παράγωγες μονάδες δρίζονται άπό συνδυασμούς βασικών μονάδων ή βασικών καί συμπληρωματικών μονάδων. Ετσι π.χ. ή παράγωγος μονάδα τής έπιφάνειας δρίζεται άπό τή βασική μονάδα του μήκους στό τετράγωνο καί είναι m^2 , ή παράγωγος μονάδα τής ταχύτητας είναι m/s καί ή παράγωγος μονάδα τής φωτεινής ροής είναι $cd.sr$. Σημειώνεται ίδιατερα δτι γιά τόν δρισμό τῶν παραγώγων μονάδων του SI δέν άπαιτείται άπομνημόνευση άριθμητικών παραγόντων, ένω άντιθετα οι δρισμοί πολλών άλλων μονάδων, πού δέν άνήκουν στό SI, άπαιτούν άπομνημόνευση άριθμων. Ετσι, σύμφωνα μέ τόν παλαιό δρισμό, ή μονάδα ραδιενέργειας (ή ένεργοτητας), τό curie, δρίζεται ώς $3,7 \times 10^{10}$ διασπάσεις άνα δευτερόλεπτο, ένω κατά τό SI ή μονάδα ραδιενέργειας δρίζεται ώς 1 (μία) διάσπαση άνα δευτερόλεπτο. Είναι φανερό δτι στόν παλαιό δρισμό άπαιτείται ή άπομνημόνευση τού άριθμού

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. 18 Παράγωγες Μονάδες του SI στής όποιες έχει άποδοθεῖ Ειδικό "Όνομα

Ποσότητα	Όνομα Μονάδας	Σύμβολο Μονάδας	Τρόπος Όρισμού
Συχνότητα	hertz	Hz	s^{-1}
Δύναμη	newton	N	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Πίεση	pascal	Pa	N/m^2
Έργο, Ένέργεια,			
Ποσό Θερμότητας	joule	J	$N \cdot m$
Ισχύς	watt	W	J/s
Ηλεκτρικό Φορτίο, Ποσότητα Ηλεκτρισμού	coulomb	C	$A \cdot s$
Ηλεκτρικό Δυναμικό,			
Διαφορά Δυναμικού	volt	V	W/A
Χωρητικότητα	farad	F	C/V
Ηλεκτρική Αντίσταση	ohm	Ω	V/A
Άγωγμότητα	siemens	S	A/V
Μαγνητική Ροή	weber	Wb	$V \cdot s$
Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής	tesla	T	Wb/m^2
Αντεπαγωγή	henry	H	Wb/A
Φωτεινή Ροή	lumen	lm	$cd.sr$
Φωτισμός	lux	lx	$m^{-2} \cdot cd.sr$
Θερμοκρασία Κελσίου	degree Celsius	$^{\circ}C$	K
Δόση Άκτινοβολίας			
Kerma	gray	Gy	J/kg
Ραδιενέργεια (Ένεργότητα)	becquerel	Bq	s^{-1}

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. Μονάδες πού ένσωματώθηκαν στό SI

Ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολο Μονάδας	Αντιστοιχία σέ Μονάδες SI
<i>Χρόνος</i> <i>Έπιπεδη Γωνία</i>	Λεπτό	min	60 s
	Ώρα	h	3600 s
	Ημέρα	d	86400 s
	Μοίρα	°	$\pi/180$ rad*
	Πρώτο Λεπτό	,	$\pi/10800$ rad*
	Δεύτερο Λεπτό	..	$\pi/648000$ rad*
<i>Όγκος</i> <i>Μάζα</i>	Λίτρο	l	$10^{-3} m^3$
	Τόννος	t	1000 kg

* Εδώ τό σύμβολο «rad» συμβολίζει γωνία (άκτινο) και όχι δόση άκτινοβολίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4. Μονάδες τῶν όποιων γίνεται δεκτή ή Χρήση γιά Όρισμένο Χρόνο

Όνομα Μονάδας	Σύμβολο Μονάδας	Αντιστοιχία σέ Μονάδες SI
angstrom	Å	$10^{-10} m$ (ή 0,1 nm)
barn	b	$10^{-28} m^2$
bar	bar	100000 Pa (ή 0,1 MPa)
Φυσική Άτμοσφαιρα	atm	101325 Pa
curie	Ci	$3,7 \times 10^{10} Bq$ ($3,7 \times 10^{10} s^{-1}$)
röntgen	R	$2,58 \times 10^{-4} C/kg$
rad	rad ή rd*	$10^{-2} Gy$ (ή $10^{-2} J/Kg$)

* Τό σύμβολο «rad», όταν άναφέρεται σέ δόση άκτινοβολίας, προτείνεται νά μετατραπεῖ σέ «rd», ώστε νά μή συγχέεται μέ τό σύμβολο τῆς έπιπεδης γωνίας (rad, άκτινο). Η πρόταση αύτή δέν έχει συναντήσει, μέχρι τώρα τουλάχιστον, θετική άνταπόκριση.

« $3,7 \times 10^{10}$ », ένω στόν όρισμό τοῦ SI δέν άπαιτεῖται καμιά άπομνημόνευση. Γενικά, γιά τόν όρισμό τῶν παραγώγων μονάδων τοῦ SI δέν χρειάζεται άπομνημόνευση, γιατί δύ μόνος άριθμητικός παράγων πού χρησιμοποιεῖται γιά νά όριστούν δλες οι παράγωγες μονάδες τοῦ SI είναι διάθιμός 1 (ένα).

Μέχρι τώρα έχουν άναπτυχθεῖ οι ίδιότητες έκεινες τοῦ SI πού δικαιολογοῦν τούς χαρακτηρισμούς του ώς άπλον, λογικού και πλήρους συστήματος μονάδων. Μιά έπιπρόσθετη ίδιότητα τοῦ SI είναι ότι χαρακτηρίζεται άπό μεγάλη έλαστικότητα, άκριθως γιά νά μή συναντήσει μεγάλες

άντιδράσεις και νά έπιτύχει τή διεθνή έπικράτησή του. Η έλαστικότητα αύτή έκδηλωνεται μέ: (α) Τήν άναγνώριση είδικων όνομάτων γιά 18 παράγωγες μονάδες τοῦ SI. Οι μονάδες αύτές άναγράφονται στόν πίνακα 1.2. (β) Τήν ένσωμάτωση στό SI 8 μονάδων, πού δέν άνήκουν στό SI, άλλα είναι τόσο συνηθισμένες, ώστε δέν είναι δυνατό νά άντικατασταθοῦν εύκολα. Οι μονάδες αύτές άναγράφονται στόν πίνακα 1.3. (γ) Τήν άποδοχή τῆς χρησιμοποιήσεως, έπι περιορισμένο (άλλα μή καθορισμένο) χρονικό διάστημα, 7 κοινῶν μονάδων, πού δέν άνήκουν στό SI. Οι μονάδες αύτές, πού