

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ-ΜΟΝΑΔΕΣ





ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

- **Διάσταση:** Ιδιότητα που μπορεί να μετρηθεί (μήκος, θερμοκρασία, χρόνος, μάζα) ή υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό ή διαίρεση άλλων διαστάσεων
- **Σκοπός :** κοινή ορολογία στη μέτρηση των διαστάσεων – **τιμή + μονάδες**

Μονάδες:

- **SI**
- **CGS**
- **American Engineering System (AES – UK)**



ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

**Βασικές
διαστάσεις**

Διάσταση	Μονάδες μέτρησης
Μήκος	m, cm, km, ft, έτος φωτός
Μάζα	g, kg, tn, lb. . .
Χρόνος	s, min, h, day, yr. . .
Θερμοκρασία	°K, °C, °R, °F
Ταχύτητα	m/s, km/h, mi/h
Πυκνότητα	g/cm ³ , kg/L, kg/m ³
.....	

Βασικές και παραγόμενες διαστάσεις

The International System of Units (SI): Base units

Base quantity		Base unit	
Name	Typical symbol	Name	Symbol
time	t	second	s
length	$l, x, r, \text{etc.}$	metre	m
mass	m	kilogram	kg
electric current	I, i	ampere	A
thermodynamic temperature	T	kelvin	K
amount of substance	n	mole	mol
luminous intensity	I_v	candela	cd

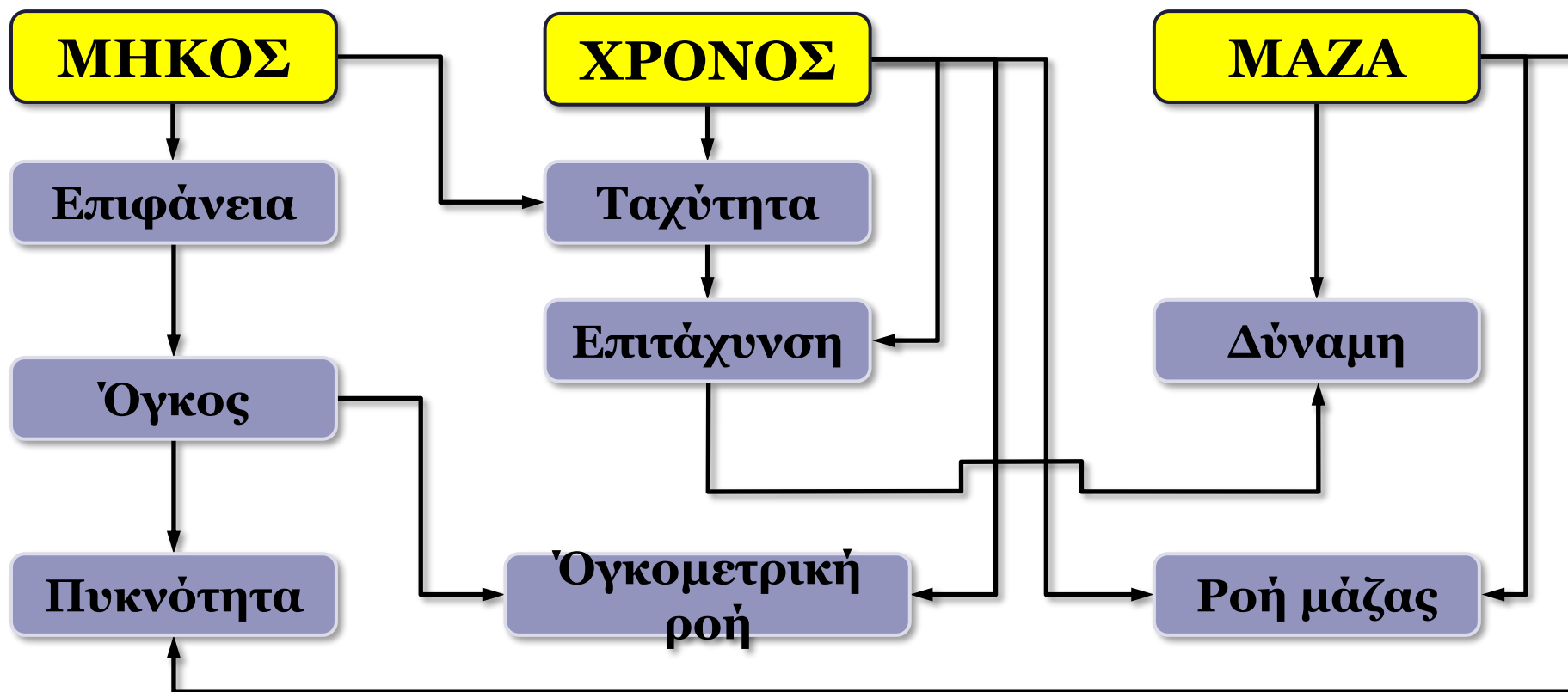
All other SI units can be derived from these, by multiplying together different powers of the base units.

Πηγή:
Bureau
International des
Pois et Mesures

Τα θεμελιώδη μεγέθη και οι μονάδες μέτρησης SI

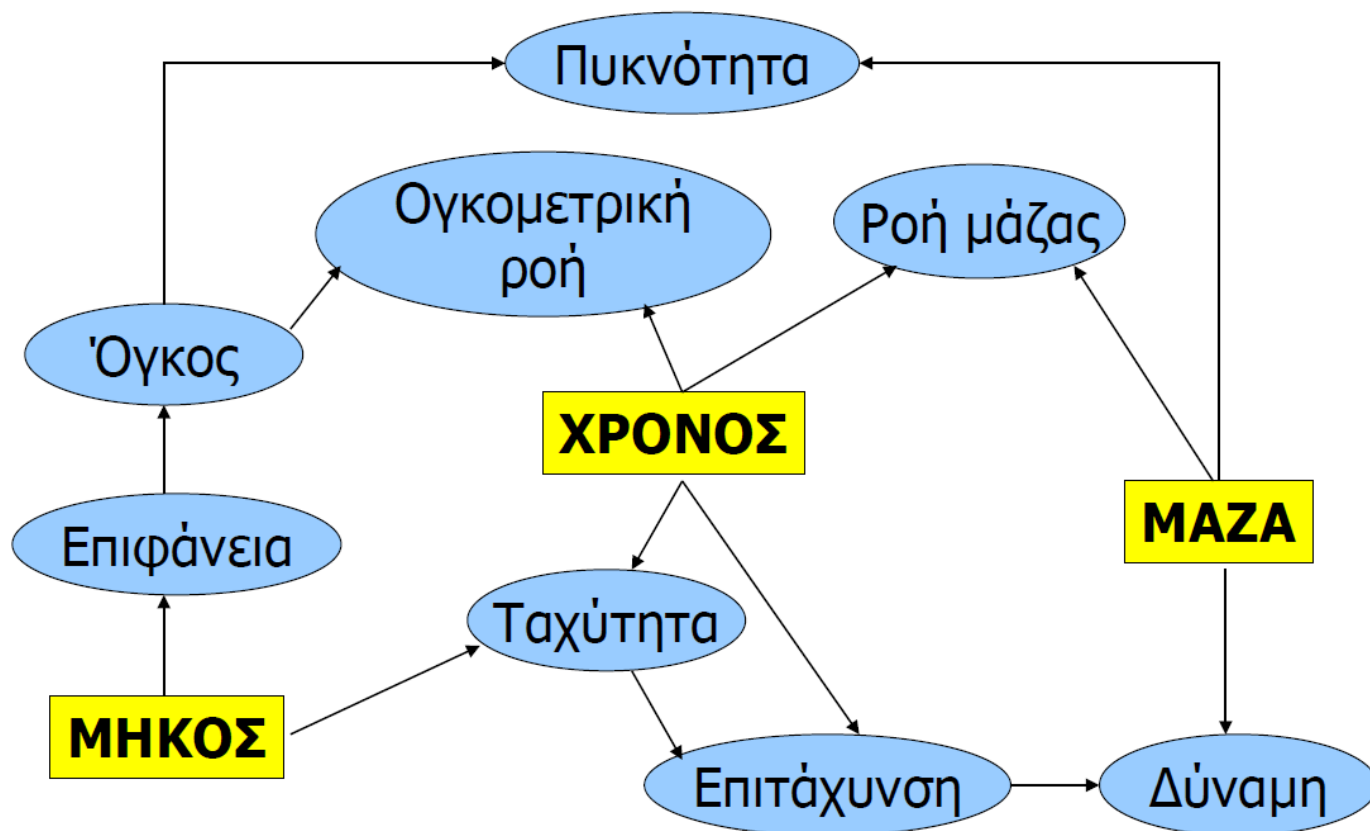
Μέγεθος	Μονάδα μέτρησης στο SI
Μήκος	μέτρο
Μάζα	χιλιόγραμμα
Χρόνος	δευτερόλεπτο
Θερμοκρασία	kelvin
Ηλεκτρικό ρεύμα	ampere
Φωτοβολία	candela
Ποσότητα ύλης	mole

