

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΠΡΟΤΥΠΟ
HELLENIC STANDARD ELOT 100



ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΙΕΘΝΟΥΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ (SI) ΚΑΙ ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΩΝ ΤΟΥΣ ΚΑΙ ΟΡΙ-
ΣΜΕΝΩΝ ΑΛΛΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

SI UNITS AND RECOMMENDATIONS FOR THE USE OF THEIR MULTIPLES AND OF CERTAIN OTHER UNITS

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- E.1 Τα συστήματα των μονάδων**
- E.2 Οι μονάδες των φυσικών μεγεθών**
- E.3 Μετατροπή καταργημένων μονάδων σε μονάδες του SI**
- E.4 Οδηγίες ISO και ΕΛΟΤ για τη χρησιμοποίηση των μονάδων του SI.**
- E.5 Μονάδες εκτός SI που επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους**
- E.6 Βασικές γνώσεις τριγωνομετρίας**

2 ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ☒ Να γνωρίσετε τα συστήματα των μονάδων και τις μονάδες μέτρησης των φυσικών μεγεθών.
 Ειδικότερα, να κατανοήσετε, ότι η πλήρης γνώση των μονάδων μέτρησης θα σας βοηθήσει απεριόριστα στη μελέτη και την κατανόηση των τεχνικών κειμένων, στην εκτίμηση των μεγεθών που συνυπάρχουν με τις κατασκευές και τα στοιχεία τους, καθώς και στην επίλυση συγκεκριμένων τεχνικών προβλημάτων.
- ☒ Να μάθετε τις μονάδες, τα σύμβολά τους, τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσιά τους, και ιδιαίτερα τις μονάδες του διεθνούς συστήματος (S.I.) και αυτές άλλων συστημάτων, που επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους.
- ☒ Να μάθετε τις αντιστοιχίες των χρησιμοποιούμενων μονάδων άλλων συστημάτων με αυτές του S.I.
- ☒ Να αποκτήσετε την ευχέρεια μετατροπών των μονάδων στα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσιά τους.
- ☒ Να μάθετε πολύ καλά τους τρόπους χρησιμοποίησης των μονάδων του S.I., βάσει των οδηγιών ISO και ΕΛΟΤ.
- ☒ Να θυμηθείτε ορισμένες βασικές γνώσεις της τριγωνομετρίας, που θα σας βοηθήσουν στην κατανόηση του μαθήματος και στην επίλυση αντίστοιχων προβλημάτων.
- ☒ Να γνωρίσετε το εκτεταμένο πεδίο της τεχνικής μηχανικής και πώς διαφοροποιούνται τα δύο τμήματά της, δηλ. της στατικής των στερεών και της αντοχής των υλικών.

4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

E1. ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

E.1.1 Το σύστημα C.G.S. ή απόλυτο σύστημα

Είναι ένα πλήρες σύστημα μονάδων, που προτάθηκε από τον KELVIN* το έτος 1881. Οι βασικές διαστάσεις και οι μονάδες του συστήματος αυτού, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα :

Πίνακας: E.1.1.α
ΣΥΣΤΗΜΑ C.G.S.: Βασικές διαστάσεις και μονάδες

μέγεθος	μήκος	μάζα	χρόνος
σύμβολο	ℓ	m	t
μονάδα	εκατοστόμετρο	γραμμάριο	δευτερόλεπτο
σύμβολο	cm	g	sec

Το πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, είναι η ικανοποιητική εφαρμογή του στα θέματα της μηχανικής, χωρίς όμως να συμβαίνει το ίδιο και στην ηλεκτρολογία, στην οποία οι μονάδες που προκύπτουν, είναι δυνάμεις με κλασματικούς εκθέτες των βασικών μονάδων.

E2. ΟΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ

E.2.1 Γενικά

Στο θέμα των μονάδων των φυσικών μεγεθών υπήρχε μεγάλη σύγχυση, παρά το γεγονός ότι οι προσπάθειες για την καθιέρωση ενός συστήματος μονάδων κοινής αποδοχής άρχισαν στις αρχές του προηγούμενου αιώνα.

