



National and Kapodistrian University of Athens -1837

Department of Agricultural Development, Agrofood and Management of Natural Resources

Φυσική Περιβάλλοντος :

*“Αρχές Φυσικής
Διατήρηση μάζας, ενέργειας & ορμής“*

Καθ. Μιχάλης Γρ Βραχόπουλος

[Energy and Environmental Research Laboratory](#)



ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Η κατανόηση των μονάδων του Διεθνούς Συστήματος (S.I.) που χρησιμοποιούνται σε υπολογισμούς Θερμοδυναμικής.
- Η αναφορά και συσχέτιση με άλλες μονάδες μετρήσεων εκτός S.I. που έχουν όμως πρακτικές εφαρμογές στη Θερμοδυναμική.

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ (S.I.)

- Υπάρχουν **θεμελιώδη** και **παράγωγα** μεγέθη μετρήσεων.
- Τρία είναι τα **θεμελιώδη** μηχανικά μεγέθη που αφορούν υπολογισμούς στο Διεθνές σύστημα μονάδων (S.I.):
 - **ΜΗΚΟΣ**
 - **ΜΑΖΑ**
 - **ΧΡΟΝΟΣ**
- Για τον καθορισμό των θερμικών μεγεθών την
ΑΠΟΛΥΤΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
- Για τον καθορισμό των ηλεκτρικών μεγεθών την
ΕΝΤΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ (S.I.)

Αποτελεί το επίσημο σύστημα μονάδων στην Ε.Ε. & στην Ελλάδα.

Τα βασικότερα θεμελιώδη μεγέθη που χρησιμοποιούνται σε υπολογισμούς:

- Μήκος (L) [m]
- Μάζα (M) [kg]
- Χρόνος (t) [sec]
- Απόλυτη Θερμοκρασία (T) [K]
- Ένταση Ηλεκτρικού Ρεύματος (I) [A]

.....

Μονάδες φυσικών ποσοτήτων



Φυσικό μέγεθος	Όνομα μονάδας	Σύμβολο
Μήκος	Μέτρο	m
Μάζα	Κιλό	kgr ή kg
Χρόνος	Δευτερόλεπτο	sec
Ηλεκτρικό ρεύμα	Αμπέρ	A
Θερμοκρασία	Κέλβιν	K
Ποσότητα ύλης	Γραμμομόριο	Mol
Φωτεινή ακτινοβολία	Καντέλα	cd

Προθέματα ... για τις μονάδες

Σύμβολο	Ονομασία	Αριθμός
M	Μέγκα	$1.000.000=10^6$
K	Κίλο	$1.000=10^3$
D	Ντέσι	$0,1=10^{-1}$
C	Σέντι	$0,01=10^{-2}$
m	μίλι	$0,001=10^{-3}$
μ	μίκρο	$0,000001=10^{-6}$

Μονάδες Μέτρησης Μάζας (m)

- Στο S.I. είναι το χιλιόγραμμα (kg).
- Χρήσιμες μετατροπές μονάδων σε πρακτικές εφαρμογές:

- $1 \text{ gr} = 0,001 \text{ kg}$

- $1 \text{ ton} = 1000 \text{ kg}$

Αγγλοσαξονικό σύστημα:

- $1 \text{ lb} = 0,4536 \text{ kg}$

Μονάδες Μέτρησης Μήκους (L)

- 1cm = 0,01 m

- 1mm = 0,001 m

- 1 km = 1000 m

Αγγλοσαξονικό σύστημα:

- 1 in = $2,54 \cdot 10^{-2}$ m = 2,54 cm = 25,4 mm

- 1ft = 0,3048m

Παράγωγα μεγέθη στο S.I.

- Επιφάνεια
- Όγκος
- Ταχύτητα
- Επιτάχυνση
- Δύναμη
- Πίεση
- Ισχύς
-

Μονάδες Μέτρησης Επιφάνειας (Α)

- Επιφάνεια στερεού σώματος:

κύκλου:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Μονάδες m²

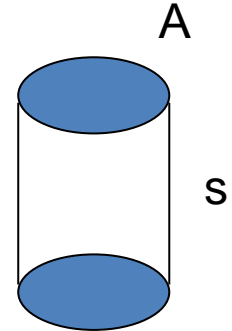
- $1 \text{ cm}^2 = (0,01)^2 \text{ m}^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$

- $1 \text{ mm}^2 = (0,001)^2 \text{ m}^2 = 10^{-6} \text{ m}^2$

Μονάδες Μέτρησης Όγκου (V)

- Όγκος κυλίνδρου:

$$V = A \cdot s = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot s$$

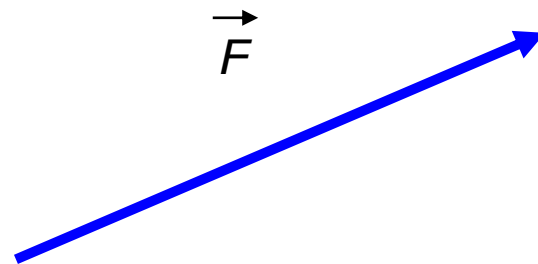


Μονάδες m³

- $1 \text{ cm}^3 = (0,01)^3 \text{ m}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$
- $1 \text{ mm}^3 = (0,001)^3 \text{ m}^3 = 10^{-9} \text{ m}^3$
- $1 \text{ lt} = 1000 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

Ορισμός Δύναμης (F)

- Είναι αίτιο που προκαλεί τη παραμόρφωση ενός σώματος ή τη μεταβολή της κινητικής του κατάστασης ή συγχρόνως και τα δύο.
- Η δύναμη είναι **διάνυσμα** και χαρακτηρίζεται πλήρως όταν δοθούν:
 - Το σημείο εφαρμογής
 - Η διεύθυνση
 - Η φορά
 - Το μέτρο της



- Θεμελιώδης νόμος ή εξίσωση της μηχανικής είναι :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$$

- Μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I. είναι το Newton (N ή Nt)

- Έτσι το Newton (N) ορίζεται ως

$$N = kg \cdot m / s^2$$

- Το βάρος ενός σώματος είναι η δύναμη που έλκει η γη το σώμα αυτό προς το κέντρο της

$$B = m \cdot g$$

όπου $g = 9,807 \text{ m/sec}^2$ επιτάχυνση της βαρύτητας

- **Παράδειγμα:** Ένα αντικείμενο έχει μάζα 10 kg. Υπολογίστε τις ακόλουθες ποσότητες:

(α) Το βάρος του αντικειμένου σε Nt στο επίπεδο της θάλασσας

(β) Το βάρος του αντικειμένου σε Nt σε μια θέση όπου $g = 9,4 \text{ m} / \text{s}^2$

Λύση

(α) Στην επιφάνεια της θάλασσας, η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει τη τιμή $g = 9,807 \text{ m} / \text{s}^2$

Το βάρος του σώματος είναι:

$$B = m \cdot g = 10 \cdot 9,807 = 98,07 \text{ Nt}$$

(β) Στη θέση όπου η επιτάχυνση της βαρύτητας έχει τη τιμή

$$g = 9,4 \text{ m} / \text{s}^2$$

Το βάρος του σώματος είναι:

$$B = m \cdot g = 10 \cdot 9,4 = 94 \text{ Nt}$$

Παρατηρούμε ότι η μάζα του σώματος παραμένει σταθερή, το βάρος του όμως αλλάζει με τη θέση.

Ορισμός Πίεσης (P)

- Ονομάζεται η δύναμη ανά μονάδα επιφανείας που εξασκούν τα ρευστά ομοιόμορφα και κάθετα στα τοιχώματα των δοχείων στα οποία βρίσκονται.

$$P = \frac{\vec{F}}{\vec{A}}$$

Μονάδες

$$1 \text{ Pascal} = \frac{N}{m^2} = \frac{kg \cdot m}{m^2 \cdot s^2} = \frac{kg}{m \cdot s^2}$$

- Συνήθως χρησιμοποιείται το *bar* σαν μονάδα μέτρησης πίεσης
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pascal}$

- Επίσης χρησιμοποιείται η ατμόσφαιρα (atm) και το psi που δεν ανήκουν στο S.I., αλλά αποτελούν συνήθεις μονάδες μέτρησης σε πρακτικές εφαρμογές.

$$1 \text{ atm} = 1,0133 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ psi} = 14,7 \text{ lb/in}^2$$

- Πίεση 1 atm ασκείται στη βάση στήλης υδραργύρου ύψους 760 mm ή στη βάση στήλης νερού 10,33 m.
- Τα όργανα με τα οποία μετράται η πίεση ονομάζονται **μανόμετρα**.

Δεν δείχνουν τη πραγματική πίεση που ονομάζεται απόλυτη αλλά τη διαφορά μεταξύ απόλυτης και ατμοσφαιρικής πίεσης.

Πυκνότητα (ρ)