Βασικές και παραγόμενες διαστάσεις





ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ





ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

- Επιφάνεια [=] [μήκος]²
- Όγκος [=] [μήκος]³
- Πυκνότητα [=] [μάζα] / [όγκος] = [μάζα] / [μήκος]³
- Ταχύτητα [=] [μήκος] / [χρόνος]
- Επιτάχυνση [=] [ταχύτητα] / [χρόνος] = [μήκος] / [χρόνος]²
- Δύναμη [=] [μάζα] X [επιτάχυνση] = [μάζα] X [μήκος] / [χρόνος]²
- Ενέργεια [=] [δύναμη] X [μήκος]
- Ισχύς [=] [ενέργεια] / [χρόνος]
-



ΣΥΣΤΗΜΑ SI

Βασικές μονάδες			
Μήκος	m	(μέτρο)	
Μάζα	kg	(χιλιόγραμμα)	
Χρόνος	s	(δευτερόλεπτο)	
Θερμοκρασία	K	(βαθμός Κέλβιν)	
Ποσότητα ύλης	mol	(γραμμομόριο)	kgmol
Παραγόμενες μονάδες			
Δύναμη	N	(Νιούτον)	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
Ενέργεια	J	(Τζάουλ)	$\text{N} \cdot \text{m}$
Ισχύς	W	(Βατ)	J/s
Πίεση	Pa	(Πασκάλ)	N/m^2
Πυκνότητα d ή ρ			kg / m^3
Ταχύτητα			m/s
Επιτάχυνση			m/s^2
ΘερμοχωρητικότηταC			$\text{J}/(\text{kg})(\text{K})$



ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΕΣ

Βασικές μονάδες		
Μήκος	ft (πόδι)	
Μάζα	lb _m (λίβρα)	
Δύναμη	lb _f (λίβρα)	
Χρόνος	s, h (δευτερόλεπτο, ώρα)	
Θερμοκρασία	°R (βαθμός Ράνκιν)	
Παραγόμενες μονάδες		
Ενέργεια	Btu (Βρετ. Θερμ. Μονάδα)	ft· lb _f
Ισχύς	hp (Ιππος)	
Πίεση		lb _f /in ²
Πυκνότητα		lb _m /ft ³
Ταχύτητα		ft/s
Επιτάχυνση		ft/s ²
Θερμοχωρητικότητα		Btu/(lb _m)(°F)

Συστήματα Μονάδων

Συνήθη Συστήματα Μονάδων

Διάσταση	SI	CGS	UK	US
Μήκος (L)	m	cm	ft	ft
Μάζα (M)	kg	g	slug	lbm
Χρόνος (t)	s	s	s	s
Δύναμη	N	dyn	lbw	lbf
Ενέργεια	J	erg, J, cal	BTU	BTU

Επιπρόσθετες Μονάδες

Επιπρόσθετες Μονάδες

Μονάδα	Μονάδα	Σύμβολο	Αντιστοιχία
minute (time)	λεπτό	min	1 min = 60 s
hour	ώρα	h	1 h = 60 min
day	ημέρα	d	1 day = 24 h
liter	λίτρο	L	1 L = 10^{-3} m ³
metric ton	τόνος	t	1 t = 1000 kg



ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑ-ΥΠΟΔΙΑΡΕΣΕΙΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ Μ1.4

Προθέματα για δυνάμεις του δέκα

Δ		Σύντμηση	Δύναμη	Πρόθεμα	Σύντμηση
10^{-24}	γιοκτο	y	10^3	χιλιο	k
10^{-21}	ζεπτο	z	10^6	μεγα	M
10^{-18}	ατο	a	10^9	γιγα	G
10^{-15}	φεμτο	f	10^{12}	τερα	T
10^{-12}	πικο	p	10^{15}	πετα	P
10^{-9}	νανο	n	10^{18}	εχα	E
10^{-6}	μικρο	μ	10^{21}	ζετα	Z
10^{-3}	χιλιοστο	m	10^{24}	γιοττα	Y
10^{-2}	εκατοστο	c			
10^{-1}	δεκατο	d			

Διάσταση και μονάδες

- Κάθε διάσταση μπορεί να έχει πολλές πραγματικές μονάδες μέτρησης.
- Στον Πίνακα παρουσιάζονται οι διαστάσεις και οι μονάδες για ορισμένα παράγωγα μεγέθη.

Διαστάσεις και μονάδες τεσσάρων παράγωγων μεγεθών

Μέγεθος	Εμβαδόν (A)	Όγκος (V)	Ταχύτητα (v)	Επιτάχυνση (a)
Διαστάσεις	L^2	L^3	L/T	L/T^2
Μονάδες SI	m^2	m^3	m/s	m/s^2
Μονάδες Π.Σ. των Η.Π.Α.	ft^2	ft^3	ft/s	ft/s^2



ΜΑΖΑ - ΣΥΝΕΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΑΖΑΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΑΖΑΣ

oz

lbm

	ουγγιά μάζας	λίβρες	grains	γραμμάρια
ουγγιά μάζας	1	6.25×10^{-2}	4.375×10^2	28.35
λίβρες	16	1	7×10^3	4.536×10^2
grains	2.286×10^{-3}	1.429×10^{-4}	1	6.48×10^{-2}
γραμμάρια	3.527×10^{-2}	2.20×10^{-3}	15.432	1

<https://online.unitconverterpro.com/unit-conversion/convert-alpha/force.php>

$1\text{g} = 2.20 \times 10^{-3} \text{ lbm}$ ή $1 = 2.20 \times 10^{-3} \text{ lbm/g} = \text{ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ}$

$1\text{lbm} = 4.536 \times 10^{-2} \text{ g}$

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ = ΝΕΑ ΜΟΝΑΔΑ/ΔΕΔΟΜΕΝΗ ΜΟΝΑΔΑ



ΜΗΚΟΣ - ΟΓΚΟΣ

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΗΚΟΥΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΗΚΟΥΣ

	μέτρο	ίντσα	πόδι	μίλι
μέτρο	1	39.37	3.2808	6.214×10^{-4}
ίντσα	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.58×10^{-5}
πόδι	0.3048	12	1	1.8939×10^{-4}
μίλι	1.61×10^3	6.336×10^4	5280	1

ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΓΚΟΥ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΟΓΚΟΥ

	in. ³	ft ³	γαλόνια ΗΠΑ	λίτρα	m ³
in. ³	1	5.787×10^{-4}	4.329×10^{-3}	1.639×10^{-2}	1.639×10^{-5}
ft ³	1.728×10^3	1	7.481	28.32	2.832×10^{-2}
γαλόνια ΗΠΑ	2.31×10^2	0.1337	1	3.785	3.785×10^{-3}
λίτρα	61.03	3.531×10^{-2}	0.2642	1	1.000×10^{-3}
m ³	6.102×10^4	35.31	264.2	1000	1

ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΙΣΧΥΟΣ

	hp	kW	(ft)(lb _f)/s	Btu/s	J/s
hp	1	0.7457	550	0.7068	7.457×10^2
kW	1.341	1	737.56	0.9478	1.000×10^3
(ft)(lb _f)/s	1.818×10^{-3}	1.356×10^{-3}	1	1.285×10^{-3}	1.356
Btu/s	1.415	1.055	778.16	1	1.055×10^3
J/s	1.341×10^{-3}	1.000×10^{-3}	0.7376	9.478×10^{-4}	1

ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ή ΕΡΓΟΥ

	(ft)(lb _f)	kWh	(hp)(hr)	Btu	θερμίδα*	joule
(ft)(lb _f)	1	3.766×10^{-7}	5.0505×10^{-7}	1.285×10^{-3}	0.3241	1.356
kWh		1	1.341	3.4128×10^3	8.6057×10^5	3.6×10^6
(hp)(hr)	1.98×10^6	0.7455	1	2.545×10^3	6.4162×10^5	2.6845×10^5
Btu	7.7816×10^2	2.930×10^{-4}	3.930×10^{-4}	1	2.52×10^2	1.055×10^3
θερμίδα*	3.086	1.162×10^{-6}	1.558×10^{-6}	3.97×10^{-3}	1	4.184
joule	0.7376	2.773×10^{-7}	3.725×10^{-7}	9.484×10^{-4}	0.2390	1

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 1

Ένα αυτοκίνητο κάνει τη διαδρομή Αθήνα – Θεσσαλονίκη 535 km σε 5 h.

