Φυσικές Μετρήσεις

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός αυτής της ενότητας είναι να γνωρίσουμε:

1. το πώς γίνονται οι μετρήσεις των διαφόρων φυσικών ποσοτήτων,

2. τις μονάδες μετρήσεως αυτών και

3. τη διαστατική ανάλυση.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε μελετήσει αυτό το κεφάλαιο, θα μπορείτε να:

- Χρησιμοποιείτε σωστά τους όρους ακρίβεια και επαναληψιμότητα.
- Χρησιμοποιείτε τα σημαντικά ψηφία σε αριθμητικούς υπολογισμούς.
- Χρησιμοποιείτε τον επιστημονικό (ή εκθετικό) συμβολισμό.
- Στρογγυλεύετε σωστά τα αριθμητικά σας αποτελέσματα.
- Αναφέρετε τις βασικές μονάδες SI, καθώς και τα προθήματα SI.
- Ορίζετε τη θερμοκρασία και να μετατρέπετε θερμοκρασίες από μία κλίμακα σε άλλη.
- Αναφέρετε τις κυριότερες παράγωγες μονάδες μετρήσεων.
- Υπολογίζετε πυκνότητες, όγκους και μάζες ουσιών από τον τύπο της πυκνότητας $d = m/V$.
- Εφαρμόζετε στους υπολογισμούς σας τη διαστατική ανάλυση ή μέθοδο των συντελεστών μετατροπής.

Έννοιες κλειδιά

- ❖Ακρίβεια
- ❖Ακριβής αριθμός
- ❖Αριθμός σημαντικών ψηφίων
- ❖Angstrom (Å)
- ❖Βασικές μονάδες SI
- ❖Δευτερόλεπτο (s)
- ❖Διαστατική ανάλυση (μέθοδος των συντελεστών μετατροπής)
- ❖Διεθνές Σύστημα μονάδων (SI)
- ❖Επαναληψιμότητα
- ❖Επιστημονικός συμβολισμός Κέλβιν (Κ)
- ❖Κλίμακα Κελσίου
- ❖Λίτρο (L)
- ❖Μάζα
- ❖Μέτρο (m)
- ❖Μίγμα
- ❖Μονάδα
- ❖Νόμος

Έννοιες κλειδιά

- Παράγωγη μονάδα SI
- Πρόθεμα SI
- Πυκνότητα
- Σημαντικά ψηφία
- Στρογγύλεμα
- Συντελεστής μετατροπής
- Χιλιόγραμμο (kg)

Ebbing – Gammon (Ενότητες)