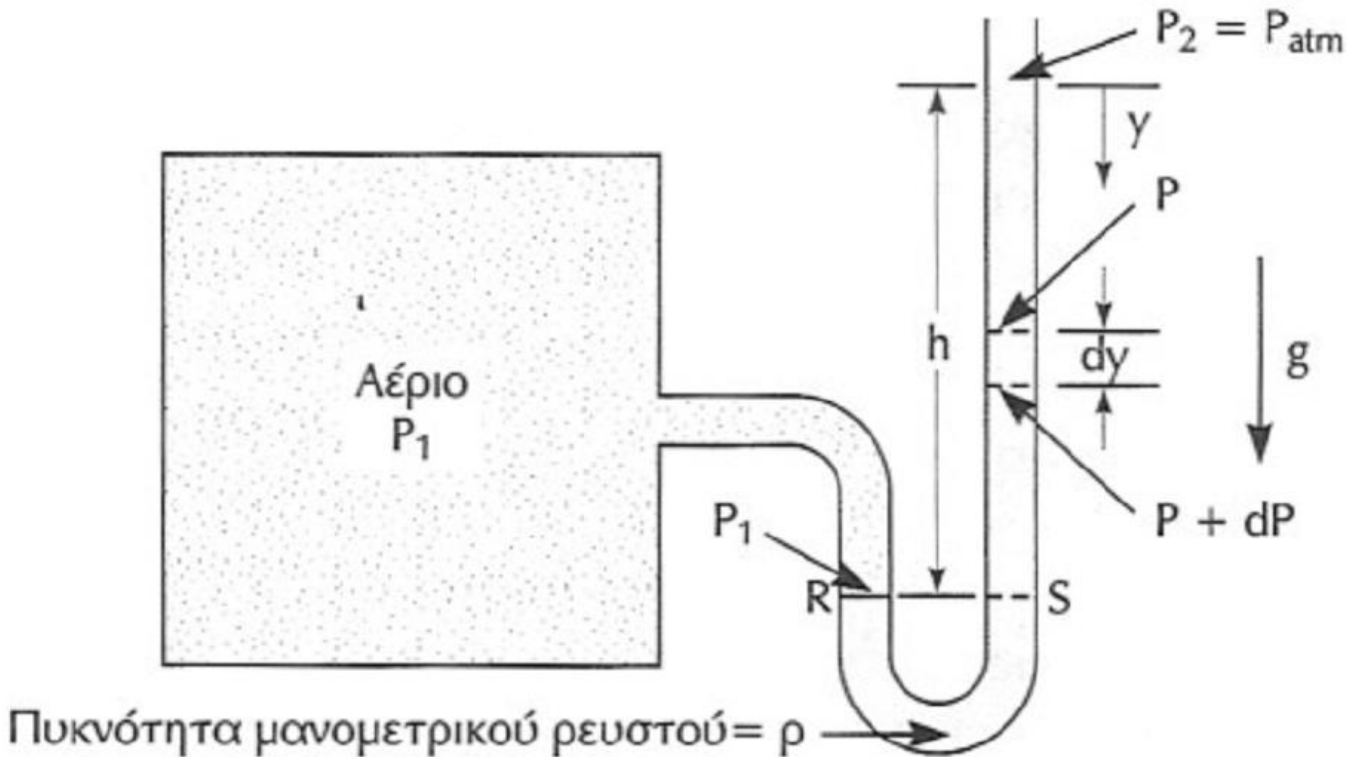
Η μάζα που περιέχεται στη μονάδα του όγκου

$$\rho = m / V$$

Μονάδες kg/m³

Σημείωση, η πυκνότητα είναι μέγεθος που εξαρτάται πολλαπλώς από άλλες ιδιότητες όπως θερμοκρασία, πίεση κ.λπ.

Μέτρηση Πίεσης



Ισορροπία δυνάμεων στο ρευστό του μανόμετρου:

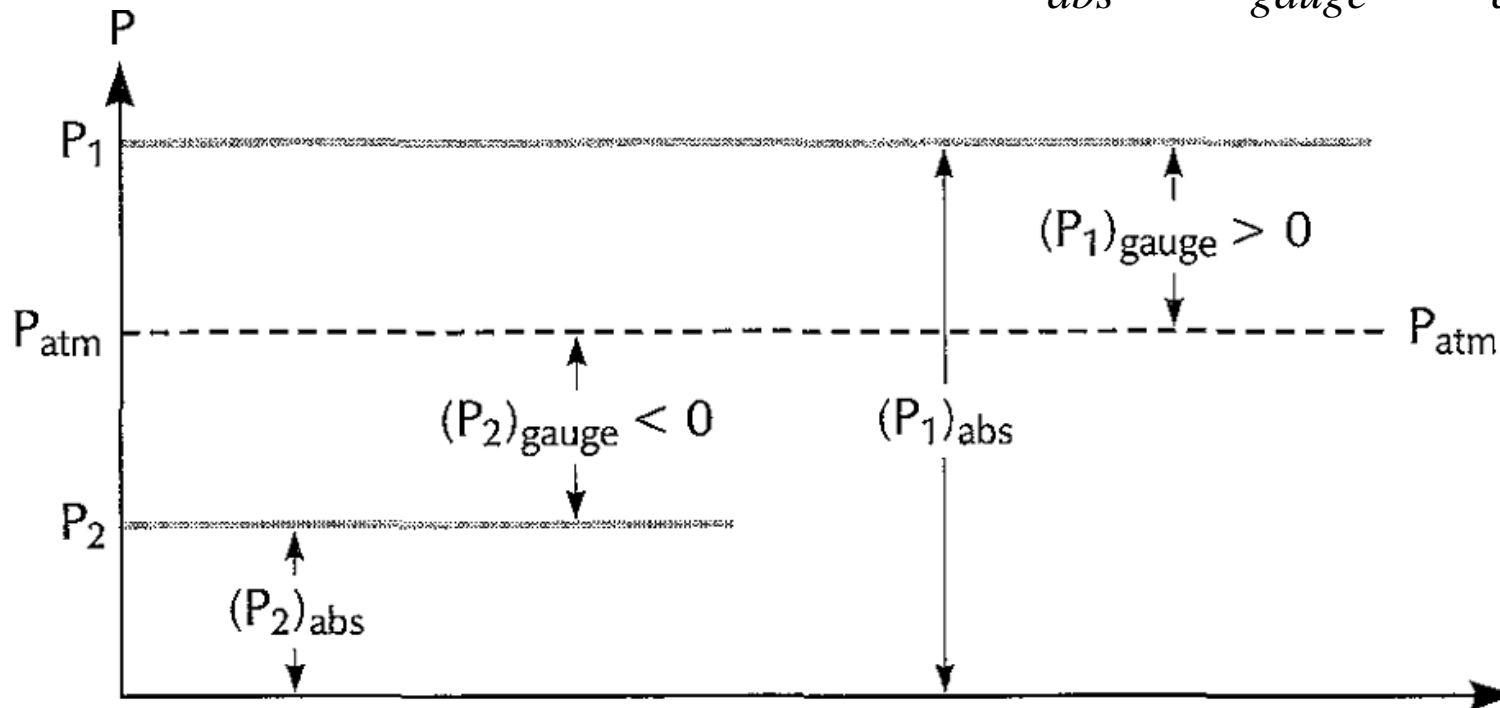
$$\Sigma F_y = 0 \Rightarrow P \cdot A - (P + dP) \cdot A + \rho \cdot g \cdot A \cdot dy = 0 \Rightarrow dP = \rho \cdot g \cdot dy$$

- Ολοκληρώνοντας για όλο το ύψος της στήλης h :

$$\int_{P_1}^{P_2} dP = \int_0^h \rho \cdot g \cdot dy \Rightarrow P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h$$

- Η απόλυτη πίεση είναι το άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης και της υπερπίεσης

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm}$$



- Το ειδικό βάρος ορίζεται : $\gamma = \rho \cdot g$

- Η ειδική βαρύτητα ορίζεται σαν ο λόγος του ειδικού βάρους μίας ουσίας προς το ειδικό βάρος του νερού

$$\text{Ειδική βαρύτητα } \varepsilon = \frac{\gamma}{\gamma_{H_2O}}$$

- Η πίεση σχετίζεται με την ειδική βαρύτητα με:

$$P_1 - P_2 = \rho \cdot g \cdot h = \varepsilon \cdot \gamma_{H_2O} \cdot h$$

- Η πυκνότητα του νερού σε πίεση 1 atm και θερμοκρασία 4 °C είναι:

$$\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Θερμοκρασία, °C	Πυκνότητα kg/m ³	Θερμοκρασία °C	Πυκνότητα kg/m ³
0	999,87	22	997,8
1	999,93	23	997,6
2	999,97	22	997,8
3	999,99	23	997,6
4	1000,00	24	997,3
5	999,99	25	997,1
6	999,97	26	996,8
7	999,93	27	996,5
8	999,88	28	996,3
9	999,8	29	996,0
10	999,7	30	995,7
11	999,6	31	995,4
12	999,5	32	995,1
13	999,4	33	994,7
14	999,3	34	994,4
15	999,1	35	994,1
16	999,0	50	
17	998,8	60	

Παράδειγμα:

Μανόμετρο είναι προσαρμοσμένο σε πιεστικό δοχείο. Το ένα άκρο του μανόμετρου είναι ανοικτό στην ατμόσφαιρα και η τοπική ατμοσφαιρική πίεση είναι 760 mmHg. Να υπολογίσετε την απόλυτη πίεση στην εσωτερική επιφάνεια του δοχείου αν:

(α) Το ύψος του υγρού στο μανόμετρο είναι 420 mm και το υγρό έχει ειδική βαρύτητα 1,6.

(β) Το ύψος του υγρού του μανόμετρου είναι 850 mm και το υγρό έχει πυκνότητα 1100 kg/m³.

(α) Το μανόμετρο μετρά τη διαφορική πίεση (ή υπερπίεση) του αερίου P_{gauge} σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση.

$$P_{gauge} = \rho \cdot g \cdot h = \varepsilon \cdot \gamma_{H_2O} \cdot h = \varepsilon \cdot \rho_{H_2O} \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$P_{gauge} = 1,6 \cdot 1000 \cdot 9,807 \cdot (420 / 1000) = 6590 \text{ N / m}^2$$

Η απόλυτη πίεση είναι

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm} = 6590 + 101300 = 107890 \text{ N / m}^2$$

- (β) Χρησιμοποιώντας την εξίσωση που δίνει τη μέτρηση του οργάνου, προκύπτει ότι:

$$P_{gauge} = \rho \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$P_{gauge} = 1100 \cdot 9,807 \cdot (850 / 1000) = 9170 \text{ N} / \text{m}^2$$

- Η απόλυτη πίεση του αερίου είναι:

$$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm} = 9170 + 101300 = 110470 \text{ N} / \text{m}^2$$

Σημείωση: Η πίεση των 760mmHg αντιστοιχεί σε 101300pa (N/m²)

Η έννοια ειδική βαρύτητα ορίζεται από τη σύγκριση της βαρύτητας με το βάρος ενός υλικού, συνήθως του νερού σε 4° C

Ορισμός Θερμοκρασίας (T)

- Είναι το μέτρο με το οποίο μετράται κατά πόσο ένα σώμα είναι θερμότερο ή ψυχρότερο από κάποιο άλλο.
- Είναι επίσης το φυσικό μέγεθος που χαρακτηρίζει τη θερμική κατάσταση των σωμάτων.

$$\gg \text{ }^{\circ}\text{F} = 1,8 \text{ }^{\circ}\text{C} + 32 \text{ ή}$$

$$\gg \text{ }^{\circ}\text{C} = 5/9 (\text{ }^{\circ}\text{F} - 32)$$

$$\gg \text{K} = \text{ }^{\circ}\text{C} + 273$$

$$\gg \text{R} = 5/9 \text{ K}$$

- Απόλυτο Μηδέν

Η θερμοκρασία $- 273,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ονομάζεται απόλυτο μηδέν και είναι η αρχή της κλίμακας θερμοκρασιών που ονομάζεται **απόλυτη κλίμακα** ή **κλίμακα Κέλβιν** με μονάδα το K.