Ποια είναι η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου σε m/s και ft/min.

$$\text{Μέση ταχύτητα } \bar{v} = \text{απόσταση} / \text{χρόνος} = \frac{535 \text{ km}}{5 \text{ h}} = 107 \text{ km/h}$$

1. Μετατροπή v από km/h σε m / s

$$\bar{v} = 107 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 107 \frac{\cancel{\text{km}}}{\cancel{\text{h}}} \left| \frac{1000 \text{ m}}{1 \cancel{\text{km}}} \right| \frac{\cancel{1 \text{ h}}}{3600 \text{ s}} = 107 \frac{1000 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 29.722222 \text{ m/s}$$

2. Μετατροπή v από m / s σε ft / min

$$\bar{v} = 29.72 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 29.72 \frac{\cancel{\text{m}}}{\cancel{\text{s}}} \left| \frac{3.2808 \text{ ft}}{1 \cancel{\text{m}}} \right| \frac{\cancel{60 \text{ s}}}{1 \text{ min}} = 29.72 \frac{3.2808 * 60}{1} \frac{\text{ft}}{\text{min}} = 5850.76 = 5850 \text{ ft/min ?}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 2

Σε βιομηχανική μονάδα οι σωλήνες μεταφοράς κάποιου υγρού είναι εσωτερικής διαμέτρου $d=2\frac{3}{8}$ in.

$$d(mm)=?, \quad \text{διατομή σωλήνα } A (mm^2)=?$$

$$\text{διατομή σωλήνα } A (cm^2)=?$$

1. Μετατροπή d από in σε mm

$$d = 2\frac{3}{8} \text{ in.} = 2\frac{3}{8} \text{ in.} \left| \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ in.}} \right| \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 60.33 \text{ mm}$$

2. Διατομή A σε mm^2

$$A = \pi \frac{d^2}{4} = \pi \frac{60.33^2 mm^2}{4} = 2859 \text{ mm}^2$$

3. Διατομή A σε cm^2

$$A = 2859 \text{ mm}^2 = 2859 \text{ mm}^2 \left| \frac{1 \text{ cm}^2}{10^2 \text{ mm}^2} \right| = 28.59 \text{ cm}^2$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 3

Όχημα μεταφοράς σκυροδέματος (βαρέλα) μεταφέρει 8 m³ υλικού, μάζας 19 t.

Ποια είναι η πυκνότητα του σκυροδέματος (t/m³, kg/L, g/cm³).

1. Πυκνότητα σε t/m³

$$d = 19 \text{ t} / 8 \text{ m}^3 = 2.375 \text{ t/m}^3$$

2. Πυκνότητα σε kg / L

$$\begin{aligned} d &= \mathbf{2.375 \text{ t} / \text{m}^3} = 2.375 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \left| \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \right| \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = \mathbf{2.375 \text{ kg} / \text{L}} \\ &= 2.375 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \left| \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right| \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = \mathbf{2.375 \text{ g} / \text{cm}^3} \end{aligned}$$



Μετρήσεις και σημαντικά ψηφία

- **Σημαντικά ψηφία:** τα βέβαια ψηφία και ένα με κάποια αβεβαιότητα.
- **Το πλήθος των σημαντικών ψηφίων** είναι το πλήθος των ψηφίων της αριθμητικής τιμής ενός φυσικού μεγέθους **όταν αυτή γράφεται με επιστημονική μορφή.**

Το πλήθος των σημαντικών ψηφίων καθορίζεται από την ακρίβεια προσδιορισμού της τιμής ενός φυσικού μεγέθους. Πρέπει πάντα να γράφουμε το αποτέλεσμα μιας μέτρησης με τόσα σημαντικά ψηφία, με όσα μας επιτρέπει η ακρίβεια του οργάνου που χρησιμοποιήσαμε.

Σημαντικά ψηφία (ΚΑΝΟΝΕΣ)

- Πρώτο σημαντικό ψηφίο: Το πρώτο από αριστερά **μη μηδενικό ψηφίο**.
- Τελευταίο σημαντικό ψηφίο:
 - Αν υπάρχει υποδιαστολή: Το τελευταίο ψηφίο του αριθμού ακόμα κι αν είναι μηδέν.
 - Αν δεν υπάρχει υποδιαστολή: Το τελευταίο μη μηδενικό ψηφίο.

231.75 (5) 002.540 (4) 0.00725 (3) ή 1.0003 (5) 2310 (3) ή ..

2300 (2) ή 2300. (4) 2300.0 (5) 23,040 (4) 0.03500 (4)



Σημαντικά ψηφία

Αριθμός σημαντικών ψηφίων		
Δύο	Τρία	Τέσσερα
25	25,0	25,00
0,68	0,679	0,6789
0,083	0,0833	0,08333
$1,8 \times 10^{-5}$	$1,80 \times 10^{-5}$	$1,800 \times 10^{-5}$

- ✓ Στον πίνακα όπου υπάρχει (,) θεωρείστε (.)



Σημαντικά ψηφία-Πράξεις & Στρογ.

- Όταν πολ/ζουμε , διαιρούμε, **το τελικό αποτέλεσμα έχει τα λιγότερα σημαντικά ψηφία.**
- Στην πρόσθεση και αφαίρεση, **το τελικό αποτέλεσμα έχει τόσα δεκαδικά ψηφία ($\Delta\Psi$) όσο ο αριθμός με τα λιγότερα $\Delta\Psi$.**
- *Στρογγυλοποίηση*



Σημαντικά ψηφία και πράξεις

- Π.χ.: $11.3 \text{ cm} \times 6.8 \text{ cm} = 76.84 \text{ cm} = 7.7 \times 10 \text{ cm}$
- $5.555 \times 3.33 \times 3.0 = 55.494 = 5.5 \times 10^1$
- $2.22 \times 3.333 \times 4.4444 = 32.885271 = 32.9$
- $100.1 + 0.001 + 0.012 = 100.113 = 100.1$
- $100.7 + 0.023 + 0.0567 = 100.779 = 101.8$
- $1.0000 + 0.036 + 0.22 = 1.2560 = 1.26$

ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ και ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΠΡΑΞΕΙΣ

Παραδείγματα

325 **ΣΨ=** **3**

325.4 **4**

325.0 **4**

325.40 **5**

0.0325 **3**

0.03250 **4**

32500 **3**

32.5*10⁴ **3**

33.0*10⁴ **3**

33*10⁴ **2**

$$2.3422 + 3.1 = \mathbf{5.4}422$$

$$2.3422 + 3.10 = \mathbf{5.44}22$$

$$0.022 + 2.3 = \mathbf{2.3}42$$

$$15.1 * 20.54 = \mathbf{310.}154$$

$$15.10 * 20.54 = 310.154 \rightarrow \mathbf{310.2}$$

$$15 * 20.54 = 308.1 \rightarrow \mathbf{3.1 * 10^2}$$



✓ **Στον πίνακα όπου υπάρχει (,) θεωρείστε (.)**

Στρογγυλοποίηση

National Institute of Standards and
Technology, Η.Π.Α.

Στρογγύλεμα αριθμού στο ψηφίο

Αριθμός	3 ^ο δεκαδικό	2 ^ο δεκαδικό	1 ^ο δεκαδικό	μονάδες
22,3456...	22,346	22,35	22,3	22
22,34850	22,348	22,35	22,3	22
54,3546...	54,355	54,35	54,4	54
54,5643...	54,564	54,56	54,6	54
55,5643...	55,564	55,56	55,6	56
98,7650	98,765	98,76	98,8	99
99,9555	99,956	99,96	100,0	100

Έστω ότι θέλουμε να στρογγυλοποιήσουμε τον αριθμό, **235.43X** στο 2^ο δεκαδικό ψηφίο.

Αν το ψηφίο X παίρνει 1,2,3,4 τότε $235.43X=245.43$

Αν το ψηφίο X παίρνει 6,7,8,9 τότε $235.43X=245.44$

Αν $X=5$,

Αν δεν έχει υπάρχει άλλος αριθμός μετά το 5 τότε:

αν το προηγούμενο ψηφίο είναι άρτιος να μένει όπως είναι, να προσ αυξάνεται **κατά μία μονάδα**, και αν **είναι περιττός**.

Αν υπάρχει άλλος αριθμός μετά το 5 τότε στρογγυλοποιείται κατά μια μονάδα.

➤ **Δεκαδικά (.) Χιλιάδες (,) !**

✓ **Στον πίνακα όπου υπάρχει (,) θεωρείστε (.)**



Μετρήσεις, Αβεβαιότητα (Σφάλματα και Σημαντικά ψηφία)

- Ακρίβεια τιμής (accuracy) και
- Ακρίβεια Μέτρησης (Precision)
- Accuracy πόσο κοντά βρίσκεται η τιμή μιας μέτρησης στην πραγματική τιμή
- Precision δηλώνει την επαναληψιμότητα των μετρήσεων.
- Είναι δυνατόν κάποιος να μετρά τιμές με ακρίβεια κάνοντας όχι ακριβείς μετρήσεις και αντιστρόφως!!!