1.5 Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία

1.6 Μονάδες SI

1.7 Παράγωγες μονάδες

1.8 Μονάδες και διαστατική ανάλυση

1.5 Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία

Μέτρηση: η σύγκριση μιας φυσικής ποσότητας με μια μονάδα μέτρησης

Μονάδα μέτρησης: ένα καθορισμένο πρότυπο μέτρησης

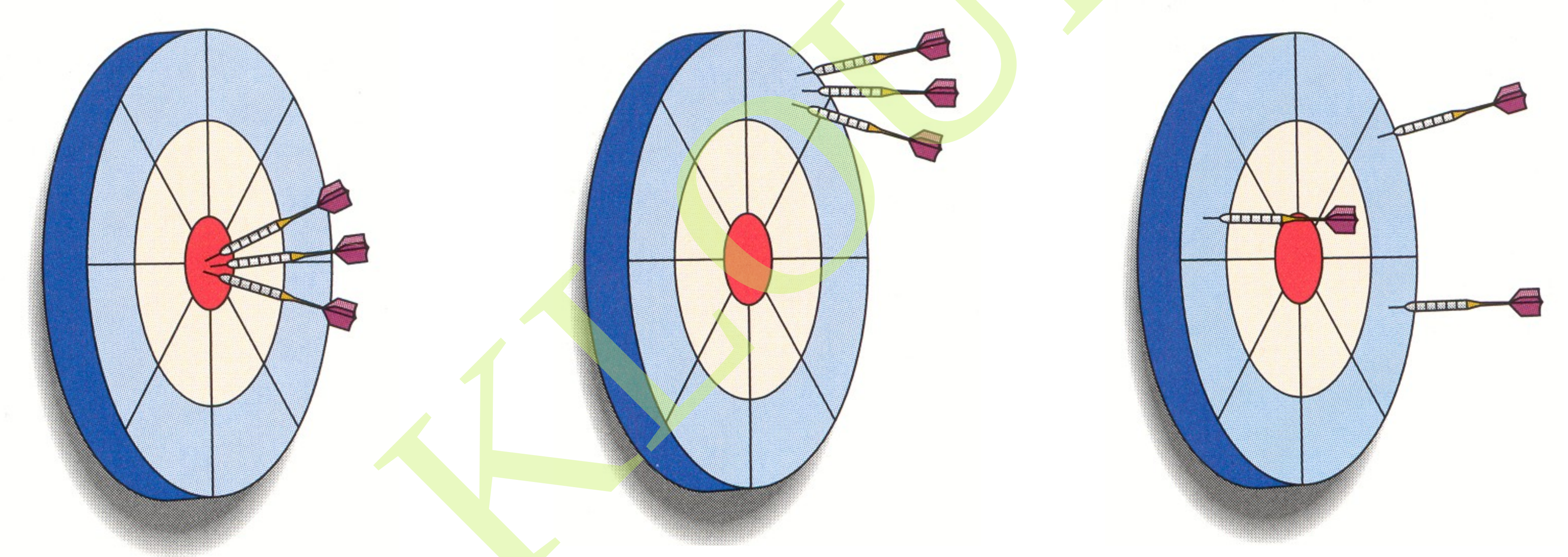
Παράδειγμα: Μέτρηση του μήκους της ράβδου

Αποτέλεσμα μέτρησης:
Μήκος ράβδου: 9,12 cm, 9,11 cm ή 9,13 cm;
9,11, 9,12, 9,13 = αριθμητικές τιμές
cm = μονάδα μέτρησης

(α) Ακρίβεια και επαναληψιμότητα

Ακρίβεια: δείχνει πόσο κοντά στην αληθινή τιμή είναι το αποτέλεσμα μιας μέτρησης

Επαναληψιμότητα: δείχνει πόσο κοντά μεταξύ τους είναι τα αποτελέσματα των μετρήσεων



Καλή ακρίβεια Καλή επαναληψιμότητα	**Κακή ακρίβεια Καλή επαναληψιμότητα**	**Κακή ακρίβεια Κακή επαναληψιμότητα**

(β) Σημαντικά ψηφία

Σημαντικά ψηφία (σ.ψ.): όλα τα βέβαια ψηφία μιας μετρημένης τιμής συν ένα τελικό ψηφίο που χαρακτηρίζεται από κάποια αβεβαιότητα

π.χ. 9,12 cm
9 και 1 = βέβαια ψηφία
2 = αβέβαιο ψηφίο $\Rightarrow$ 3 σ.ψ.

Κανόνες εύρεσης των σ.ψ. σε αριθμούς που περιέχουν <u>μηδενικά</u>

1. Μηδενικά στην <u>αρχή</u> ενός αριθμού π.χ. 0,912 0,0912 0,00912

ΔΕΝ είναι σημαντικά, <u>διότι αυτά απλώς υποδεικνύουν τη θέση του δεκαδικού</u> και δεν έχουν καμία σχέση με την ακρίβεια της μέτρησης

2. Μηδενικά σε <u>δεκαδικούς</u> αριθμούς, που δεν είναι στην αρχή, π.χ. 9,00 9,01 90,0 9,02000 ΕΙΝΑΙ σημαντικά

3. Τερματικά μηδενικά σε <u>ακέραιους</u> αριθμούς, π.χ. 900 (τα σ.ψ. μπορεί να είναι 1, 2 ή 3)

Αν είναι 3 τα σ.ψ., τότε γράφουμε 900, (με υποδιαστολή στο τέλος)

Ορθότερο είναι να γράψουμε $9{,}00 \times 10^2$ (βλ. Επιστημονικό συμβολισμό)

(γ) Επιστημονικός ή εκθετικός συμβολισμός

Η απεικόνιση ενός αριθμού υπό τη μορφή $A \times 10^n$, όπου
A = ένα <u>μονοψήφιο</u> μη μηδενικό ψηφίο αριστερά της υποδιαστολής ($1 \leq |A| < 10$)
n = ακέραιος αριθμός (θετικός ή αρνητικός)

π.χ. ταχύτητα φωτός 300.000.000 m/s (σ.ψ. = ;)

$3{,}00 \times 10^8$ m/s $\Rightarrow$ 3 σ.ψ.