Εισαγωγή από θερμοδυναμική

Σύγκριση των κλιμάκων θερμοκρασίας

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

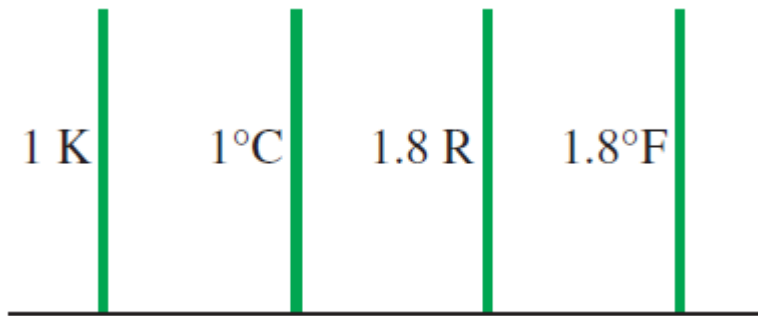
$$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 459.67$$

$$T(\text{R}) = 1.8T(\text{K})$$

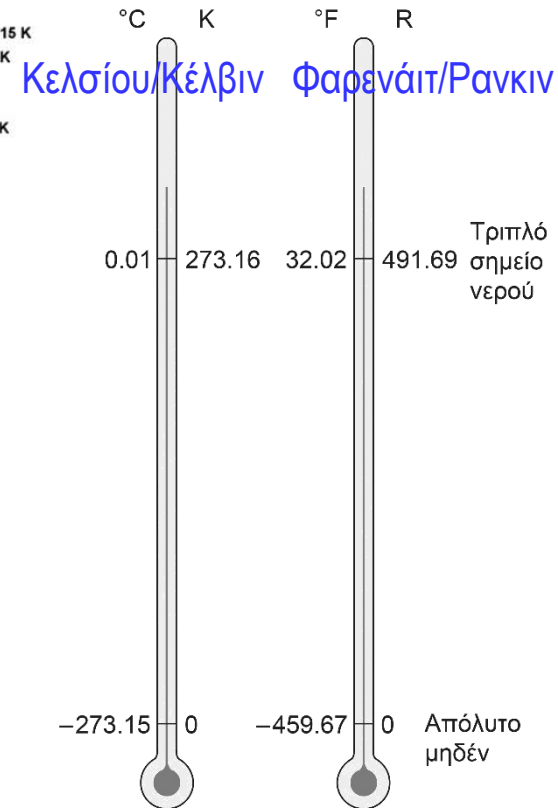
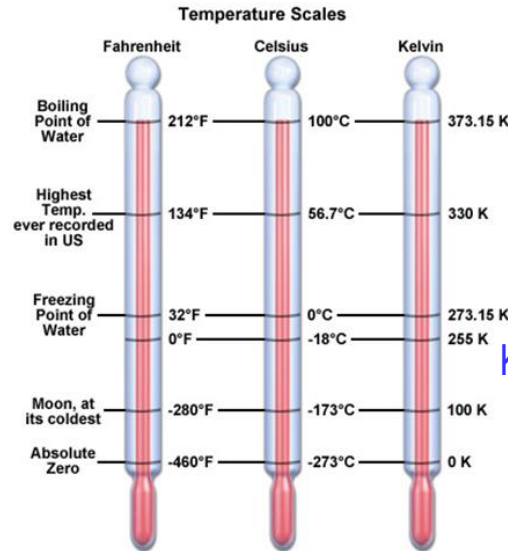
$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta T(\text{R}) = \Delta T(^{\circ}\text{F})$$



Σύγκριση των μέτρων των μεταβολών θερμοκρασίας



Ορισμός Πυκνότητας (ρ)

καταστατική εξίσωση: $P = \rho \cdot R \cdot T$

σταθερά αερίου R

- Είναι το μέγεθος που χαρακτηρίζει τη μάζα ενός σώματος (αερίου, υγρού ή στερεού) σε ένα δεδομένο όγκο.
- Στο S.I. μονάδα μέτρησης της πυκνότητας είναι το kg/m^3 .
- Τυπική τιμή της πυκνότητας του αέρα σε ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι:

$$\rho_{\text{αέρα}} = 1,2 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Παράδειγμα:

Να βρεθεί η πυκνότητα ιδανικού αερίου που αντιστοιχεί σε θερμοκρασία **21 °C** και απόλυτη πίεση **0,98 bar**.

Δίνεται ότι σταθερά αερίου **R=287 J/kg K**

- **Βήμα 1^ο**: Μετατροπή μονάδων στο S.I.
 - Για τη θερμοκρασία: $21^{\circ}\text{C} = 21 + 273,15 = 294,15 \text{ K}$
 - Για τη πίεση: $0,98 \text{ bar} = 0,98 \cdot 10^5 = 98000 \text{ Pa}$
- **Βήμα 2^ο**: Εφαρμογή της καταστατικής εξίσωσης και εύρεση της πυκνότητας

$$P = \rho \cdot R \cdot T \Rightarrow \rho = \frac{P}{R \cdot T} = \frac{98000}{287 \cdot 294,15} = 1,161 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Ορισμός Ειδικού όγκου (v)

καταστατική εξίσωση:

$$P \cdot v = R \cdot T$$

- Είναι το αντίστροφο της πυκνότητας.

Η μονάδα μέτρησης του ειδικού όγκου είναι το m^3/kg .

$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{P}{R \cdot T} \gg v = \frac{R \cdot T}{P} = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1,161} = 0,861 \text{ m}^3/kg$$

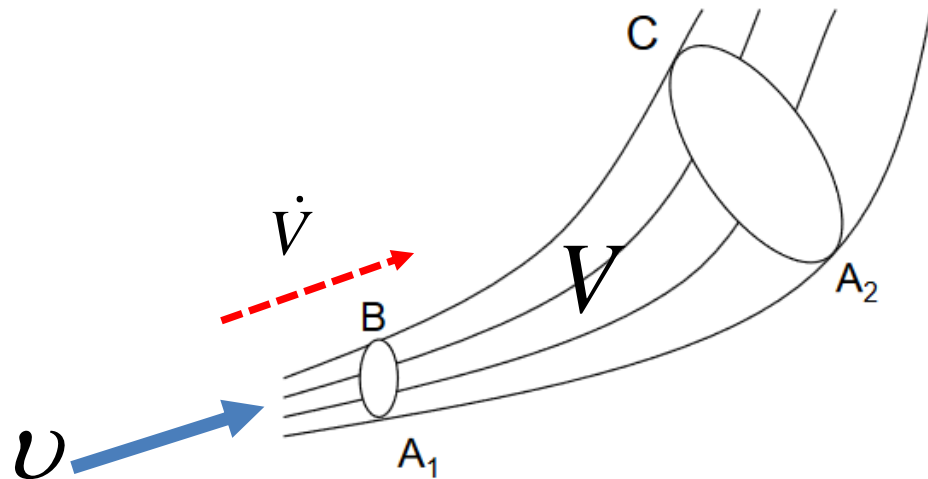
Ορισμός Ογκομετρικής παροχής(\dot{V})

- Είναι ο όγκος στη μονάδα του χρόνου:

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

Μονάδα μέτρησης είναι m^3 / s

- Π.χ. $0,126 m^3/s$ σημαίνει παροχή (ροή) όγκου $0,126 m^3$ για 1 second (από μια επιφάνεια κάθετη στη ροή)



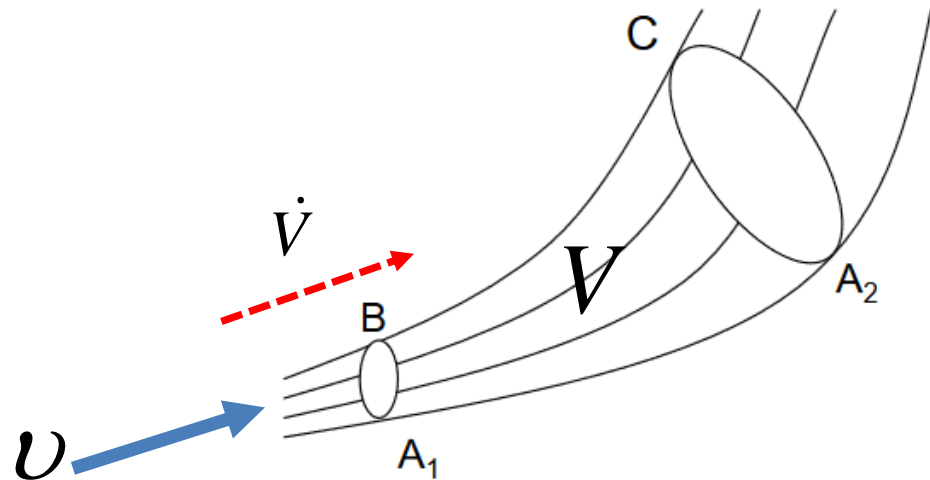
Ορισμός Μαζικής παροχής (\dot{m})

- Η παροχή μάζας συνδέεται με τη παροχή όγκου με την εξίσωση:

- Δηλ. $\dot{m} = \dot{V} \cdot \rho = A \cdot v \cdot \rho$ $\left(\frac{kg}{s} = \frac{m^3}{s} \cdot \frac{kg}{m^3} = m^2 \cdot \frac{m}{s} \cdot \frac{kg}{m^3}\right)$

Παροχή μάζας = Παροχή όγκου x Πυκνότητα

A: η επιφάνεια κάθετη στη ροή (m^2)
v: η ταχύτητα (m/s)