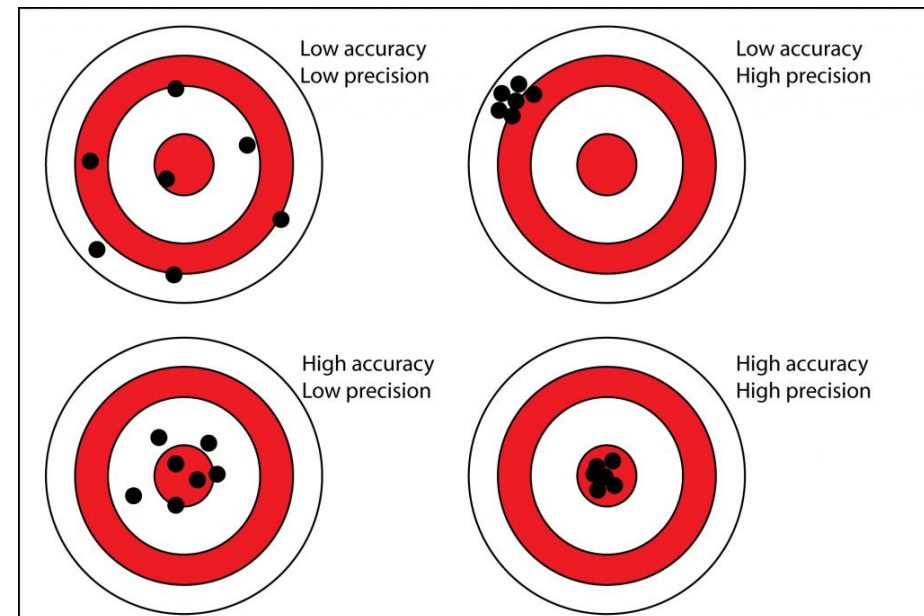
ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ, ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ (ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΨΗΦΙΑ)

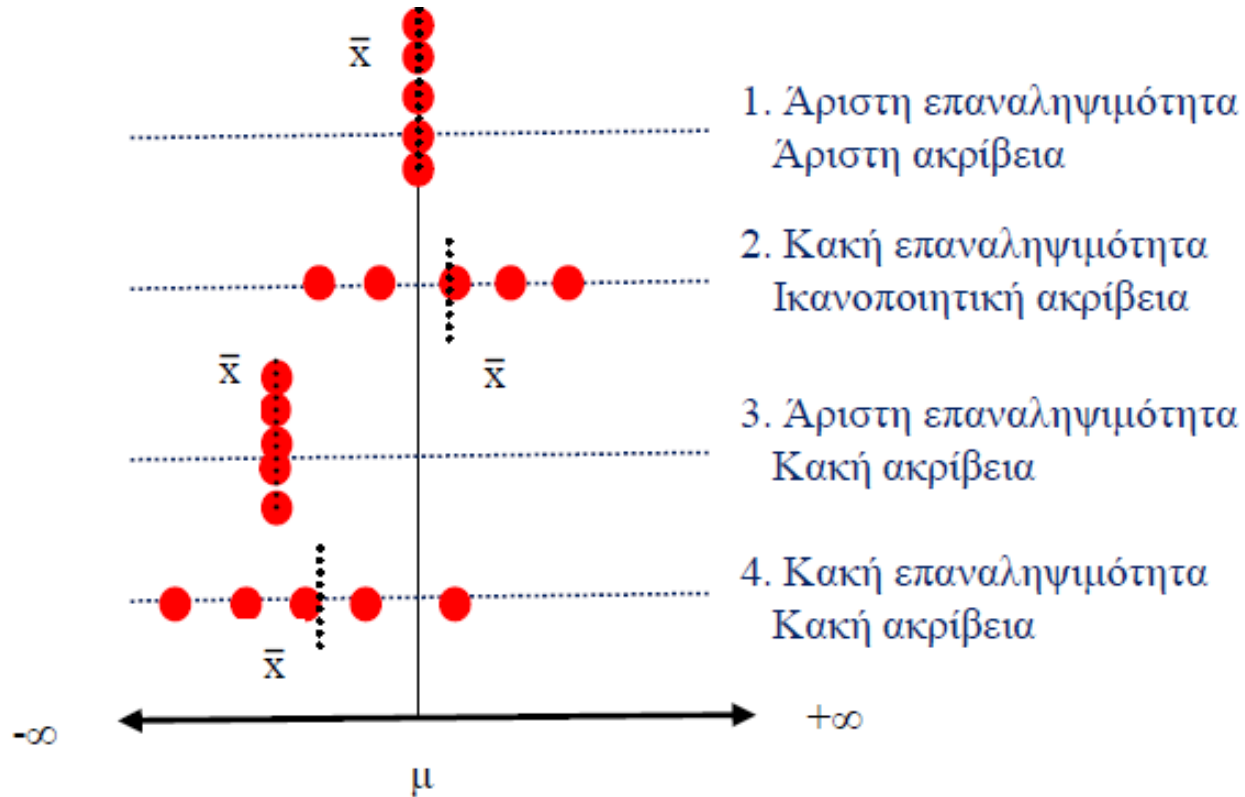
Ακρίβεια τιμής (Accuracy):

Πόσο κοντά βρίσκεται η τιμή μιας μέτρησης στην πραγματική τιμή

Ακρίβεια Μέτρησης (Precision):

δηλώνει την επαναληψιμότητα των μετρήσεων.





Μετατροπές Μονάδων

Άσκηση 1^ο

Μετατρέψτε την επιτάχυνση 1 cm/s^2 σε km/yr^2

Μετατροπές:

$s \rightarrow h \rightarrow \text{day} \rightarrow \text{yr}$

$\text{cm} \rightarrow \text{m} \rightarrow \text{km}$

$$\frac{1 \text{ cm}}{\text{s}^2} \cdot \frac{3600^2 \text{ s}^2}{1^2 \text{ h}^2} \cdot \frac{24^2 \text{ h}^2}{1^2 \text{ day}^2} \cdot \frac{365^2 \text{ day}^2}{1^2 \text{ yr}^2} \cdot \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \cdot \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} =$$

$$= \frac{(3600 \cdot 24 \cdot 365)^2}{10^5} \frac{\text{km}}{\text{yr}^2} = 9.95 \cdot 10^9 \frac{\text{km}}{\text{yr}^2}$$

$$1 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} * \frac{3600^2 \text{ s}^2}{1^2 \text{ h}^2} * \frac{24^2 \text{ h}^2}{1^2 \text{ day}^2} * \frac{365 \text{ day}^2}{1^2 \text{ yr}^2} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} =$$

=

Δεδομένο * Συντ. Μετ \Rightarrow
 $= \Delta \text{εδομένο} * \frac{\text{Νέα μονάδα}}{\text{Παλιές μονάδες}}$

Μετατροπές Μονάδων

Άσκηση 2^η

Μετατρέψτε

$$23 \frac{\text{lbm} \cdot \text{ft}}{\text{min}^2} \quad 6\text{E}$$

$$\frac{\text{kg cm}}{\text{s}^2}$$

Μετατροπές

$$\text{lbm} \rightarrow \text{g} \rightarrow \text{kg}$$

$$\text{min} \rightarrow \text{s}$$

$$\text{ft} \rightarrow \text{m} \rightarrow \text{cm}$$

$$23 \frac{\text{lbm ft}}{\text{min}^2} \left| \frac{4.536 \times 10^2 \text{g}}{1 \text{lbm}} \right| \left| \frac{10^{-3} \text{kg}}{1 \text{g}} \right| \left| \frac{0.3048 \text{m}}{1 \text{ft}} \right| \left| \frac{100 \text{cm}}{1 \text{m}} \right| \left| \frac{1^2 \text{min}^2}{60^2 \text{s}^2} \right| =$$

$$= 0.08833 = 0.088 \frac{\text{kg cm}}{\text{s}^2}$$



ΜΑΖΑ - ΣΥΝΕΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΑΖΑΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΑΖΑΣ

	ουγγιά μάζας	λίβρες	grains	γραμμάρια
ουγγιά μάζας	1	6.25×10^{-2}	4.375×10^2	28.35
λίβρες	16	1	7×10^3	4.536×10^2
grains	2.286×10^{-3}	1.429×10^{-4}	1	6.48×10^{-2}
γραμμάρια	3.527×10^{-2}	2.20×10^{-3}	15.432	1

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΗΚΟΥΣ

	μέτρο	ίντσα	πόδι	μίλι
μέτρο	1	39.37	3.2808	6.214×10^{-4}
ίντσα	2.54×10^{-2}	1	8.333×10^{-2}	1.58×10^{-5}
πόδι	0.3048	12	1	1.8939×10^{-4}
μίλι	1.61×10^{-3}	6.336×10^4	5280	1



ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ-Διαστατική ανάλυση

- ❑ Μια τεχνική η οποία μας επιτρέπει να ελέγξουμε αν μια εξίσωση έχει τη σωστή μορφή.
- ❑ Μπορούμε να χειριστούμε τις διαστάσεις (μήκος, μάζα, χρόνος, συνδυασμοί) ως αλγεβρικά μεγέθη.
- ❑ Τα δύο σκέλη της εξίσωσης **πρέπει να έχουν τις ίδιες διαστάσεις.**
- ❑ Μια εξίσωση είναι σωστή μόνο αν οι διαστάσεις και στα δύο σκέλη της είναι ίδιες.