Στο 11ο γενικό συνέδριο μέτρων και σταθμών, που έγινε το έτος 1960, αποφασίστηκε η καθιέρωση του Διεθνούς Συστήματος μονάδων (**Δ.Σ.**) ή **SYSTEME INTERNATIONAL D' UNITES (S.I.)**.

Πολλές χώρες έχουν καθιερώσει νομοθετικά το σύστημα αυτό, μεταξύ δε αυτών περιλαμβάνεται και η Ελλάδα, που το καθιέρωσε στις 30-12-

* **LORD KELVIN** Άγγλος φυσικός (1829- 1907). Σπούδασε στα Πανεπιστήμια της Γλασκώβης και του Καίμπριτζ. Ασχολήθηκε με θέματα θερμότητας και ηλεκτρισμού. Μελέτησε, μεταξύ των άλλων, τη μεταβολή του σημείου τήξης του πάγου και καθιέρωσε τη γνωστή κλίμακα θερμοκρασιών που φέρει το όνομά του.

1983 με το Προεδρικό Διάταγμα 515, που δημοσιεύτηκε στο αριθ. 196 φύλλο της Εφημερίδας της Κυβέρνησης.

Ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης (ΕΛΟΤ) έχει αρχίσει τη σύνταξη μιας σειράς προδιαγραφών για το Δ.Σ. - S.I. Το πρότυπο ΕΛΟΤ 100 για παράδειγμα, αντιστοιχεί στο πρότυπο ISO * 1000.

Ε.2.2 Το τεχνικό σύστημα

Το σύστημα αυτό που ονομάζεται και πρακτικό σύστημα, χρησιμοποιεί σαν βασικό μέγεθος τη δύναμη και αυτή είναι και η διαφορά του από το απόλυτο σύστημα. Οι βασικές διαστάσεις και οι μονάδες του συστήματος αυτού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας: Ε.2α
Τεχνικό Σύστημα: Βασικές διαστάσεις και μονάδες

μέγεθος	μήκος	δύναμη	χρόνος
σύμβολο	ℓ	F	t
μονάδα	μέτρο	χιλιοπόντ	δευτερόλεπτο
σύμβολο	m	kp	s

Τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση του συστήματος αυτού είναι τα ίδια με τα προβλήματα του απόλυτου συστήματος.

Ε.2.3 Το σύστημα MKSA

Είναι το σύστημα που επεκράτησε παγκόσμια και που περιλαμβάνει στα βασικά του μεγέθη το ηλεκτρικό ρεύμα (ένταση). Οι βασικές διαστάσεις και οι μονάδες του συστήματος αυτού φαίνονται στον πίνακα:

* ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης).

Πίνακας: E.26
Σύστημα MKSA: Βασικές διαστάσεις και μονάδες

μέγεθος	μήκος	μάζα	χρόνος	ηλεκτρικό ρεύμα
σύμβολο	ℓ	m	t	I
μονάδα	μέτρο	χιλιόγραμμο	δευτερόλεπτο	Αμπέρ
σύμβολο	m	kg	s	A

E.2.4 Το διεθνές σύστημα (S.I.)

Οι τέσσερις πρώτες βασικές μονάδες του συστήματος αυτού, είναι οι βασικές μονάδες του συστήματος MKSA. Συνολικά, στο διεθνές σύστημα χρησιμοποιούνται επτά βασικά και δύο συμπληρωματικά μεγέθη, τα σύμβολα και οι μονάδες των οποίων φαίνονται στο παρακάτω πίνακα:

ΠΙΝΑΚΑΣ : E.2.γ
Διεθνές Σύστημα (SI): Σύμβολα φυσικών μεγεθών και μονάδες

Βασικά μεγέθη								Συμπληρωματικά μεγέθη	
μέγεθος	μήκος	μάζα	χρόνος	ηλ. ρεύμα	θερμο- δυναμική θερ/σία	ποσότητα ουσίας	φωτεινή ένταση	επίπεδη γωνία	στερεή γωνία
σύμβολο	ℓ	m	t	I	T, θ	n	Iv	φ	Ω
μονάδα	μέτρο	χιλιό- γραμμο	δευτερό- λεπτο	Αμπέρ	Κέλβιν	μολ	καντέλα	ακτίνιο	στερα- κτίνιο
σύμβολο	m	kg	s	A	K	mol	cd	rad	Sr