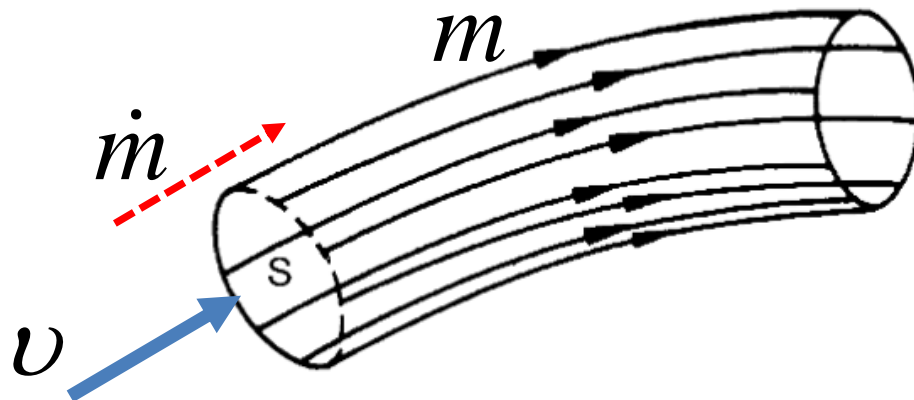
Ορισμός Μαζικής παροχής(\dot{m})

- Είναι η ποσότητα μάζας που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου:

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

Μονάδα μέτρησης είναι το kg / s

- Π.χ. $0,023 \text{ kg/s}$ σημαίνει ότι η παροχή (ροή) μάζας είναι $0,023 \text{ kg}$ ανά 1 second (από μια επιφάνεια κάθετη στη ροή)



Ορισμός Έργου (W)

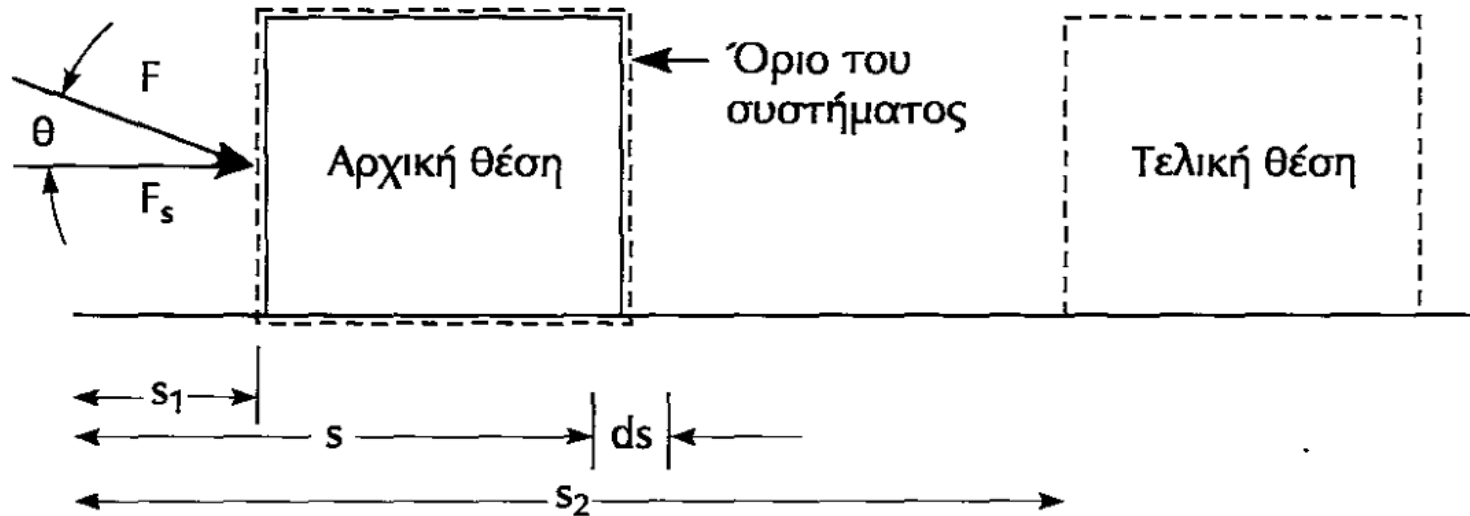
- Μία δύναμη F παράγει έργο W όταν η δύναμη αυτή μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνση της σε απόσταση S .

$$W = \vec{F} \cdot \vec{S}$$

$$1 \text{ Joule} = N \cdot m = \frac{kg \cdot m}{s^2} \cdot m = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$$

- 1Btu = $1,055 \cdot 10^3$ J
- 1kcal = $4,186$ kJ = $4,186 \cdot 10^3$ J
- 1kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J

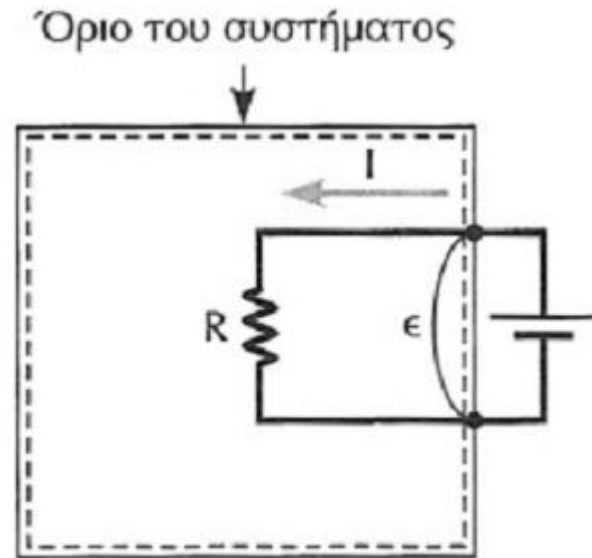
- Έργο μετατόπισης:



$$W_{12} = \int_1^2 \vec{F} \cdot d\vec{s} = \int_1^2 F \cdot \cos \theta \cdot ds = \int_1^2 F_s \cdot ds$$

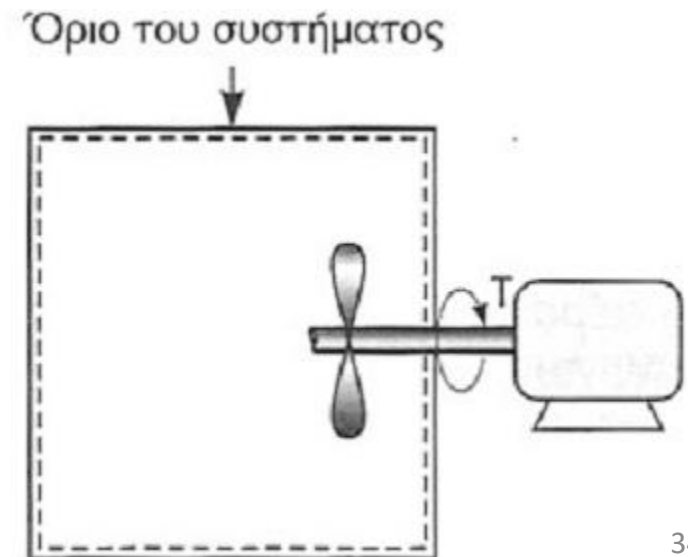
- Ηλεκτρικό έργο:

$$W_{12} = \int_1^2 I \cdot V \cdot dt = I \cdot V \cdot (t_2 - t_1)$$



- Μηχανικό έργο:

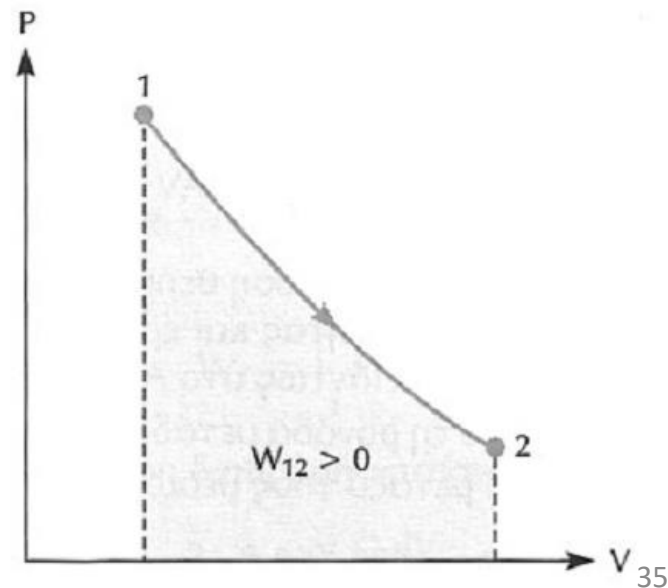
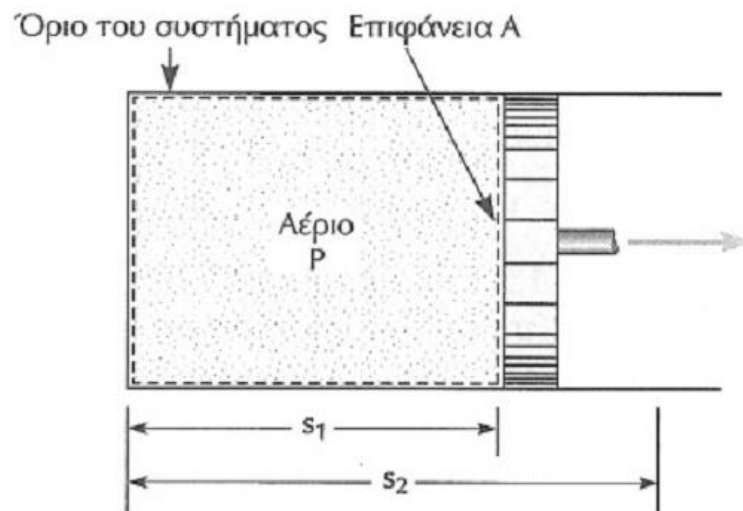
$$W_{12} = \int_1^2 T \cdot d\theta = T \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$



- Έργο από έμβολο σε αέριο:

$$W_{12} = \int_1^2 P \cdot dV$$

- Ημιστατική ή
Εσωτερικά αντιστρεπτή
διεργασία
- Αντιστρεπτό έργο
- Μη αντιστρεπτό έργο



Ορισμός Ενέργειας (E)

- Είναι η ικανότητα ενός σώματος ή συστήματος να αποδώσει έργο.
- Η μηχανική ενέργεια διακρίνεται σε κινητική και δυναμική.

$$E_{\text{κιν}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot u^2 \left[= kg \cdot \frac{m^2}{s^2} = N \cdot m = \text{Joule} \right]$$

$$E_{\text{δυν}} = m \cdot g \cdot h \left[= kg \cdot \frac{m^2}{s^2} = N \cdot m = \text{Joule} \right]$$

- Οι μονάδες ενέργειας (Joule) είναι ίδιες με τις μονάδες μέτρησης του έργου.