ή

$3{,}0 \times 10^8$ m/s $\Rightarrow$ 2 σ.ψ.

$0{,}30 \times 10^9$ m/s $\Rightarrow$ δεν είναι επιστημονικός συμβολισμός

$30{,}0 \times 10^7$ m/s $\Rightarrow$ δεν είναι επιστημονικός συμβολισμός

$3{,}00 \times 10^{6,9}$ m/s $\Rightarrow$ δεν είναι επιστημονικός συμβολισμός

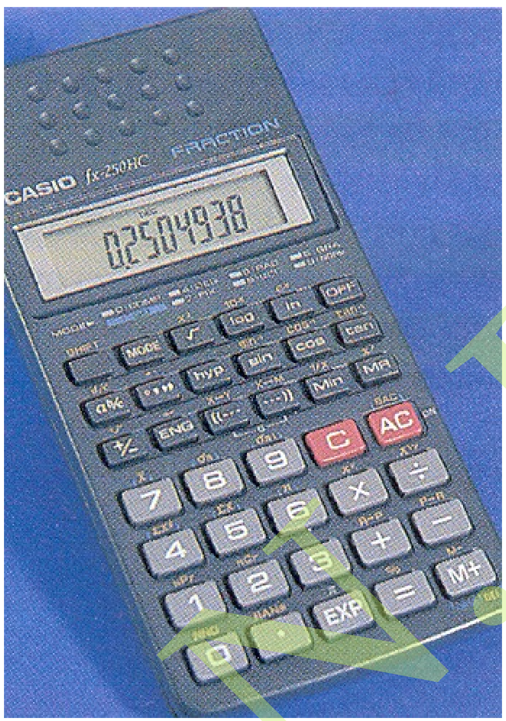
(δ) Σημαντικά ψηφία σε υπολογισμούς

1. Πολλαπλασιασμός και διαίρεση

Το τελικό αποτέλεσμα εκφράζεται με τόσα σ.ψ., όσα έχει και η μέτρηση με τα <u>λιγότερα</u> σ.ψ.

2. Πρόσθεση και αφαίρεση

Το τελικό αποτέλεσμα εκφράζεται με τόσα δεκαδικά ψηφία, όσα έχει και η μέτρηση με τα <u>λιγότερα</u> δεκαδικά ψηφία.



Πώς θα εκφράσουμε το αποτέλεσμα του υπολογισμού;

$$100{,}0 \times \frac{0{,}0634}{25{,}31} = 0{,}2504938$$

!!! Δεν είναι όλα τα ψηφία που εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή σημαντικά.

(ε) Ακριβείς αριθμοί
Στρογγύλεμα αριθμητικού αποτελέσματος

Ακριβείς αριθμοί: Από καταμέτρηση πραγμάτων ή από τον ορισμό μονάδων, π.χ.

15 φοιτητές, 20 τετράδια

1 ίντσα = 2,54 cm,   1 ουγκιά = 28,35 g

!!! Οι ακριβείς αριθμοί έχουν άπειρο αριθμό σ.ψ. και εξαιρούνται από τον προσδιορισμό των σ.ψ.

Στρογγύλεμα αριθμητικού αποτελέσματος: η διαδικασία απόρριψης μη σ.ψ. σε ένα αποτέλεσμα και τροποποίησης του τελευταίου ψηφίου που μένει.

1. Ψηφίο ≥ 5   π.χ. 3,4153 → 3,42 (με 3 σ.ψ.)   (αφού 5 = 5)
5,2490 → 5,25 (με 3 σ.ψ.)   (αφού 9 > 5)

2. Ψηφίο < 5   π.χ. 3,4143 → 3,41 (με 3 σ.ψ.)   (αφού 4 < 5)
5,2390 → 5,2 (με 2 σ.ψ.)   (αφού 3 < 5)

Παράδειγμα 1.1
Χρησιμοποίηση σημαντικών ψηφίων σε υπολογισμούς

Εκτελέστε τις ακόλουθες πράξεις και στρογγυλέψτε τα αποτελέσματα στο σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων (οι μονάδες μέτρησης έχουν παραλειφθεί).