Σύμφωνα με την οδηγία 80/181 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το διεθνές σύστημα δεν αφορά τις αεροπορικές, θαλάσσιες και σιδηροδρομικές μεταφορές, αν από διεθνείς συμβάσεις προβλέπονται άλλες μονάδες. Τα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των μονάδων του SI, με τους αντίστοιχους συντελεστές τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας: Ε.2.δ
SI : Πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια

Πρόθεμα		
όνομα	σύμβολο	συντελεστής
Tera	T	10^{12}
Giga	G	10^9
Mega	M	10^6
Kilo	k	10^3
hekto	H	10^2
deka	da	10
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	μ	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
pico	p	10^{-12}

Τα σύμβολα και οι μονάδες μιας ομάδας φυσικών μεγεθών, που έχουμε επιλέξει, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας: Ε.2.ε.
S.I. : Σύμβολα και μονάδες μερικών μεγεθών
ISO 31. I, II, III. - ΕΛΟΤ 200. 1,2,3.

Μέγεθος	Σύμβολο	Μονάδα
Επιφάνεια	A, S	m ²
όγκος	v	m ³
ταχύτητα	u, v, w	m/s
επιτάχυνση	a	m/s ²
γωνιακή ταχύτητα	ω	rad/s
γωνιακή επιτάχυνση	a	rad/s ²
περίοδος	T	s
συχνότητα	f	Hz
κυκλική συχνότητα	ω	s ⁻¹ = 1/s
πυκνότητα μάζας	ρ	Kg/m ³
δύναμη	F	N (Νιούτον)*
βάρος	G	N
ροπή δύναμης	M	N. m
πίεση	p	Pa (Πασκάλ)
ροπή αδράνειας	I	kg · m ²
έργο	W	J (Τζάουλ)
ενέργεια	E	J
ισχύς	P	W (Βάτ)
θερμοκρασία	θ	°C (βαθμ. Κελσίου)
θερμότητα	Q	J

* SIR ISAAC NEWTON Άγγλος φυσικός μαθηματικός και φιλόσοφος (1642-1727). Διατύπωσε το νόμο της βαρύτητας και της παγκόσμιας έλξης. Το όνομά του φέρει η ομώνυμη μονάδα της δύναμης.

Οι μονάδες πίεσης: **στήλη νερού**, **Torr** και **atm** έχουν καταργηθεί. Αποκλειστική μονάδα για την πίεση είναι το πασκάλ (Pa). Σε εξαιρετικές περιπτώσεις επιτρέπεται η χρησιμοποίηση της μονάδας μπάρ (bar), που δεν ανήκει στο SI. Αξίζει να σημειωθεί η σχέση:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

Πρέπει επίσης να σημειωθεί, ότι με το πρότυπο DIN* 1314 /1977 έχει καταργηθεί ο όρος «υποπίεση».

Οι μονάδες ισχύος: **PS**, **HP** και **CV** έχουν καταργηθεί εδώ και πολλά χρόνια (προ εικοσαετίας περίπου). Αποκλειστική μονάδα ισχύος είναι το Βατ (W).

E.3. ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΚΑΤΑΡΓΗΜΕΝΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΣΕ ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΟΥ SI

Οι αντιστοιχίες μερικών καταργημένων μονάδων με τις μονάδες του SI φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας: E.3.6

Μετατροπή καταργημένων μονάδων σε μονάδες του SI

καταργημένη μονάδα	μονάδα του SI
1 kp	9, 81 N
1 PS	0, 736 kW
1 HP	0, 746 kW
1 cal	4, 186 J

Όταν στους υπολογισμούς δεν ενδιαφέρει η μεγάλη ακρίβεια, μπορούμε, αντί της σχέσης:

$$1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$$

να χρησιμοποιήσουμε τη σχέση:

$$1 \text{ kp} \cong 10 \text{ N} (**)$$

και το λάθος γι' αυτή την απλοποίηση, είναι μικρότερο του 2 %.

* DIN, ο Γερμανικός Οργανισμός Τυποποίησης.