Ορισμός Θερμότητας (Q)

- Είναι μία μορφή ενέργειας που εκδηλώνεται συνήθως με την μεταβολή (αύξηση ή μείωση) της θερμοκρασίας του σώματος που την προσλαμβάνει ή την αποβάλλει.

- **Μονάδα το Joule, J**
- **σε τεχνικές εφαρμογές χρησιμοποιείται επίσης η χιλιοθερμίδα (kcal) μετρικό σύστημα.**

Η χιλιοθερμίδα είναι το ποσό της θερμότητας που πρέπει να δοθεί σε 1 kg καθαρού νερού ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του από τους 14,5 °C στους 15,5 °C με την προϋπόθεση ότι η πίεση στην επιφάνεια του νερού είναι ίση με την ατμοσφαιρική.

- 1 kcal = 4,186 kJ

Στο αγγλοσαξονικό σύστημα χρησιμοποιείται το BTU.

- 1 BTU = 0,252 kcal
- 1 kcal ~ 4 BTU

Ορισμός Ισχύος (I)

- Είναι το πηλίκο του έργου W που παράγει μία δύναμη στη μονάδα του χρόνου t .

$$I = \frac{W}{t}$$

$$1 \text{ Watt} = \frac{\text{Joule}}{s} = \frac{N \cdot m}{s} = \frac{kg \cdot m \cdot m}{s^2 \cdot s} = \frac{kg \cdot m^2}{s^3}$$

Ευρέως χρησιμοποιούμενη μονάδα μετρήσεως ισχύος στο παλαιό μετρικό σύστημα είναι ο ίππος (PS ή HP)

$$1 \text{ PS} = 735,48 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 745,7 \text{ W}$$

$$1 \text{ PS} = 0,736 \text{ kW}$$

$$1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$$

Μικρή επανάληψη εννοιών
και συμπλήρωση με νέες

Μηχανική

Η μηχανική είναι ένα βασικό τμήμα της φυσικής επιστήμης, που πραγματεύεται την κίνηση των σωμάτων και πως επιδρούν οι δυνάμεις στην κίνηση αυτών.

Η έννοια της απόστασης (s) είναι άμεσα συνδεδεμένη με την κίνηση των σωμάτων. Ο Αριστοτέλης περιέγραφε την κίνηση ενός αντικειμένου με την απόσταση, ενώ πολύ αργότερα ο Γαλιλαίος έθεσε τέρμα στην αντίληψη αυτή θέτοντας ότι έπρεπε να λαμβάνεται επίσης και η έννοια του χρόνου.

Επειδή δεν είναι μονόμετρο μέγεθος εξαρτάται από:

α) το μέτρο, β) τη διεύθυνση, γ) τη φορά και δ) το σημείο αναφοράς.

..... Διανυσματικό

- Ταχύτητα

Η βασική ιδιότητα ενός κινούμενου σώματος είναι η ταχύτητα.

Το σώμα λόγω της κίνησής του διανύει ορισμένη απόσταση σε συγκεκριμένο χρόνο. Η ταχύτητα (u) ορίζει το πόσο γρήγορα ή αργά γίνεται η κίνηση ενός σώματος, δηλαδή η ταχύτητα είναι ο ρυθμός μεταβολής της απόστασης ενός σώματος και ορίζεται από το λόγο της απόστασης που διανύει το σώμα διά το χρόνο που έκανε αυτήν την απόσταση.

$$\text{Ταχύτητα} = \frac{\text{απόσταση}}{\text{χρόνος}} \quad \vec{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (1)$$

m/sec

..... Διανυσματικό

- Επιτάχυνση

Η κινητική κατάσταση ενός σώματος μπορεί να αλλαχθεί όταν αλλάξει η ταχύτητά του, ή το μέτρο, ή τη διεύθυνση ή και τα τρία.

Ορίζεται επιτάχυνση (γ) ο ρυθμός μεταβολής της ταχύτητας, δηλαδή:

Επιτάχυνση = μεταβολή διανυσματικής ταχύτητας/χρόνο

$$\vec{\gamma} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (\vec{\alpha} = \frac{\Delta v}{\Delta t}) \quad (2) \quad \text{m/sec}^2$$

..... Διανυσματικό

Δύναμη \vec{F}

Στην Κλασική Μηχανική, **δύναμη** είναι η αιτία που προκαλεί κάθε μεταβολή της κίνησης ή της γεωμετρίας των σωμάτων.

Ένα σώμα μπορεί να δεχθεί ταυτόχρονα πολλές δυνάμεις το αποτέλεσμα των οποίων θα είναι σε κάθε σημείο μία συνισταμένη δύναμη και μία συνισταμένη ροπή.

Όταν οι δυνάμεις αυτές εξουδετερώνονται μεταξύ τους τότε λέγεται ότι το σώμα βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας.

Σε ότι αφορά στα ελεύθερα σώματα, η δύναμη είναι η αιτία μεταβολής της κινητικής τους κατάστασης, δηλαδή αυτή που τα επιταχύνει ή τα επιβραδύνει.

Αυτό ισχύει και για την περιστροφή τους, που μπορεί να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί.

δύναμη

Για σώματα που δεν είναι ελεύθερα να κινηθούν με όλους τους τρόπους, καθώς και σε όσα εφαρμόζονται δυνάμεις τριβής ή γενικά αντιδράσεις στήριξης, ανάγονται οι δυνάμεις σε χαρακτηριστικά σημεία.

Στην περίπτωση των μη ελεύθερων σωμάτων δύναμη είναι η αιτία που προκαλεί την κίνησή τους ή την κινητικότητά τους σε σχέση με τα σημεία στήριξης ή σύνδεσής τους, ή αυτή που προκαλεί την εντατική τους κατάσταση, την πίεση ή την παραμόρφωσή τους.

Η αδράνεια ενός ελεύθερου σώματος επιτρέπει επίσης να προκαλείται στο σώμα εντατική κατάσταση, πίεση ή παραμόρφωση, όταν του εφαρμόζονται αντίστοιχες δυνάμεις.

δύναμη

Η Δύναμη ορίζεται από τον Δεύτερο νόμο κίνησης του Νεύτωνα και μετριέται σε **“Newton”**

Από τον Νόμο Κίνησης με βάση το Διεθνές Σύστημα SI (1961) ορίζεται $\mathbf{N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{sec}^2$

Το Πεδίο βαρύτητας της Γης δίνει Επιτάχυνση βαρύτητας $\mathbf{g(0^\circ) = 9,780 \text{ m}/\text{sec}^2}$ στα σώματα που βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος 0° (στον Ισημερινό), και Επιτάχυνση βαρύτητας $\mathbf{g(90^\circ) = 9,832 \text{ m}/\text{sec}^2}$ στα σώματα που βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος 90° (στους Πόλους).

$$1\text{newton} = 1\text{kg} \cdot 1\text{m}/\text{sec}^2 =$$

$*9,780\text{m}/\text{sec}^2 = 0,102\text{kg} \cdot \text{g}(0^\circ)$... άρα εξισώνεται με Δύναμη βαρύτητας σε σώμα 100gr περίπου όσο το βάρος ενός μήλου. Νεύτωναs

δύναμη

$$\Sigma_i \mathbf{F}_i = m\mathbf{a}$$

Άθροισμα δυνάμεων

ορμή

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Αδρανειακές δυνάμεις

επιτάχυνση

$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

Αιτία δύναμης

Ως **ορμή** ορίζεται ως το γινόμενο της μάζας και της ταχύτητας ενός σώματος.

Η ορμή είναι διάνυσμα ορίζεται από τη σχέση ...

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}$$

Ο ρυθμός μεταβολής της ορμής δίνει τη δύναμη:

$$\Sigma \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Η απόδειξη της σχέσης βασίζεται στο

2^ο Νόμο του Νεύτωνα.

Η Δύναμη στην ειδική σχετικότητα - ορμή

Στην ειδική θεωρία της σχετικότητας, η ενέργεια και η μάζα είναι ισοδύναμες. Όταν η ταχύτητα ενός σώματος αυξάνεται, αυξάνεται και η ενέργειά του και κατά συνέπεια και η μάζα του.

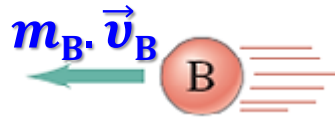
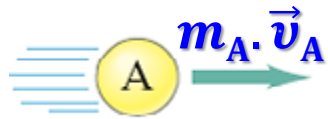
Έτσι, χρειάζεται όλο και μεγαλύτερη δύναμη για να επιταχυνθεί ένα σώμα, καθώς αυξάνεται η ταχύτητά του.

Ο ορισμός $\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$ ισχύει ακόμη, μόνο που χρησιμοποιείται η σχετικιστική μορφή της ορμής:

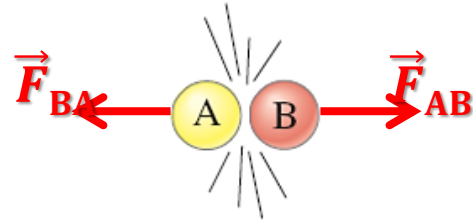
$$\mathbf{p} = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1 - \mathbf{v}^2/c^2}}$$

όπου v είναι η ταχύτητα του σώματος και c η ταχύτητα του φωτός.

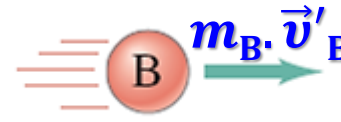
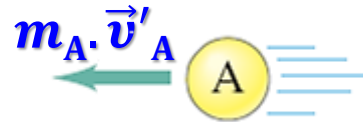
Αρχή διατήρησης της ορμής



\vec{p} συστήματος = σταθ.



Το σύστημα είναι μονωμένο.



Σύμφωνα με τον τρίτο νόμο του Newton ισχύει:

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB} \longrightarrow \frac{\Delta \vec{p}_A}{\Delta t} = - \frac{\Delta \vec{p}_B}{\Delta t} \longrightarrow \Delta \vec{p}_A = - \Delta \vec{p}_B$$

$$\longrightarrow \Delta \vec{p}_A + \Delta \vec{p}_B = 0 \longrightarrow \Delta \vec{p}_{\text{συστήματος}} = 0$$

$$\longrightarrow \vec{p}_{\text{τελικά}} - \vec{p}_{\text{αρχικά}} = 0 \longrightarrow \vec{p}_{\text{αρχικά}} = \vec{p}_{\text{τελικά}}$$

Η αρχή διατήρησης της Ορμής : «Η συνολική ορμή ενός μονωμένου συστήματος σωμάτων διατηρείται σταθερή».

$$\vec{p}_{\text{συστήματος}} = \text{σταθερό}$$



Προσοχή, όμως!
Η διατήρηση της ορμής ισχύει για
μονωμένο σύστημα σωμάτων.