(α) $\dfrac{5{,}61 \times 7{,}891}{9{,}1}$ (β) $38{,}91 \times (6{,}81 - 6{,}730)$

Απάντηση

(α) 9,1 ⇒ 2 σημαντικά ψηφία $\dfrac{5{,}61 \times 7{,}891}{9{,}1} = 4{,}\underline{8}6 \Rightarrow 4{,}9$

(β) Πρώτα η αφαίρεση

$6{,}81 - 6{,}730 = 0{,}0\underline{8} \Rightarrow$ 2 δεκαδικά ψηφία

$38{,}91 \times 0{,}0\underline{8} = \underline{3}{,}1128 = 3$ (1 σημαντικό ψηφίο)

1.6 Μονάδες SI (*Système International d' Unites*)

(α) Βασικές μονάδες SI και προθέματα SI

Βασικές μονάδες του SI

Ποσότητα	Μονάδα	Σύμβολο
Μήκος	μέτρο	m
Μάζα	χιλιόγραμμο	kg
Χρόνος	δευτερόλεπτο	s
Θερμοκρασία	κέλβιν	K
Ποσότητα ουσίας	μολ (mole)	mol
Ηλεκτρικό ρεύμα	αμπέρ	A
Ένταση φωτός	καντέλα (ή κηρίο)	cd

Μήκος: 1 μέτρο (m) = η απόσταση που διανύεται από το φως στο κενό σε χρόνο 1/299.792.458 του δευτερολέπτου.

1 angstrom (Å) = 10^{-10} m

Προθήματα SI

Πολλαπλάσιο	Πρόθημα	Σύμβολο
10^{18}	εξα (hexa)	E
10^{15}	πετα (peta)	P
10^{12}	τερα (tera)	T
10^{9}	γιγα (giga)	G
10^{6}	μεγα (mega)	M
10^{3}	χιλιο (kilo)	k
10^{2}	εκατο (hecto)	h
10	δεκα (deca)	da
10^{-1}	δεκατο (deci)	d
10^{-2}	εκατοστο (centi)	c
10^{-3}	χιλιοστο (milli)	m
10^{-6}	μικρο (micro)	μ
10^{-9}	νανο (nano)	n
10^{-12}	πικο (pico)	p
10^{-15}	φεμτο (femto)	f
10^{-18}	αττο (atto)	a

Παράδειγμα 1.2
Προθήματα και βασικές μονάδες

Εκφράστε τις ακόλουθες ποσότητες χρησιμοποιώντας προθήματα και βασικές μονάδες SI.
Π.χ., 1,6 × 10^{-6} m = 1,6 *μ*m. Μια ποσότητα, όπως 0,000168 g, θα μπορούσε να γραφεί 168 *μ*g ή 0,168 mg.
(α) 1,84 × 10^{-9} m (β) 5,67 × 10^{-12} s (γ) 7,85 × 10^{-3} g
(δ) 0,000 000 000 154 m

Απάντηση

(α) 1,84 × 10^{-9} m = 1,84 nm

(β) 5,67 × 10^{-12} s = 5,67 ps

(γ) 7,85 × 10^{-3} g = 7,85 mg

(δ) 0,000000000154 m = 154 pm ή 0,154 nm

(β) Θερμοκρασία

Κλίμακα Κελσίου (σε βαθμούς Κελσίου, °C)

Κλίμακα Κέλβιν (σε κέλβιν, K)

Κλίμακα Fahrenheit (σε βαθμούς Φαρενάιτ, °F)