Δίνεται η εξίσωση: $x = \frac{1}{2} a t^2$

Ελέγξτε τις διαστάσεις κάθε σκέλους:

$$L = \frac{L}{T^2} \cdot T^2 = L$$



ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ

- Κάθε όρος μιας εξίσωσης πρέπει να έχει τις ίδιες **διαστάσεις** και **μονάδες** με κάθε όρο που προστίθεται αφαιρείται ή εξισώνεται.
- Π.χ. Εξίσωση τελείων αερίων: $PV = nRT$
 Διαστάσεις του R: [πίεση]X[όγκος]/[mol] ×[θερμοκρασία]

$$0.08206 \text{ (L} \times \text{atm / mol} \times \text{K)}$$

- **Συνεπής διαστασιολόγηση σημαντική στους αδιάστατους αριθμούς που χρησιμοποιούνται στη Χημική Μηχανική**

Αδιάστατοι αριθμοί

Π.χ. Αριθμός Reynolds $N_{re} = D \times u \times \rho / \mu =$
 $\{(\text{cm}) \times (\text{cm/s}) \times (\text{g/cm}^3)\} / (\text{g}/(\text{cm s}))$

- **Οι εκθέτες στις δυνάμεις (π.χ. X^2), οι ποσότητες X σε $\log(X)$, $\ln(X)$, e^X είναι αδιάστατοι.**

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- 1 Θεωρείστε την παρακάτω εξίσωση μεταβολής ύψους μιας δεξαμενής
- $$D(\text{ft}) = A t (\text{s}) + B$$
- a) Αν η εξίσωση είναι σωστή προσδιορίστε τις διαστάσεις των σταθερών A και B
- b) Αν η εξίσωση είναι ορθή, ποιες είναι οι μονάδες των A και B?
- c) Δώστε την εξίσωση εκφρασμένη σε m και min. (Αν $A=3$ και $B=4$)

2.3.1 HIM Αν η πυκνότητα του υγρού δίνεται από την εξίσωση

$$\rho = (A + BT) e^{CP}$$

Όπου ρ = πυκνότητα (g/cm^3)

T = Θερμοκρασία ($^{\circ}\text{C}$)

P = πίεση (atm)

Ποιες είναι οι μονάδες των A, B, C για να είναι η εξίσωση διαστασιολογικά συνεπής?

θεωρείστε την παρακάτω εξίσωση μεταβολής ύψους
 υψοῦ μιας δεξαμενής

Ε. Παυλάτου, 2024-25

$$D(ft) = At(s) + B$$

(i) Αν η εξίσωση είναι σωστή, ποιά η διάσταση των σταθερών
 $A, B = ?$

(ii) Αν η εξίσωση είναι ορθή, ποιές οι μονάδες των A, B ?
 όπου $A = 3, B = 4$

(iii) Δώστε εξίσωση για ύψος σε m και χρόνο σε min.

(i), (ii) $D(ft) = A * t(s) + B$ (1) εξ.

$$L = \frac{L}{t} * t + L$$

οπότε $A \in \left] \frac{L}{t} \in \left] \frac{ft}{s} \right. , B \in \left] L \in \left] ft \right.$

(iii) Αν $D'(m)$ και $t'(min)$ τότε

$$D'(m) = D(ft) \left| \frac{1 m}{3.2808 ft} = \frac{D}{3.2808} \Rightarrow D = 3.2808 D'$$

$$t'(min) = t(s) \left| \frac{1 min}{60s} = \frac{t}{60} \Rightarrow t = 60 * t'$$

$$\text{εξ. (1)} \Rightarrow 3.2808 D' = A * 60 * t' + B \Rightarrow$$

$$D' = \frac{A * 60 * t'}{3.2808} + \frac{B}{3.2808} \Rightarrow$$

\leadsto Αν $A = 3$
 $B = 4$

$$D' = \frac{3 * 60}{3.2808} * t' + \frac{4}{3.2808} = 55 t' + 1.22$$

Άσκηση 2.3.1 Him

→ πυκνότητα υγρού

$$\rho = (A + BT) e^{CT}$$

όπου $\rho [E] \frac{g}{cm^3}$; $A, B, C = ?$ μονάδες
 $T [E] (^{\circ}C)$
 $P [E] atm$

$$\rho [E] \frac{g}{cm^3} = A * e^{CT} + BT e^{CT}$$

\downarrow
 $\frac{g}{cm^3} e^{atm^{-1} * atm} + \frac{g}{cm^3 \cancel{^{\circ}C}} e^{atm * atm^{-1}}$

$A [E] \frac{g}{cm^3}$ $B [E] \frac{g}{cm^3 \cancel{^{\circ}C}}$, $C [E] atm^{-1}$



ΜΑΖΑ, ΔΥΝΑΜΗ ΚΑΙ ΒΑΡΟΣ

$$\text{NEWTON} = 1\text{N} = 1\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$$

$$1 \text{ dyne} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm}/\text{s}^2$$

$$1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm} \cdot \text{ft}/\text{s}^2$$

$$g = 9.8066 \text{ m}/\text{s}^2$$

$$= 980.66 \text{ cm}/\text{s}^2$$

$$= 32.174 \text{ ft}/\text{s}^2$$

Επιφάνεια της θάλασσας σε γεωγραφικό πλάτος 45°

$$F = m \cdot a$$

$$B = W = m \cdot g$$



- Στο SI το Newton (N) αντιστοιχεί σε 1 kg που επιταχύνεται με $1 \text{ m}/\text{s}^2$
- Στο αμερικανικό σύστημα μια λίβρα δύναμης (1 lbf) αντιστοιχεί στην δράση του πεδίου βαρύτητας της γης σε μια λίβρα μάζας (1 lb_m)

Άσκηση 5

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

(σε lbf)

Το νερό έχει πυκνότητα 62.4 lbm/ft^3 . Πόσο Fujifilm
 2.000 ft^3 νερό (i) στην επιφάνεια της θάλασσας $g = 32.174 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$
 (ii) σε πόλη όπου έχει ύψος πάνω από την
 επιφάνεια της θάλασσας $5,374 \text{ ft}$ και $g = 32.139 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow m = d * V$$

$$m = 62.4 \frac{\text{lbm}}{\text{ft}^3} * 2.000 \text{ ft}^3 = 124.8 \text{ lbm}$$

όπως $B = m * g = (124.8 \text{ lbm}) * g$ (i)

(i) επιφάνεια θάλασσας

$$g = 9.80665 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 32.174 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$$

$$(i) \Rightarrow B = 124.8 \text{ lbm} * 32.174 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32.174 \text{ lbm} * \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}} = 124.8 \text{ lbf}$$

(ii) $g = 32.139 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$

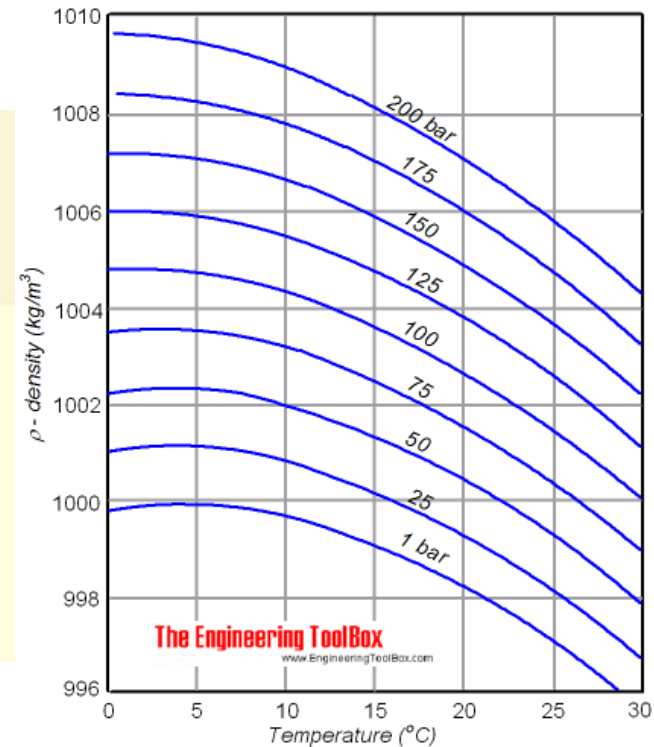
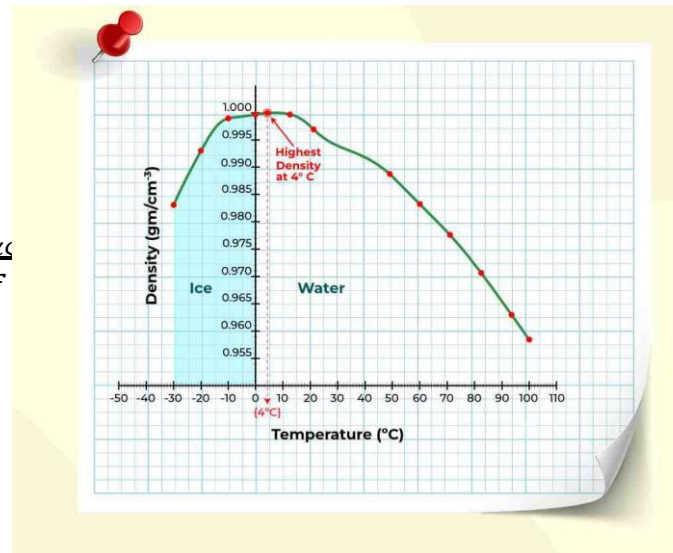
$$(i) \Rightarrow 124.8 \text{ lbm} * 32.139 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2} * \frac{1 \text{ lbf}}{32.174 \text{ lbm} * \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}} = 124.7 \text{ lbf}$$