Η διατήρηση της ορμής κατά την σύγκρουση σωματιδίων

A) Οι νόμοι του Νεύτωνα

B) Η αρχή διατήρησης της ορμής

Η ορμή ορίζεται ως το γινόμενο της μάζας και της ταχύτητας ενός σώματος.

Η αρχή διατήρησης της ορμής (Α.Δ.Ο.) μαζί με την αρχή διατήρησης της ενέργειας και της μάζας είναι θεμελιώδεις αρχές της Φυσικής.

Βάσει της Α.Δ.Ο. η ορμή ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται αλλά μεταβάλλεται μέσω των κινήσεων και της επίδρασης των δυνάμεων όπως αυτά περιγράφονται από τους νόμους του Νεύτωνα.

Την ορμή, όντας διανυσματικό μέγεθος, είναι πιο δύσκολο να την χειριστεί κανείς σε σχέση με την ενέργεια και την μάζα. Η ορμή διατηρείται ταυτόχρονα και στις τρεις διευθύνσεις.

Πίεση

Στη φυσική με τον όρο πίεση (σύμβολο p ή P) αποκαλείται το χαρακτηριστικό, ενός συστήματος, φυσικό μέγεθος το οποίο ισοδυναμεί με την πυκνότητα ενέργειας την οποία διαθέτει αυτό το σύστημα.

Οποσδήποτε, η πίεση δεν προϋποθέτει επιφάνεια για να είναι καλά ορισμένη, αλλά η διαδικασία μέτρησής της ανάγεται στη μέτρηση μιας δύναμης η οποία ασκείται κάθετα σε συγκεκριμένη επιφάνεια.

Μονάδα της πίεσης στο S.I. είναι το Pascal

$$\underline{Pa = Nt/m^2 (Newton/m^2)},$$

μονάδα η οποία έχει τις ίδιες διαστάσεις με $Pa = \underline{Joule/m^3}$.

Η τελευταία προέρχεται από τον εναλλακτικό ορισμό της πίεσης ως πυκνότητας ενέργειας.

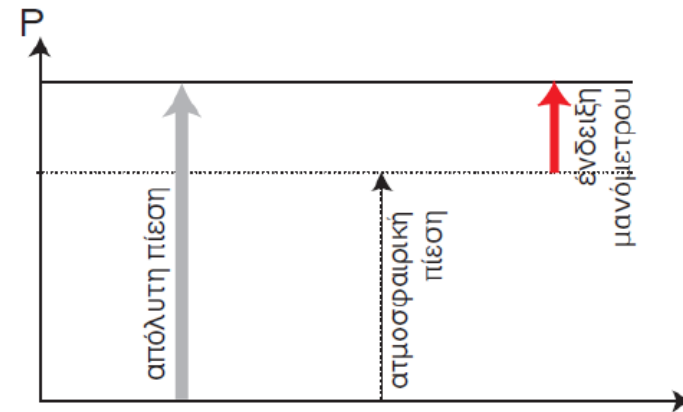
Πρακτική μονάδα πίεσης είναι το bar, που ισοδυναμεί με 100.000 Pa.

Πίεση

Μονάδες πίεσης είναι το: **Pascal (Pa)**,
..... η **Ατμόσφαιρα (Atm)**,
το **Χιλιοστό στήλης υδραργύρου (mmHg)**,
..... το Torr,
το **Bar** και οι υποδιαίρέσεις αυτού: το **mb** και το **μb**.

Η μονάδα ατμόσφαιρας (atm) σήμερα ορίζεται ως 101.325 (Pa) ακριβώς.

- **Απόλυτη πίεση** χαρακτηρίζεται εκείνη που αρχή μέτρησης έχει το τέλειο ή απόλυτο κενό.
- **Σχετική πίεση** χαρακτηρίζεται εκείνη που ως αρχή μέτρησης λαμβάνεται η ατμοσφαιρική*



Όγκος

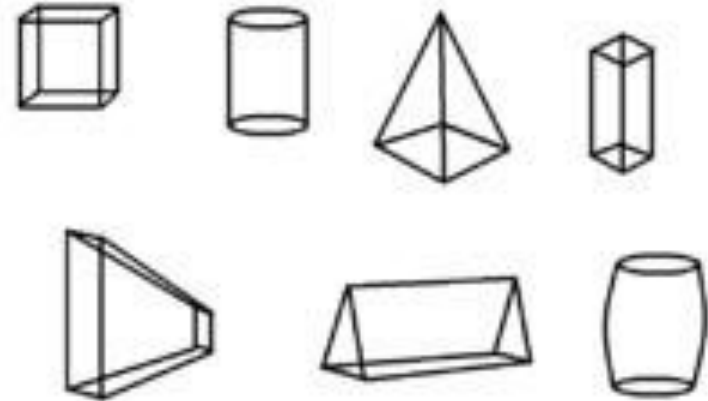
Ονομάζεται επίσης και χωρητικότητα, είναι η έκταση «ποσότητα*» του χώρου που καταλαμβάνει ένα αντικείμενο, δηλαδή μετρά πόσο χώρο ορίζει ένα αντικείμενο.

Συμβολίζεται συνήθως με το αγγλικό γράμμα **V** από τη λέξη Volume

Η διεθνής μονάδα μέτρησης είναι το κυβικό μέτρο (m^3).

Στο αγγλικό σύστημα το κυβικό πόδι (ft^3), και γενικά σε κάθε διαφορετικό σύστημα μέτρησης αντιστοιχεί η "κυβική" μονάδα μέτρησης της απόστασης.

Επίσης, μονάδες μέτρησης που αναφέρονται συγκεκριμένα στον όγκο, όπως το ένα λίτρο $1lit=1dm^3$



Ατομική φύση της ύλης

Ο πρώτος που ισχυρίστηκε ότι η ύλη αποτελείται από δομικά στοιχεία ήταν ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Δημόκριτος.

Το πείραμα μετά από 2400 χρόνια ήρθε και επιβεβαίωσε την άποψη αυτή, αλλάζοντάς την σε πάρα πολλά σημεία, διατηρώντας όμως τη βασική σκέψη.

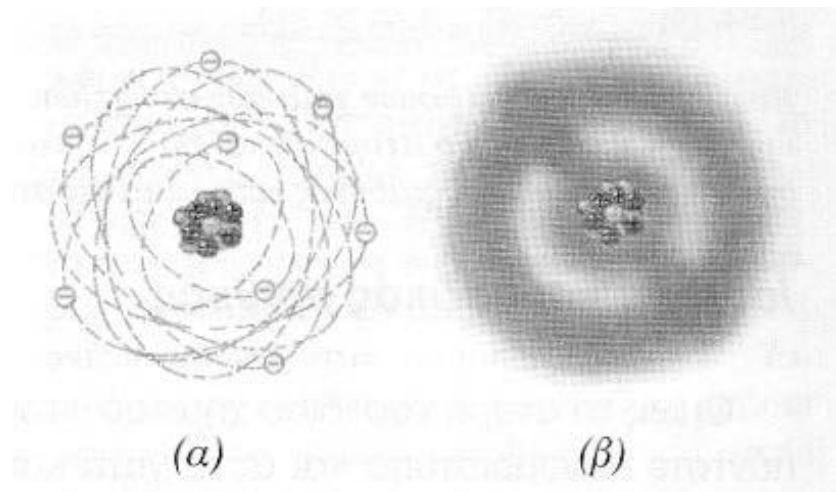
Το πιο απλό στοιχείο είναι το υδρογόνο που φαίνεται να ήταν το αρχικό στοιχείο και αποτελεί το 90% των ατόμων του γνωστού Σύμπαντος.

Τα υπόλοιπα δημιουργήθηκαν στο εσωτερικό των άστρων με συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων, που προκάλεσαν τη σύντηξη των ατόμων του υδρογόνου σε πολυπλοκότερα στοιχεία.

Γενικές έννοιες

Ατομική φύση της ύλης ... άτομα

Τα άτομα δεν έχουν ορατή εμφάνιση. Από φαινόμενα της φυσικής επιστήμης έχει γίνει αντιληπτή η δομή και η σύνθεσή τους. Το άτομο αποτελείται από το πυρήνα και τα ηλεκτρόνια που περιστρέφονται γύρω από αυτόν. Το δομικό στοιχείο του πυρήνα είναι το νουκλεόνιο. Όταν το νουκλεόνιο είναι ηλεκτρικά ουδέτερο ονομάζεται νετρόνιο, ενώ όταν είναι ηλεκτρικά φορτισμένο ονομάζεται πρωτόνιο. Όλα τα πρωτόνια είναι απολύτως ίδια μεταξύ τους.

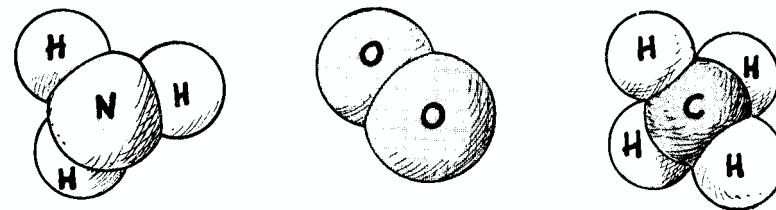


Ατομική φύση της ύλης ... μόρια

Τα άτομα συνδυάζονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μόρια. Ένα μόριο μπορεί να είναι ένας απλός συνδυασμός δυο ίδιων ατόμων (π.χ. δύο ατόμων οξυγόνου που δίνει το μόριο του οξυγόνου), ή να είναι τόσο πολύπλοκο όσο η διπλή έλικα του δεσοξυριβοζουκλεϊνικού οξέος (DNA), που αποτελείται από εκατομμύρια άτομα και είναι ο βασικός λίθος της ζωής.

Το μόριο μπορεί να διαιρεθεί στα άτομα που το αποτελούν και αυτά πάλι να ενωθούν για να δώσουν το αρχικό μόριο.