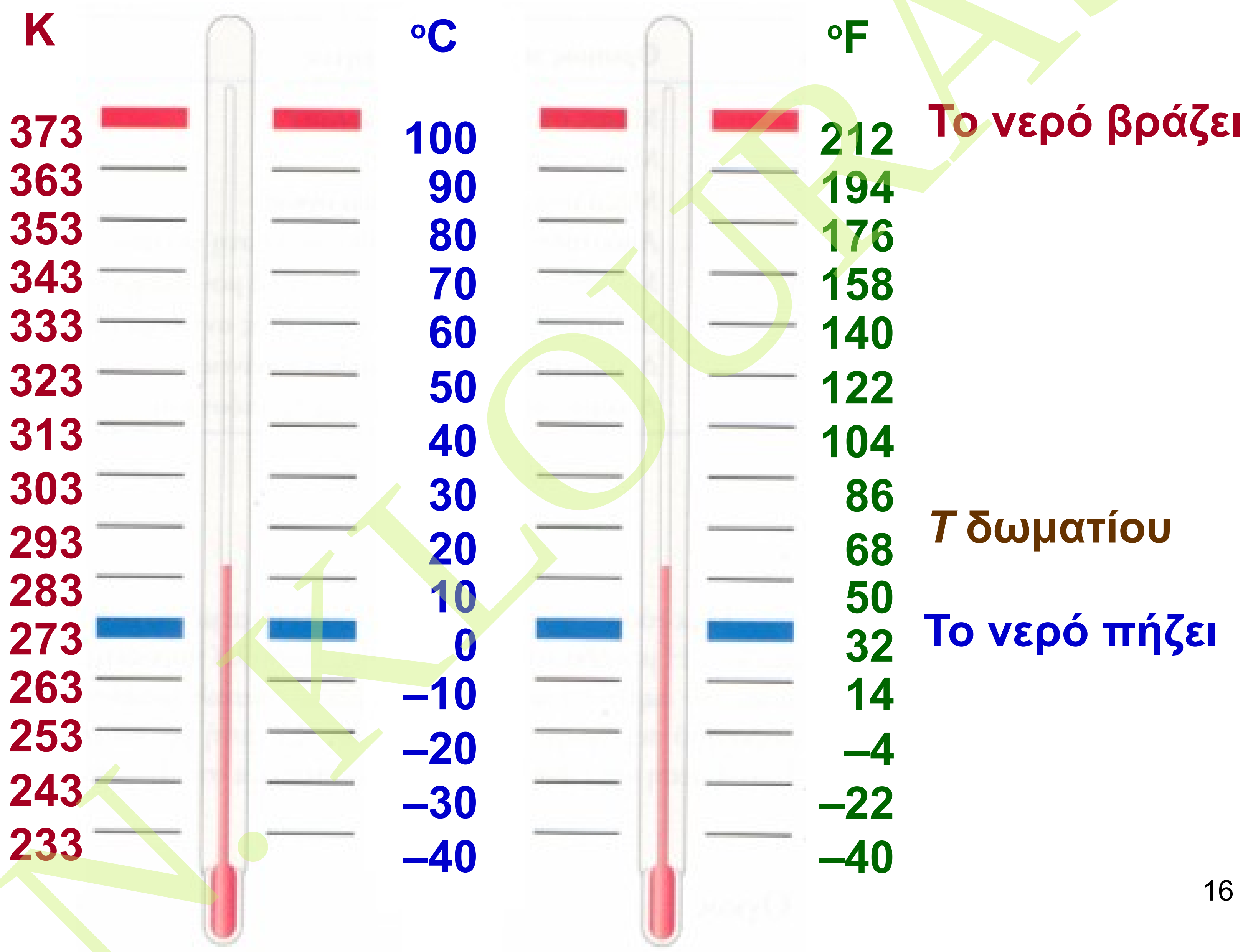
Αλληλομετατροπές:

$T_K = {}^{o}C + 273{,}15\ K$

$$T_K = \left(t_C \times \frac{1K}{1^oC} \right) + 273{,}15\ K$$

$$t_F = \left(t_C \times \frac{9^oF}{5^oC} \right) + 32^oF \qquad t_C = \left(\frac{5^oC}{9^oF} \right) \times (t_F - 32^oF)$$

Σύγκριση θερμοκρασιακών κλιμάκων



Παράδειγμα 1.3
Μετατροπή θερμοκρασίας από μία κλίμακα σε άλλη

(α) Ένα άτομο με πυρετό έχει θερμοκρασία 102,5^{o}F. Πόση είναι η θερμοκρασία του σε βαθμούς Κελσίου;

(β) Ένα ψυκτικό μίγμα ξηρού πάγου και ισοπροπυλικής αλκοόλης έχει θερμοκρασία –78^{o}C. Πόση είναι η θερμοκρασία αυτή σε κέλβιν;

Απάντηση

(α) $$t_C = \left(\frac{5^oC}{9^oF}\right) \times (t_F - 32^oF) =$$

$$\left(\frac{5^oC}{9^oF}\right) \times (102{,}5^oF - 32^oF) = 39{,}\underline{1}67^oC = 39{,}2^oC$$