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

$$\rho = f(T)$$

$$d \text{ ή } \rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Ειδικό βάρος} = \varepsilon = \frac{\rho_{\text{ουσιας}}}{\rho_{\text{ref}}}$$



Υγρά: Νερό (4° C) - $\rho_{\text{ref}} = 1.00 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 = 62.43 \text{ lbm/ft}^3$

Αέρια: Αέρας

Άσκηση 6

Υπολογίστε (i) την πυκνότητα του Hg σε lb_m/ft^3 όταν το ειδικό βάρος (ϵ) είναι 13.546 στους 20°C και (ii) τον όγκο (ft^3) που καταλαμβάνουν 215 kg. Δίνεται ότι η πυκνότητα του νερού είναι $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 62.43 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$

Λύση

(i) Ορίζεται $\epsilon = \frac{\rho_{\text{Hg}}}{\rho_{\text{ref}}} = 13.546 \Rightarrow$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13.546 * 62.43 = 845.68 = 845.7 \text{ lb}_m/\text{ft}^3$$

(ii) $\rho_{\text{Hg}} = \frac{m_{\text{Hg}}}{V_{\text{Hg}}} \Rightarrow V_{\text{Hg}} = m_{\text{Hg}} / \rho_{\text{Hg}} \Rightarrow$

$$V_{\text{Hg}} = 215 \text{ kg} \left| \frac{10^3 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right| \left| \frac{2.20 \times 10^{-3} \text{ lb}_m}{1 \text{ g}} \right| \left| \frac{1 \text{ ft}^3}{845.7 \text{ lb}_m} \right| =$$

$$V_{\text{Hg}} = 0.560 \text{ ft}^3$$



ΜΑΖΑ - ΣΥΝΕΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

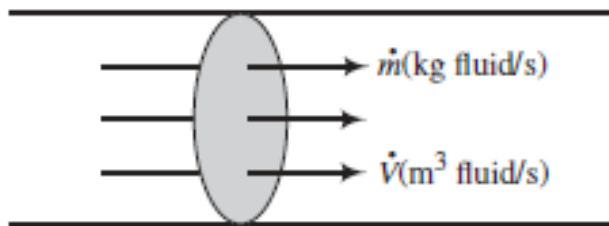
ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΑΖΑΣ

ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΕΣ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΑΖΑΣ

	ουγγιά μάζας	λίβρες	grains	γραμμάρια
ουγγιά μάζας	1	6.25×10^{-2}	4.375×10^{-2}	28.35
λίβρες	16	1	7×10^3	4.536×10^2
grains	2.286×10^{-3}	1.429×10^{-4}	1	6.48×10^{-2}
γραμμάρια	3.527×10^{-2}	2.20×10^{-3}	15.432	1

ΜΑΖΙΚΟΣ & ΟΓΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ & ΜΟΛΑΡΙΚΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΡΟΗΣ

Συνήθως μετράμε \dot{V}

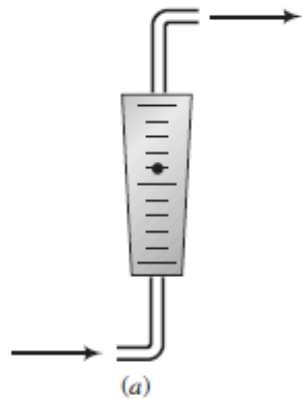


$$\dot{n} = n/t = \dot{m}/M_i$$

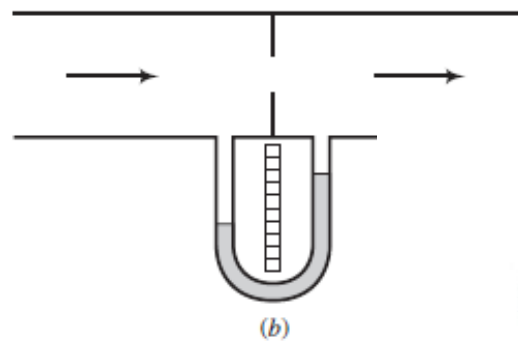
$$\dot{m} = m/t$$

$$\dot{V} = V/t$$

πλωτήρας



Στόμιο-orifice



$$\rho = m/V = \dot{m}/\dot{V}$$

$$F_d = \frac{1}{2} \rho u^2 c_d A$$

Ροόμετρα



Άσκηση 7

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Υγρό τολουόλιο ρέει σε σωλήνα με ρυθμό $175 \text{ m}^3/\text{h}$.
 (a) Ποιος είναι ο μαζικός ρυθμός ροής σε kg/min ?
 (b) Ποια είναι η μοριακή ροή σε mol/s ? Δίνονται $M_r \text{ τολ} = 92.13$, $\rho_{\text{τολ}} = 0.866 \text{ kg}/\text{L}$.

Ξέρουμε $\dot{m} = \dot{V} * \rho$, $\rho_{\text{τολ}} = 0.866 \text{ kg}/\text{L}$

$$\dot{m} = \dot{V} * \rho = 175 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0.866 \frac{\text{kg}}{\text{L}} \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = \underline{2525.8 \frac{\text{kg}}{\text{min}}}$$

$2,53 * 10^3$

$$\dot{n} = \frac{n}{t} = \frac{m/M_r}{t} = \frac{m}{t} * \frac{1}{M_r} \quad M_r = 92.13$$

$$\dot{n} = 2525.8 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \frac{1 \text{ kmol}}{92.13 \text{ kg}} \frac{10^3 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = \underline{457 \text{ mol}/\text{s}}$$

Mole και μοριακό βάρος

$$Ar(\text{Na}) = 22.9 \text{ amu}$$

$$M(\text{Na}) = 22.9 \text{ g/gmol}$$

- Η έννοια του mole (συμβολισμός mol) χρειάζεται στη στοιχειομετρία των αντιδράσεων.
- Mole είναι η ποσότητα μιας ουσίας που περιέχει τόσα μόρια ή τυπικές μονάδες όσα περιέχονται σε 12g ^{12}C .
- **Γραμμομοριακή μάζα (M_i) χημικής ένωσης τόσα γραμμάρια όσα είναι το μοριακό της βάρος (M_r). [=] g/gmol, kg/kmol, lb/lbmmol, 1kgmol**
- Μοριακό βάρος ουσίας: προκύπτει από το άθροισμα των ατομικών βαρών των συστατικών του (λαμβάνοντας υπόψη και τους δείκτες).
- **Μέση γραμμομοριακή μάζα μίγματος: $\sum_i y_i M_i = \bar{M}$ y_i κλάσμα μολαρικό**
 - Πόσα mol CaCO_3 περιέχονται ε 150 g CaCO_3 ; (Ar: Ca=40, C=12, O=16)
1.5 mol CaCO_3
 - Πόσα mol Ca, C, O_2 περιέχονται στην παραπάνω ποσότητα;
Ca: 1.5 mol, C:1.5 mol, O_2 :2.25 mol
 - Πόσα g Ca, C και O_2 περιέχονται στην παραπάνω ποσότητα;
60 g Ca, 18 g C, 72 g O_2

Σύσταση μιγμάτων

□ Μοριακό ή μολαρικό κλάσμα $y_A = \frac{mol_A}{mol_m}$

□ Κλάσμα μάζας $x_A = \frac{μάζα_A}{μάζα_m} = \frac{m_A}{m_m}$

□ Κλάσμα όγκου $u_A = \frac{V_A}{V_{TOTAL}}$

M_i , μίγματος = $\sum_i y_i M_i = \bar{M}$ y_i κλάσμα μολαρικό

- Ένα μίγμα αερίων έχει σύσταση (κατά μάζα): O₂ 16%, CO 4%, CO₂ 17%, N₂ 63%.

Μοριακό κλάσμα (y) των επιμέρους αερίων =?