Στην διαδικασία αυτή ισχύει πάντα η αρχή διατήρησης της ενέργειας.



..... Ενώσεις και μίγματα

Ατομική φύση της ύλης ... Καταστάσεις της ύλης

Η ύλη υπάρχει σε τέσσερις καταστάσεις: στερεή , υγρή , αέρια και πλάσμα.

Σε όλες τις καταστάσεις τα άτομα βρίσκονται σε συνεχή κίνηση.

Στη στερεά κατάσταση τα άτομα και τα μόρια ταλαντώνονται γύρω από σταθερές θέσεις. Αν το πλάτος της ταλάντωσης αυξηθεί σημαντικά (λαμβάνοντας ενέργεια από εξωτερικό παράγοντα, π.χ. θερμότητα), τότε τα άτομα απομακρύνονται από τις σταθερές θέσεις τους με αποτέλεσμα να περιπλανούνται μέσα στο υλικό. Το υλικό τότε δεν έχει σταθερό σχήμα, αλλά προσαρμόζεται στο σχήμα του δοχείου που το περιέχει. Στην περίπτωση αυτή έχουμε την υγρή κατάσταση.

Αν δοθεί στο υλικό ακόμη μεγαλύτερη ενέργεια, αύξηση της θερμότητας, οδηγεί τα άτομα ή τα μόρια σε πλήρη απόσπαση του ενός από το άλλο, όπου εκτός από την έλλειψη του σταθερού σχήματος υπάρχει και έλλειψη σταθερού όγκου. Αυτή είναι η αέρια κατάσταση.

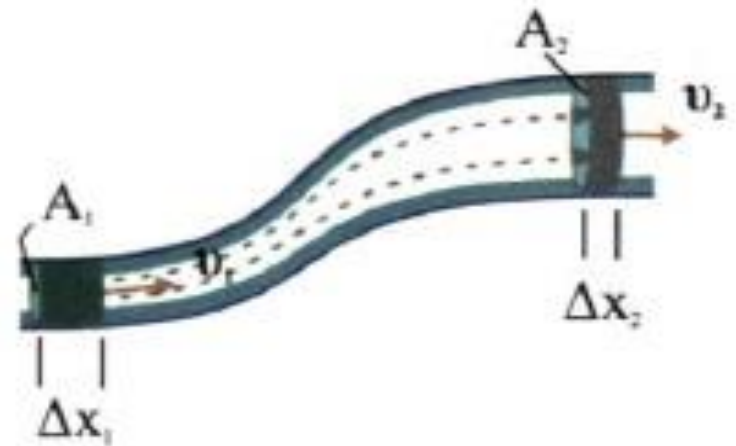
ονομάζουμε **πλάσμα** την **κατάσταση** της ύλης στην οποία αυτή δεν λαμβάνει συγκεκριμένο όγκο και σχήμα που να οφείλεται στην ίδια (όπως συμβαίνει στα αέρια), και επιπλέον βρίσκονται ελεύθερα και όχι σε μοριακούς δεσμούς τα ηλεκτρικά φορτισμένα ατομικά της σωματίδια (ιόντα και ηλεκτρόνια)

Ανάλυση μεγεθών

Αρχή διατήρησης της μάζας – Εξίσωση συνέχειας

Θεωρείται ασυμπίεστο ρευστό που ρέει μέσα σε σωλήνα μεταβλητής διατομής.

Υποθέτουμε ότι η ροή είναι στρωτή¹.



Επειδή το ρευστό θεωρείται ασυμπίεστο θα πρέπει η μάζα Δm_1 που περνά από τη διατομή A_1 του σωλήνα σε χρόνο Δt να είναι ίση με τη μάζα Δm_2 που περνά στο ίδιο χρονικό διάστημα από τη διατομή A_2 του σωλήνα.

Είναι δηλαδή:

$$\Delta m_1 = \Delta m_2$$

ή

$$\rho \Delta V_1 = \rho \Delta V_2$$

¹ Θεωρητική έννοια ή ροή με πολύ μικρή ταχύτητα και ελάχιστε τριβές

όπου ΔV_1 (dV_1), και ΔV_2 (dV_2) οι στοιχειώδεις όγκοι που καταλαμβάνουν μέσα στο σωλήνα οι μάζες Δm_1 (dm_1), και Δm_2 (dm_2) αντίστοιχα.

Αλλά

$$\Delta V_1 = A_1 \underline{\Delta x_1} = A_1 \underline{u_1 \Delta t} \quad \text{και} \quad \Delta V_2 = A_2 \Delta x_2 = A_2 u_2 \Delta t$$

όπου u_1 και u_2 οι ταχύτητες του ρευστού στις διατομές A_1 και A_2 αντίστοιχα.²

Η εξίσωσή γίνεται

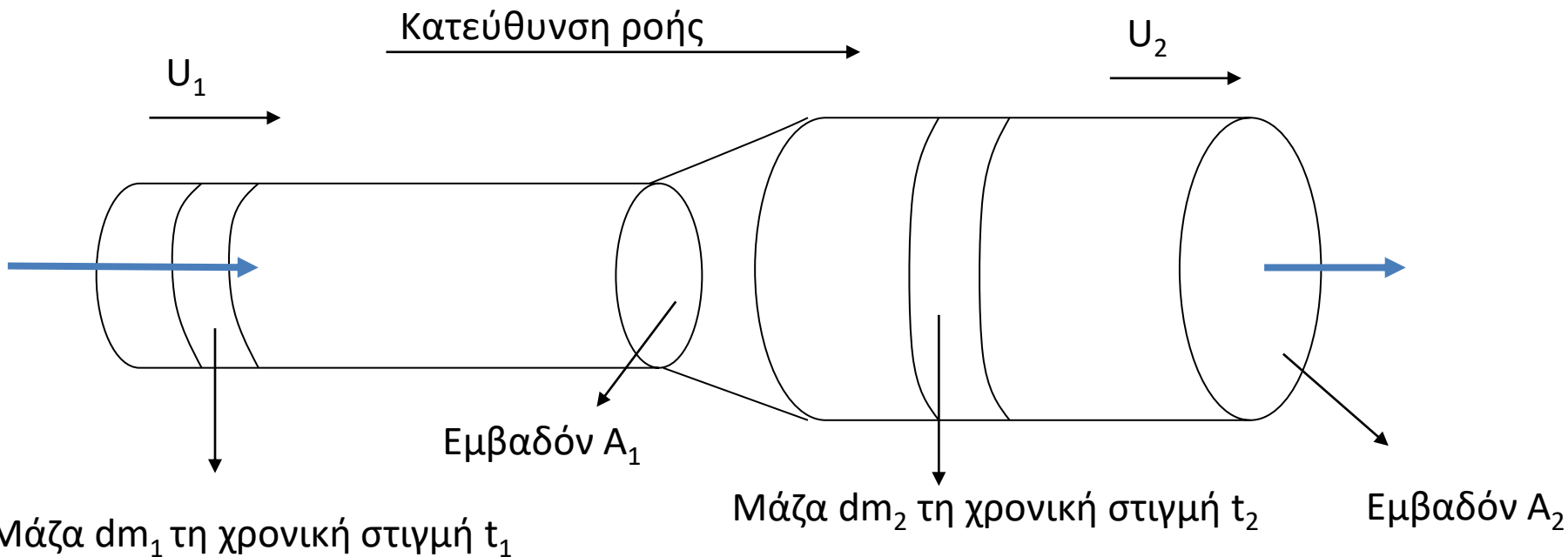
$$A_1 u_1 \Delta t = A_2 u_2 \Delta t$$

και τελικά

$$\mathbf{A_1 u_1 = A_2 u_2}$$

² Υπενθυμίζεται ότι το ρευστό θεωρείται ασυμπίεστο. Αυτό σημαίνει ότι η πυκνότητα του είναι ίδια σε όλη την έκταση του. Κατάσταση υγρού!!!

Αρχή διατήρησης της μάζας – Εξίσωση συνέχειας



$$dm_1 = dm_2$$

Θεωρώντας σταθερή πυκνότητα

$$dm_1 = dm_2 \Leftrightarrow \rho \cdot dV_1 = \rho \cdot dV_2 \Leftrightarrow$$

$$\rho \cdot A_1 \cdot dx_1 = \rho \cdot A_2 \cdot dx_2 \Leftrightarrow \rho \cdot A_1 \cdot u_1 \cdot dt = \rho \cdot A_2 \cdot u_2 \cdot dt \Leftrightarrow$$

$$A_1 \cdot u_1 = A_2 \cdot u_2$$

$$A \cdot dx = V \Leftrightarrow A \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{dV}{dt} \Leftrightarrow Au = \frac{dV}{dt}$$

Ασυμπίεστο ρευστό πυκνότητας 850kg/m^3 ρέει σε κυλινδρικό σωλήνα με ρυθμό $9,5\text{ lt/sec}^3$.

Η διάμετρος του αγωγού είναι αρχικά 8cm και στη συνέχεια 4cm .
Βρείτε την ταχύτητα ροής στις δύο περιοχές.