(β) $$T_K = \left(t_C \times \frac{1K}{1^0C}\right) + 273{,}15\,K =$$

$$\left(-78^0C \times \frac{1K}{1^0C}\right) + 273{,}15\,K = 19\underline{5}{,}15\,K = 195\,K$$

1.7 Παράγωγες μονάδες

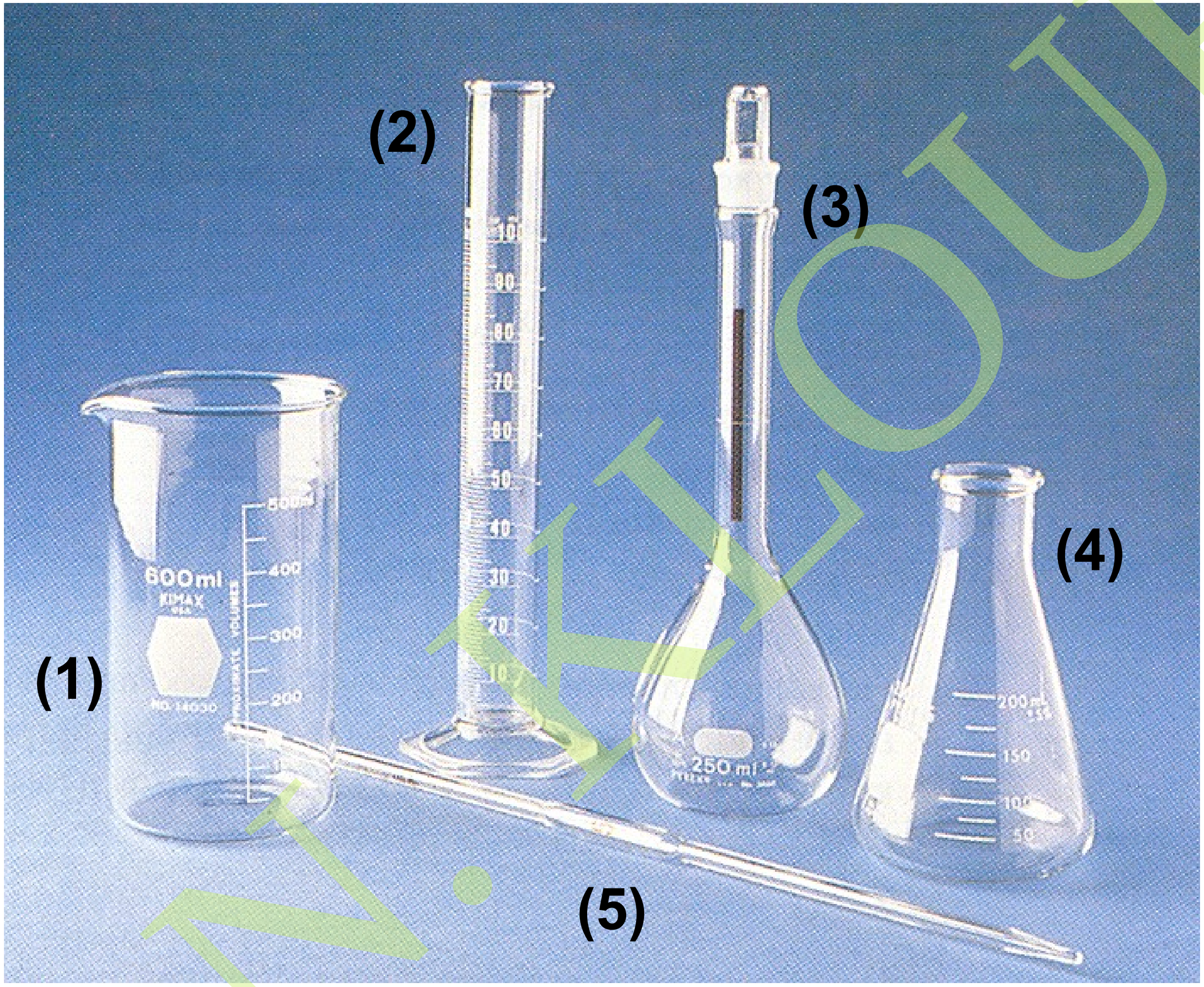
Ποσότητα	Ορισμός ποσότητας	Σύμβολο
Εμβαδόν	Μήκος στο τετράγωνο	m^2
Όγκος	Μήκος στον κύβο	m^3
Πυκνότητα	Μάζα ανά μονάδα όγκου	kg/m^3
Ταχύτητα	Απόσταση ανά μονάδα χρόνου	m/s
Επιτάχυνση	Μεταβολή ταχύτητας / μονάδα χρόνου	m/s^2
Δύναμη	Μάζα επί επιτάχυνση	$kg{\cdot}m/s^2 = N$
Πίεση	Δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας	$kg/(m \cdot s^2) = Pa$
Ενέργεια	Δύναμη επί διανυόμενη απόσταση	$kg \cdot m^2/s^2 = J$