O₂ :0.150, CO: 0.04, CO₂: 0.120, N₂: 0.690

Κλάσμα όγκου (v) των επιμέρους αερίων =? **Ίδιο με το y**

Μετατροπή σύστασης κατά μάζα σε μοριακή σύσταση

Άσκηση 8

Αέριο μίγμα έχει την ακόλουθη σύσταση κατά μάζα

O_2 16%

CO 4.0%

CO_2 17%

N_2 63%

Ποια είναι η μοριακή σύσταση %

Ορίζουμε ως βάση υπολογισμού τα 100g μίγματος

Συστατικό i	κλάσμα βάρους x_i	Μάζα (g) $m_i = x_i m_{ολ}$	M_i (g/mol)	n_i $n_i = \frac{m_i}{M_i}$	$\frac{y_i}{n_i}$ $\frac{y_i}{m_{ολ}}$
O_2	0.16	16	32	0.50	(15%) 0.15
CO	0.04	4	28	0.14	(4%) 0.04
CO_2	0.17	17	44	0.39	(12%) 0.12
N_2	0.63	63	28	2.20	(69%) 0.69
ΣΥΝΟΛΙΚΑ	1.00	100		3.28	1.00

Άσκηση 9

Παράδειγμα 2.11 (Μέσο M_r αέρα)

$\bar{M}_i = ?$ με σύσταση 21% O_2 & 79% N_2 . (mole)

Βάση υπολογισμού: 1 g mol αέρα

$$m_{O_2} = \frac{1 \text{ g mol αέρα}}{1 \text{ g mol αέρα}} \left| \frac{0.21 \text{ g mol } O_2}{\text{g mol αέρα}} \right| \left| \frac{32.00 \text{ g } O_2}{\text{g mol } O_2} \right| = 6.72 \text{ g } O_2$$

$$m_{N_2} = \frac{1 \text{ g mol αέρα}}{1 \text{ g mol αέρα}} \left| \frac{0.79 \text{ g mol } N_2}{\text{g mol αέρα}} \right| \left| \frac{28.2 \text{ g } N_2}{\text{g mol } N_2} \right| = 22.28 \text{ g } N_2$$

$$m_{O_2} + m_{N_2} = 29 \text{ g αέρα} \Rightarrow \bar{M}_i = 29 \frac{\text{g}}{1 \text{ g mol}}$$

Συγκέντρωση (διαλύματα)

- ❑ **Συγκέντρωση** μια διαλυμένης ουσίας είναι η μάζα της ουσίας ανά όγκο διαλύματος (g/L, kg/m³...).
- ❑ **Μοριακή συγκέντρωση** είναι τα mol της ουσίας ανά όγκο διαλύματος (mol/m³, lb mol/ ft³...).
- ❑ **Μοριακότητα** είναι τα mol της ουσίας ανά λίτρο διαλύματος.
- ❑ Για ίχνη διαλυμένης ουσίας (πολύ μικρές συγκεντρώσεις) χρησιμοποιούνται οι όροι ppm (parts per million) και ppb (parts per billion). 1 ppm = 1000 ppb. (g ή mol) , ppm = $y_i \cdot 10^6$, ppb = $y_i \cdot 10^9$
- ❑ Παρασκευάστηκε διάλυμα που περιέχει **100 g NaOH σε 2 L** διαλύματος.
Συγκέντρωση NaOH σε g/L, kg/m³ ? **C = 50 g/L = 50 kg/m³**
Μοριακότητα διαλύματος ? **M = 1.25 mol/L**
- ❑ Συγκέντρωση Ni: 0.06 mg/L
Συγκέντρωση σε ppm και ppb? **C = 0.06 ppm = 60 ppb**

Άσκηση 10

Το τριοξείδιο του θείου (SO_3) απορροφάται σε διάλυμα θειικού οξέος H_2SO_4 σχηματίζοντας περισσότερο πυκνό θειικό οξύ. Αν το αέριο που πρόκειται να απορροφηθεί περιέχει (μολαρική σύσταση) 55% SO_3 , 41% N_2 , 3% SO_2 και 1% O_2

- Πόσα ppm O_2 υπάρχουν στο αέριο;
- Ποια η σύσταση του αερίου, αν δεν λάβουμε υπόψη το N_2 ;

Λύση

$$1\% \text{O}_2 (\text{mol}) \Rightarrow \frac{\text{mol O}_2}{\text{mol αερίου}} = \frac{1 \text{ mol O}_2}{100 \text{ mol αερίου}} = \frac{10^4 \text{ mol O}_2}{10^6 \text{ mol αερίου}}$$

$$\Rightarrow 10^4 \text{ ppm} (\text{O}_2)$$

(β) Διαζέω	βάση	100 mol Αέριο	κλάσμα y_i	% mol
SO_3	55%		$55/59 = 0.932$	93.2%
O_2	1		$1/59 = 0.017$	1.7%
SO_2	3	59 mol	$3/59 = 0.017$	1.7%
				100%

Άσκηση 11

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Η τροφοδοσία σε ένα αντιδραστήρα παραγωγής αμμωνίας περιέχει **25%** κατά mol άζωτο και το υπόλοιπο υδρογόνο. Η ροή του **ρεύματος** εισόδου είναι **3000 kg/h**. Υπολογίστε τη ροή του αζώτου στον αντιδραστήρα σε **kg/h** με χρήση του μέσου **Mi μίγματος**. Δεδομένα Ar: N-14.01, H-1.013.

$$25\% \text{ N}_2 \text{ mole} + 75\% \text{ H}_2 \text{ mol}$$

$$\text{οπότε σε } 1 \text{ mol μίγματος} \quad 0.25 \text{ mol N}_2 \quad 0.75 \text{ mol H}_2$$

$$\bar{M}_{\text{μίσμ}} = \sum y_i M_{r_i} = \frac{0.25 \text{ kmol N}_2 * 28.02 \text{ g N}_2}{\text{gmol αέρα}} + \frac{0.75 \text{ kmol H}_2 * 2.016 \text{ g H}_2}{\text{gmol αέρα}}$$

$$\Rightarrow \bar{M}_{\text{μίσμ}} = 8.52 \text{ g/gmol}$$

$$\dot{m}_{\text{N}_2} = \frac{3000 \text{ kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kmol μίσμ}}{8.52 \text{ kg}} \cdot \frac{0.25 \text{ kmol N}_2}{1 \text{ kmol μίσμ}} \cdot \frac{28.02 \text{ kg N}_2}{1 \text{ kmol N}_2} = \frac{2.5 \cdot 10^3}{h} \cdot \frac{2470 \text{ kg N}_2}{h}$$

Άσκηση 12

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Υδατικό Διάλυμα $0.50 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ ρέει σε μονάδα με ρυθμό $1.25 \text{ m}^3/\text{min}$. Το ειδικό βάρος διαλύματος είναι $\varepsilon=1.03$

- (i) Υπολογίστε τη συγκέντρωση H_2SO_4 σε kg/m^3
- (ii) Υπολογίστε τον μαζικό ρυθμό ροής (Kg/s) του H_2SO_4
- (iii) Υπολογίστε το κλάσμα βάρους (**μάζας**) του H_2SO_4 ($M_r=98$) στο υδατικό διάλυμα

- (i) $49 \text{ kg}/\text{m}^3$
- (ii) $1.02 \text{ kg}/\text{s}$
- (iii) 0.5

Λύση

(a) $C(M) \rightarrow \text{kg/m}^3$

$$0.50 \frac{\text{mol}}{\cancel{\text{L}}} \cdot \frac{98 \cancel{\text{g}}}{1 \cancel{\text{mol}}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{10^3 \cancel{\text{g}}} \cdot \frac{10^3 \cancel{\text{L}}}{1 \text{ m}^3} = 49 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{ H}_2\text{SO}_4$$

διαλυματος

(β) $\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{m}{V} * \frac{V}{t} = \frac{m}{t}$

οπότε

$$\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1.25 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \cdot \frac{49 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 1.02 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

H₂SO₄
διαλυματος

(γ) Ορίζεται

$$x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\dot{m}_{\text{δ/τος}}} \quad (1)$$

όμως $\dot{m}_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1.0 \text{ kg/s} \quad (2)$

$$E = 1.03 = \frac{\rho_{\text{δ/τος}}}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \Rightarrow \rho_{\text{δ/τος}} = 1.03 * \rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1.03 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \Rightarrow$$

$$\rho_{\text{δ/τος}} = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (3)$$

Οπότε

Διάγραμμα: $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{\dot{m}}{\dot{V}} \Rightarrow \dot{m} = \rho * \dot{V}$ (3)

E. Παυλάτου, 2024-25

$$\dot{m}_{\text{δ/τος}} = 1030 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.25 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 21.46 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

η (1) γίνεται $\Rightarrow x_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1.0}{21.46} = 0.048 \frac{\text{kg H}_2\text{SO}_4}{\text{kg δ/τος}}$

0.05

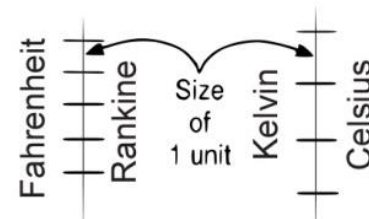


ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

212	672	Σημείο βρασμού του νερού στα 760 mm Hg	373	100
↑ 180				↑ 100
↓ 32	492	Σημείο πήξεως του νερού	273	0
0	460		255	-18
-40	420	°F = °C	233	-40
Fahrenheit	Rankine		Kelvin	Celsius
-460	0	Απόλυτο μηδέν	0	-273

0 °C ή 32 °F

100 °C ή 212 °F



- $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$
- $T(^{\circ}R) = T(^{\circ}F) + 459.67$
- $T(^{\circ}F) = 1.8 * T(^{\circ}C) + 32$
- $T(^{\circ}R) = 1.8 * T(K)$