** Σημαίνει «κατά προσέγγιση»

Ε.4 ΟΔΗΓΙΕΣ ISO ΚΑΙ ΕΛΟΤ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ ΤΟΥ SI

Οδηγία 1η:

Τα σύμβολα των μονάδων γράφονται ακριβώς, όπως έχουν τυποποιηθεί, χωρίς αλλοιώσεις και προσθήκες.

Οδηγία 2η:

Ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης ISO δεν προβλέπει για τις μονάδες πληθυντικό αριθμό.

Σωστό	Λάθος
Newton	Newtons

Το πρότυπο ΕΛΟΤ 100 προβλέπει τα ονόματα των μονάδων να γράφονται ελληνικά και τα σύμβολα των μονάδων, όπως διεθνώς έχουν τυποποιηθεί:

Όνομα μονάδας	Σύμβολο
νιούτον	N
βολτ	V

Οδηγία 3η:

Τα σύμβολα που προέρχονται από κύρια ονόματα, και μόνο αυτά, γράφονται με κεφαλαία γράμματα του λατινικού ή του Ελληνικού αλφαβήτου, (όπως N, Pa).

Οδηγία 4η:

Ο διεθνής οργανισμός ISO και ο ΕΛΟΤ δεν προβλέπουν αναγραφή μονάδων στη δεξιά πλευρά των τύπων.

Σωστό	Λάθος
$U = \frac{S}{t}$	$U = \frac{S}{t} \text{ σε } \frac{m}{s}$

Οι μονάδες αναγράφονται, στην περίπτωση που γίνεται αριθμητική αντικατάσταση σε τύπους, ύστερα από ολόκληρη την αριθμητική τιμή στη διατύπωση ενός μεγέθους. Επίσης, μεταξύ της αριθμητικής τιμής και του συμβόλου της μονάδας, πρέπει να υπάρχει ένα μικρό διάστημα.

□ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αν στον παραπάνω τύπο της ταχύτητας αντικατασταθούν οι τιμές :

$$S = 10 \text{ m} \qquad t = 2 \text{ s}$$

Τότε:

$$U = \frac{S}{t} = \frac{10 \text{ m}}{2 \text{ s}} = 5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Οδηγία 5η:

Τα γινόμενα και τα πηλίκα των μονάδων μπορούν να γράφονται κατά τους εξής τρόπους:

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} = \text{m}/\text{s} = \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Το σύμβολο του πολλαπλασιασμού η τελεία (·), είναι δυνατόν να παραλείπεται, όπου δεν υπάρχει κίνδυνος να υπονοηθούν άλλα αριθμητικά δεδομένα, όπως ένας δεκαδικός αριθμός, π.χ. 10.5.

Οδηγία 6η:

Το πρόθεμα (πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια) των μονάδων, πρέπει να επιλέγεται με τρόπο, ώστε οι αριθμητικές τιμές που προκύπτουν, να είναι μεταξύ 0, 1 και 1000.

Σωστό	Λάθος
50 μm	0,05 mm

Οδηγία 7η:

Εξαίρεση στο πρόθεμα, αποτελεί η μονάδα μάζας το χιλιόγραμμα, της οποίας το 1/ 1000 δεν ονομάζεται मिल्लिχιλιόγραμμα (m kg), αλλά γραμμάριο (g).

Οδηγία 8η:

Η χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός προθεμάτων, δεν επιτρέπεται .

Σωστό	Λάθος
3.000.000.000 = 3 Gg	3.000.000.000 = 3 kMg

Οδηγία 9η:

Αν μία μονάδα έχει πρόθεμα και υψώνεται σε δύναμη, δεν χρησιμοποιείται παρένθεση. Η δύναμη ισχύει και για το πρόθεμα.