N = newton, Pa = pascal, J = joule

(α) Όγκος

Λίτρο: 1 L = 1 dm^3 = 1000 mL (όχι ml)

Χιλιοστόλιτρο (κυβικό εκατοστόμετρο): 1 mL = 1 cm^3



Γυάλινα εργαστηριακά όργανα μέτρησης όγκου:

1. Ποτήρι 600 mL
2. Ογκομετρικός κύλινδρος
3. Ογκομετρική φιάλη
4. Κωνική φιάλη
5. Σιφώνιο

(β) Πυκνότητα

Πυκνότητα: $d = m/V$ (σε g/cm^3 ή $g \cdot cm^{-3}$ ή g/mL)

Οι σχετικές πυκνότητες χαλκού (8,95 g/cm^3) και υδραργύρου (13,5 g/cm^3)

Ξυλένιο

Νερό (χρωματισμένο)

1,1,1-τριχλωροαιθάνιο

Οι σχετικές πυκνότητες μερικών υγρών

Παράδειγμα 1.4
Υπολογισμός της πυκνότητας μιας ουσίας (Χαρακτηρισμός ουσίας)

Ένα κομμάτι μεταλλικού σύρματος έχει όγκο 20,2 cm^3 και μάζα 159 g. Πόση είναι η πυκνότητα του μετάλλου;
Το μέταλλο είναι κάποιο από τα μαγγάνιο, σίδηρος, νικέλιο, των οποίων οι πυκνότητες είναι 7,21 g/cm^3, 7,87 g/cm^3 και 8,90 g/cm^3, αντίστοιχα. Από ποιο μέταλλο είναι κατασκευασμένο το σύρμα;

Απάντηση

Γνωρίζουμε ότι η πυκνότητα *d* ισούται με τη μάζα *m* διαιρεμένη δια του όγκου *V*. Με αντικατάσταση των δεδομένων στον τύπο της πυκνότητας βρίσκουμε:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{159\ \mathrm{g}}{20{,}2\ \mathrm{cm}^3} = 7{,}87\underline{1}\ \mathrm{g/cm}^3 = 7{,}87\ \mathrm{g/cm}^3$$

Η πυκνότητα του μετάλλου συμπίπτει με αυτήν του σιδήρου.

1.8 Μονάδες και διαστατική ανάλυση ή μέθοδος των συντελεστών μετατροπής

Μέθοδος υπολογισμού κατά την οποία οι μονάδες των φυσικών ποσοτήτων μεταφέρονται σε όλες τις πράξεις.

Παράδειγμα 1.5

Το μόριο του οξυγόνου (το μικρότερο σωματίδιο του αέριου οξυγόνου) αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου που απέχουν μεταξύ τους 121 pm.
Πόσα χιλιοστόμετρα (mm) είναι αυτή η απόσταση;

Απάντηση

Μετατροπές: pm ⇒ σε m ⇒ σε mm

1 pm = 10^{-12} m   Συντελεστής μετατροπής: $\frac{10^{-12}\,\text{m}}{1\,\text{pm}}$

1 mm = 10^{-3} m   Συντελεστής μετατροπής: $\frac{1\,\text{mm}}{10^{-3}\,\text{m}}$

$$121\,\text{pm} \times \frac{10^{-12}\,\text{m}}{1\,\text{pm}} \times \frac{1\,\text{mm}}{10^{-3}\,\text{m}} = 1{,}21 \times 10^{-7}\,\text{mm}$$

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

1.11 Γιατί στους υπολογισμούς θα πρέπει οι μονάδες μέτρησης να συνοδεύουν τις αριθμητικές τιμές;

1.12 Εκτελέστε τις παρακάτω πράξεις και δώστε το αποτέλεσμα με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

(α) $\dfrac{0{,}871 \times 0{,}23}{5{,}871}$ **(β) 8,9 – 8,730**

(γ) 0,68 + 33,8 **(δ) 0,00015 × 54,6 + 1,002**

1.13 Μια σφαίρα έχει ακτίνα 5,10 cm, ενώ μια άλλη έχει ακτίνα 5,00 cm. Πόση είναι η διαφορά όγκου (σε cm^3) ανάμεσα στις δύο σφαίρες; Δώστε την απάντησή σας με τον σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων.