Συντ. Μετ. (ΔT) = 1.8 °F/1°C = 1.8 °R/1 K = 1 °F/1°R = 1 °C/1 K

Άσκηση 13

ΑΣΚΗΣΗ

Θαυρείστε τη μεταβολή από 20°F σε 80°F

i) Υπολογίστε τις ισοδύναμες θερμοκρασίες σε $^{\circ}\text{C}$ καθώς και τη μεταβολή

(ii) Υπολογίστε απευθείας τη μεταβολή σε $^{\circ}\text{C}$

Λύση

i) Ξέρουμε ότι $T(^{\circ}\text{C}) = \frac{T(^{\circ}\text{F}) - 32}{1.8}$

$$\left. \begin{aligned} T_1(20^{\circ}\text{F}) &= \frac{20 - 32}{1.8} = -6.7^{\circ}\text{C} \\ T_2(80^{\circ}\text{F}) &= \frac{80 - 32}{1.8} = 26.6^{\circ}\text{C} \end{aligned} \right\} T_2 - T_1 = 33.3^{\circ}\text{C}$$

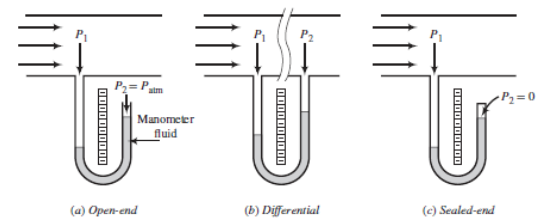
ii) Επίσης ξέρουμε $\Delta T(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \Delta T(^{\circ}\text{C}) \Rightarrow$

$$\Delta T(^{\circ}\text{C}) = \Delta T(^{\circ}\text{F}) / 1.8 \Rightarrow$$

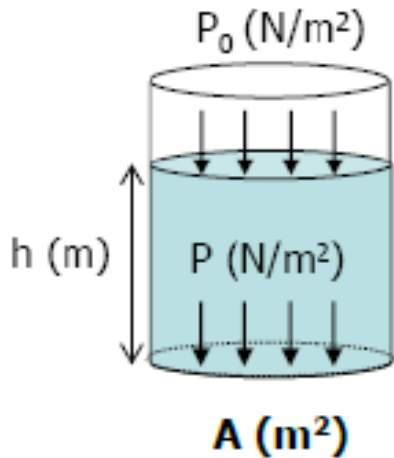
$$\Delta T(^{\circ}\text{C}) = (80 - 20) / 1.8 \Rightarrow \Delta T(^{\circ}\text{C}) = 33.3^{\circ}\text{C}$$

Π.χ. Him 2.22, $c_p [=] \text{J}/(\text{gmol})(\text{F})$ σε $\text{cal}/(\text{gmol})\text{K}$

ΠΙΕΣΗ



- **Ατμοσφαιρική πίεση** είναι η πίεση που ασκείται από την ατμόσφαιρα στην **επιφάνεια της θάλασσας** (=1 atm).
- **Σχετική πίεση (συνήθως μανομετρική)** είναι η πίεση που μετρείται με πίεση αναφοράς την **ατμοσφαιρική πίεση**.
- **Απόλυτη πίεση** είναι η πίεση που μετρείται με πίεση αναφοράς τη μηδενική πίεση (**κενό**).



ρ πυκνότητα
(kg/m^3)

Υδροστατική πίεση

$$P = P_0 + \rho gh$$

$$p_{\text{απολ}} = p_{\text{μανομ}} + p_{\text{atm}}$$

psia

Σχετική με το απόλυτο κενό

$$p_{\text{απολ}} - p_{\text{atm}} = P_{\text{μανομ}}$$

psig

= lbf/in² σχετική με ατμοσφαιρική (μανομετρική)

Πίεση μέτρησης

Υδροστατική πίεση

$$P = P_0 + F/A$$

$$F = mg = \rho Vg = \rho hAg$$

$$P = P_0 + F/A = P_0 + \rho hAg/A = P_0 + \rho gh$$



ΠΙΕΣΗ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

	mm Hg	in. Hg	bar	atm	kPa	psia
mm Hg	1	3.937×10^{-2}	1.333×10^{-3}	1.316×10^{-3}	0.1333	1.934×10^{-2}
in. Hg	25.40	1	3.386×10^{-3}	3.342×10^{-2}	3.386	→ 0.4912
bar	750.06	29.53	1	0.9869	100	14.51
atm	760.0	29.92	1.013	1	101.3	14.696
kPa *	7.502	0.2954	1.000×10^{-2}	9.872×10^{-3}	1	0.1451
psia	51.71	2.036	6.893×10^{-2}	6.805×10^{-2}	6.893	1

- ❑ Πίεση = δύναμη / επιφάνεια
- ❑ Μονάδα SI : Pascal (Pa) = N/m²
- ❑ Μονάδα AES: **lbf/in² (psi)**

Συνήθεις μονάδες: $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 760 \text{ mm Hg} = 14.7 \text{ psi} = 33.9 \text{ ft H}_2\text{O} = 29.92 \text{ inHg}$

ΑΣΚΗΣΗ

Άσκηση 2.11.6 (Himmel)

Η μανομετρική πίεση σε ένα δοχείο οξυγονοκολλητή είναι 22.4 psig. Η βαρομετρική πίεση είναι 28.6 in Hg.

Υπολογίστε την απόλυτη πίεση στο δοχείο σε

(a) lbf/ft^2 , (b) in Hg (c) N/m^2 (d) ft H_2O

11060

Ξέρουμε ότι

$$P_{\text{ανοχ}} = P_{\text{μανομ}} + P_{\text{βαρ}}$$

$$a) P_{\text{ανοχ}} = 22.4 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \left| \frac{12^2 \text{ in}^2}{1 \text{ ft}^2} \right| + 28.6 \text{ inHg} \left| \frac{0.492 \text{ psi}}{1 \text{ inHg}} \right| \left| \frac{1 \text{ lbf}}{1 \text{ in}^2} \right| \left| \frac{12^2 \text{ in}^2}{1 \text{ ft}^2} \right|$$

5250

$$\Rightarrow P_{\text{ανοχ}} = 5252 \text{ lbf/ft}^2$$

$$(b) P_{\text{αν}} = 22.4 \text{ psig} \quad \eta \quad 22.4 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2} \left| \frac{2.036 \text{ inHg}}{1 \text{ lbf/in}^2} \right| + 28.6 \text{ inHg} = 74.2 \text{ inHg}$$

(c) Ξέρουμε ότι

$$1 \text{ atm} = 14.7 \text{ psi} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 33.9 \text{ ft H}_2\text{O} = 29.92 \text{ inHg}$$

$$P_{\text{ανοχ}} = 22.4 \text{ psig} \quad \eta \quad 22.4 \left| \frac{1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{14.7 \text{ psi}} \right| + 28.6 \text{ inHg} \left| \frac{1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2}{29.92 \text{ inHg}} \right| =$$

$$P_{\text{ανοχ}} = 2.51 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

(d)

$$P_{\text{ανοχ}} = 22.4 \text{ psig} \left| \frac{33.9 \text{ ft H}_2\text{O}}{14.7 \text{ psi}} \right| + 28.6 \text{ inHg} \left| \frac{33.9 \text{ ft H}_2\text{O}}{29.92 \text{ inHg}} \right| \Rightarrow$$

$$P_{\text{ανοχ}} = 84.1 \text{ ft H}_2\text{O}$$



ΠΙΕΣΗ - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ

	mm Hg	in. Hg	bar	atm	kPa	psia
mm Hg	1	3.937×10^{-2}	1.333×10^{-3}	1.316×10^{-3}	0.1333	1.934×10^{-2}
in. Hg	25.40	1	3.386×10^3	3.342×10^{-2}	3.386	0.4912
bar	750.06	29.53	1	0.9869	100	14.51
atm	760.0	29.92	1.013	1	101.3	14.696
kPa *	7.502	0.2954	1.000×10^{-2}	9.872×10^{-3}	1	0.1451
psia	51.71	2.036	6.893×10^{-2}	6.805×10^{-2}	6.893	1

- ❑ Πίεση = δύναμη / επιφάνεια
- ❑ Μονάδα SI : Pascal (Pa) = N/m²
- ❑ Μονάδα AES: lbf/in² (psi)



Συνήθεις μονάδες: $1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1.013 \text{ bar} = 760 \text{ mm Hg} = 14.7 \text{ psi} = 33.9 \text{ ft H}_2\text{O} = 29.92 \text{ inHg}$

Ερώτηση: Ποια είναι η τιμή του R σε (psi × ft³ / lbmol °R);

$$R = 0.08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}} * \frac{3.531 \cdot 10^{-2} \text{ft}^3}{1 \text{L}} * \frac{14.696 \text{psi}}{1 \text{atm}} *$$

$$* \frac{1 \text{mol}}{2.20 \cdot 10^{-3} \text{lbmol}} * \frac{1 \text{K}}{1.8^\circ \text{R}} = 10.73 \frac{\text{ft}^3 \cdot \text{psi}}{\text{lbmol} \cdot ^\circ \text{R}}$$