❑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

$$1 \text{ cm}^2 = \left(\frac{1}{100} \text{ m}\right)^2 = \frac{1}{10000} \text{ m}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$$

E.5 ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΚΤΟΣ SI ΠΟΥ ΕΠΙΤΡΕΠΕΤΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Οι μονάδες που δεν ανήκουν στο SI και επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους, φαίνονται στον πίνακα, που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ : E.5.α

**Μονάδες εκτός SI που επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους.
ISO 31**

Μέγεθος	Μονάδα	Σύμβολο	Παρατηρήσεις
χρόνος	πρώτο λεπτό ώρα ημέρα έτος	min h d a	1 min = 60 sec 1 h = 60 min 1 d = 24 h 1 a = 365 d
επίπεδη γωνία	μοίρα πρώτο λεπτό δεύτερο λεπτό	° ' ''	1° = (π/180) rad 1' = (1/60)° 1'' = (1/60)'
όγκος μάζα ενέργεια πίεση ρευστού	λίτρο τόννος ηλεκτρονιοβόλτ μπαρ	l t ev bar	1 l = 1 dm ³ = 1/1000 m ³ 1 t = 10 ³ kg 1 ev = 1,602 x 10 ⁻¹⁹ J 1 bar = 10 ⁵ Pa

Ε.6 ΒΑΣΙΚΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΑΣ

Οι γνώσεις που προέρχονται από την τριγωνομετρία, είναι γνώσεις απαραίτητες για την κατανόηση των ενοτήτων που θα ακολουθήσουν.

Έτσι οι τριγωνομετρικοί αριθμοί, είναι οι εξής :

Τριγωνομετρικός αριθμός	Ελληνικό σύμβολο	Διεθνές σύμβολο
Ημίτονο	ημ	sin
Συνημίτονο	συν	cos
Εφαπτομένη	εφ	tag
Συνεφαπτομένη	σφ	cotag

Οι τριγωνομετρικοί αριθμοί σε ένα ορθογώνιο τρίγωνο, ορίζονται ως εξής:

$$\eta\mu\alpha = \frac{\alpha}{\gamma} = \frac{\text{απέναντι κάθετη πλευρά}}{\text{υποτείνουσα}}$$

$$\sigma\upsilon\nu\alpha = \frac{\beta}{\gamma} = \frac{\text{προσκειμένη κάθετη πλευρά}}{\text{υποτείνουσα}}$$

$$\epsilon\phi\alpha = \frac{\eta\mu\alpha}{\sigma\upsilon\nu\alpha} = \frac{\alpha/\gamma}{\beta/\gamma} = \frac{\alpha \cdot \gamma}{\beta \cdot \gamma} = \frac{\alpha}{\beta}$$

επομένως:

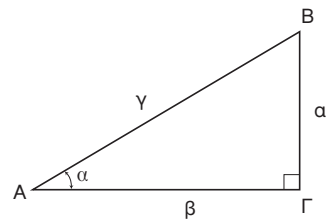
$$\epsilon\phi\alpha = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{\text{απέναντι κάθετη πλευρά}}{\text{προσκειμένη κάθετη πλευρά}}$$

$$\sigma\phi\alpha = \frac{\sigma\upsilon\nu\alpha}{\eta\mu\alpha} = \frac{\beta/\gamma}{\alpha/\gamma} = \frac{\beta \cdot \gamma}{\alpha \cdot \gamma} = \frac{\beta}{\alpha}$$

επομένως:

$$\sigma\phi\alpha = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{\text{προσκειμένη κάθετη πλευρά}}{\text{απέναντι κάθετη πλευρά}}$$

Οι τριγωνομετρικοί αριθμοί μερικών γωνιών, είναι:



Τριγωνικός αριθμός	0°	30°	45°	60°	90°
ημα	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
συνα	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
εφα	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	∞
σφα	∞	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0

Μέρος Α

ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Η Τεχνική Μηχανική

Η **Μηχανική** είναι η επιστήμη, η οποία εξετάζει την ισορροπία και την κίνηση των σωμάτων.

Η **στατική** είναι το τμήμα της μηχανικής, που εξετάζει την ισορροπία των σωμάτων, τα οποία θεωρεί **μη παραμορφώσιμα**, όταν πάνω σε αυτά ενεργούν δυνάμεις.

Η **αντοχή των υλικών** είναι το τμήμα της Μηχανικής, το οποίο εξετάζει τα **παραμορφώσιμα** σώματα και τις παραμορφώσεις τους, όταν πάνω σε αυτά ενεργούν δυνάμεις.



α) Η στατική, β) η αντοχή των υλικών