Λύση

$$^3\text{ lt} = 1\text{ dm}^3$$

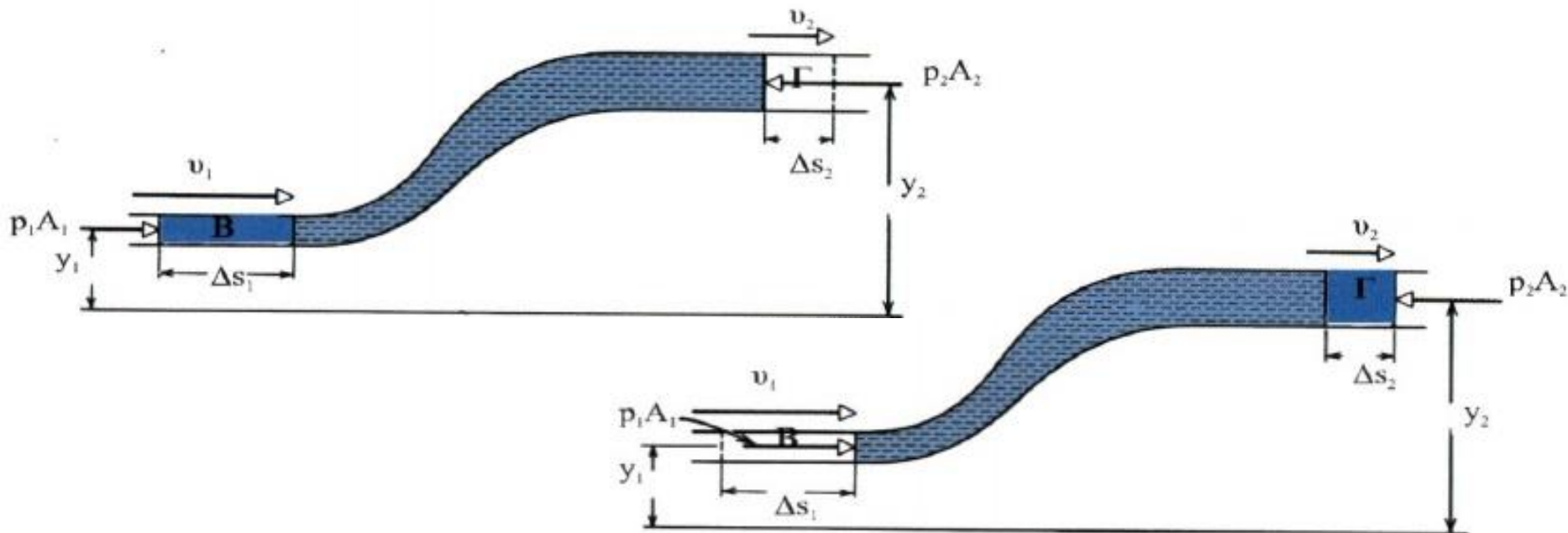
Διατήρηση Ενέργειας - εξίσωση BERNOLLI

Έστω σωλήνας μεταβλητής διατομής μέσα στον οποίο ρέει ασυμπίεστο ρευστό.

Εάν εξετασθεί η πίεση σε δύο σημεία Β, Γ, του σωλήνα.

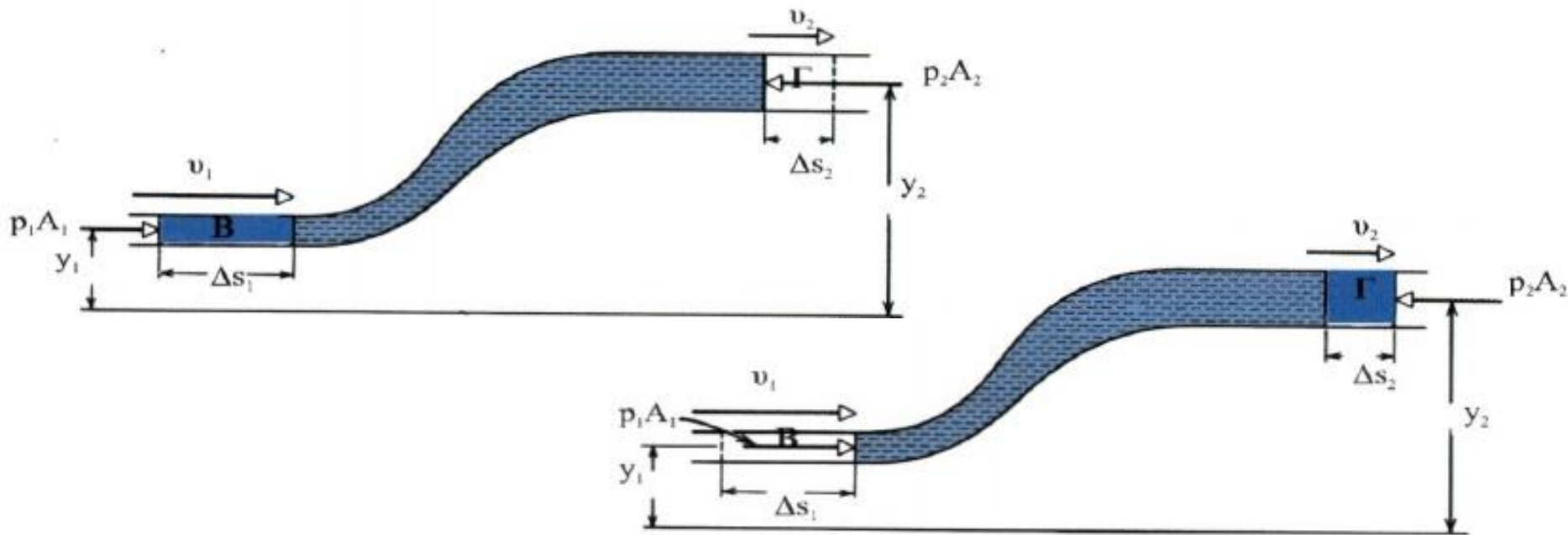
Το σημείο Β βρίσκεται σε ύψος y_1 από το έδαφος και ο σωλήνας έχει στην περιοχή του Β διατομή A_1 . Η πίεση του ρευστού στο Β είναι p_1 .

Το σημείο Γ βρίσκεται σε ύψος y_2 από το έδαφος, η διατομή του σωλήνα εκεί είναι A_2 και η πίεση p_2 .



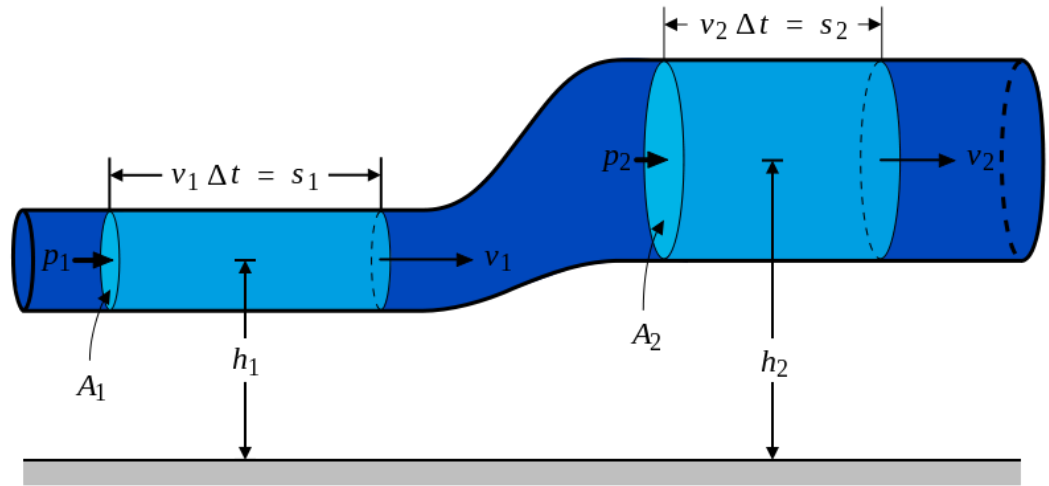
Διατήρηση Ενέργειας - εξίσωση BERNOULLI

Αν θεωρηθεί σαν σύστημα το ρευστό από το Β μέχρι το Γ διαπιστώνεται ότι δέχεται από το υπόλοιπο ρευστό δύναμη $\mathbf{p}_1\mathbf{A}_1$ στην περιοχή του Β και δύναμη, την $\mathbf{p}_2\mathbf{A}_2$ στην περιοχή του Γ, με φορά αντίθετη με τη φορά της $\mathbf{p}_1\mathbf{A}_1$.
Σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα Δt στοιχειώδες τμήμα του ρευστού στην περιοχή του Β μετατοπίζεται κατά Δs_1 ενώ ένα αντίστοιχο τμήμα του ρευστού ίσης μάζας, άρα και όγκου, στην περιοχή του Γ μετατοπίζεται κατά Δs_2 .



Αρχή διατήρησης της ενέργειας – Εξίσωση Bernoulli

Συνδέει την πίεση, την ταχύτητα ροής και το ύψος.

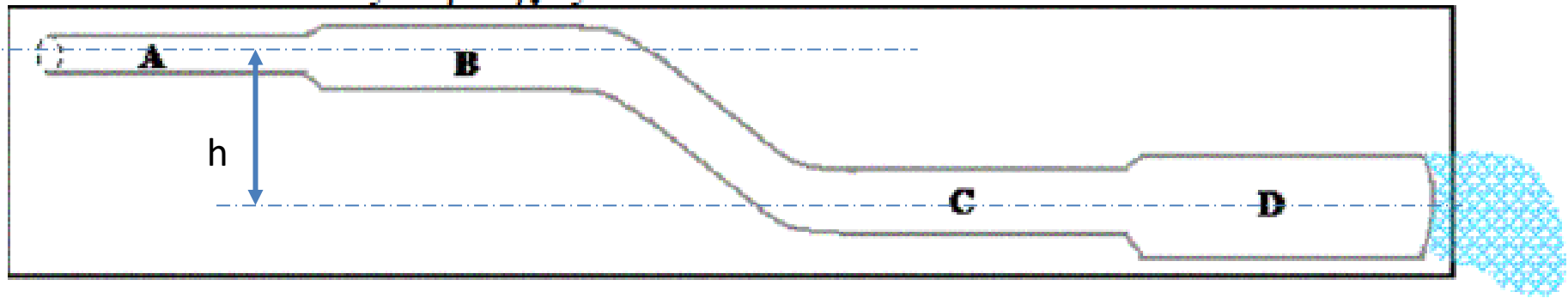


$$P + \rho g h + \frac{1}{2} \rho u^2 = \sigma \tau.$$

Στατική (Πίεση,

Ύψος) + Κινητική (Ταχύτητα ροής) = ολική ενέργεια!!!

Ιδανικό ρευστό ρέει στον σωλήνα του σχήματος. Βρείτε τη σχέση των πιέσεων στις περιοχές A, B, C, D.⁴



Λύση

⁴ A... d_A ...

Στο υδραυλικό κύκλωμα ενός κτηρίου το νερό εισέρχεται μέσω σωλήνα διαμέτρου 2 cm υπό πίεση 4×10^5 Pa. Αγωγός διαμέτρου 1cm στέλνει το νερό στο μπάνιο 5m ψηλότερα. Εάν η ταχύτητα στον αγωγό εισόδου είναι 1,5 m/s, βρείτε την πίεση, την ταχύτητα ροής και την παροχή στο μπάνιο.

Λύση

Thanks for your attention!

Prof. Mic.Gr.Vrachopoulos



National and Kapodistrian University
of Athens - 1837

*Department of Agricultural Development, Agrofood and
Management of Natural Resources*