1.14 Χρησιμοποιώντας επιστημονικό συμβολισμό, μετατρέψτε:

(α) 6,15 ps σε s **(β) 3,781 *μ*m σε m**

(γ) 1,546 Å σε m **(δ) 9,7 mg σε g**

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

1.15 Μετατρέψτε:
(α) 114°F σε βαθμούς Κελσίου
(β) –41°C σε βαθμούς Φαρενάιτ
(γ) 56,7°C σε κέλβιν

1.16 Δείγμα αιματίτη (σιδηρομετάλλευμα) μάζας 70,7 g τοποθετήθηκε σε φιάλη όγκου 53,2 mL. Η φιάλη με τον αιματίτη πληρώθηκε προσεκτικά με νερό και ζυγίστηκε. Ο αιματίτης και το νερό ζύγιζαν 109,3 g. Η πυκνότητα του νερού ήταν 0,997 g/cm^3. Πόση ήταν η πυκνότητα του αιματίτη;

1.17 Η θερμίδα, η Βρετανική μονάδα θερμότητας (Btu) και το joule είναι μονάδες ενέργειας. 1 θερμίδα = 4,184 joules (ακριβώς) και 1 Btu = 252,0 θερμίδες. Μετατρέψτε 2,45 Btu σε joules.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

1.18 Ένα πορτοκαλέρυθρο στερεό περιέχει μόνον υδράργυρο και οξυγόνο. Οι αναλύσεις τριών διαφορετικών δειγμάτων έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Συμφωνούν τα δεδομένα με την υπόθεση ότι το στερεό είναι μία ένωση;

	Μάζα δείγματος	Μάζα υδραργύρου	Μάζα οξυγόνου
Δείγμα Α	1,0410 g	0,9641 g	0,0769 g
Δείγμα Β	1,5434 g	1,4293 g	0,1141 g
Δείγμα Γ	1,2183 g	1,1283 g	0,0900 g

1.19 Ένας πειραματιζόμενος τοποθετεί ένα κομμάτι μετάλλου μάζας 255 g μέσα σε βαθμονομημένο κύλινδρο, τον οποίον ακολούθως γεμίζει με υδράργυρο. Μετά τη ζύγιση του κυλίνδρου και του περιεχομένου του, αφαιρεί το κομμάτι μετάλλου και γεμίζει τον κύλινδρο με υδράργυρο. Με νέα ζύγιση βρίσκει ότι ο κύλινδρος και το περιεχόμενό του ζυγίζουν 101 g λιγότερο από πριν.
Η πυκνότητα του υδραργύρου είναι 13,6 g/cm^3. Πόση είναι η πυκνότητα του στερεού μετάλλου;

Ερωτήσεις – Ασκήσεις – Προβλήματα

1.20 Έχετε ένα χρυσό κόσμημα που ζυγίζει 9,35 g. Ο όγκος του είναι 0,654 cm^3. Υποθέστε ότι το μέταλλο είναι κράμα (μίγμα) χρυσού και αργύρου που έχουν πυκνότητες 19,3 g/cm^3 και 10,5 g/cm^3, αντίστοιχα. Υποθέστε επίσης ότι κατά την ανάμιξη των καθαρών μετάλλων ο όγκος δεν αλλάζει. Υπολογίστε το ποσοστό χρυσού (κατά μάζα) στο κράμα. Η σχετική ποσότητα χρυσού σε ένα κράμα μετράται σε καράτια Καθαρός χρυσός είναι 24 καρατιών. Ένα κράμα με 50% χρυσό είναι 12 καράτια. Στο κόσμημα, η αναλογία χρυσού σε καράτια είναι:

(α) 20 (β) 18 (γ) 16 (δ) 14