

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

### Εισαγωγή

#### 1. Τα συστήματα των μονάδων.

Η μέτρηση βασικών μεγεθών σε διάφορες εφαρμογές δημιούργησε την αναγκαιότητα της έκφρασής τους σε διάφορες υποδιαιρέσεις. Έτσι γεννήθηκαν διάφορες οικογένειες συστημάτων μέτρησης των ιδίων μεγεθών.

Τα κυριότερα συστήματα μονάδων μέτρησης είναι το Μετρικό ή δεκαδικό και το Αγγλοσαξονικό. Η μετατροπή ενός μεγέθους από ένα σύστημα μονάδων σε ένα άλλο είναι μια πολύ εύκολη υπόθεση.

#### 1.1.1 Το Μετρικό ή δεκαδικό σύστημα μονάδων μέτρησης.

Από το όνομα του συμπεραίνουμε ότι ως μέγεθος αναφοράς του μετρικού συστήματος είναι ο αριθμός δέκα και τα πολλαπλάσια ή υποπολλαπλάσια αυτού. Παρακάτω επισυνάπτεται πίνακας με την αξία των προθεμάτων που θα υπάρχουν μπροστά από τις κύριες μονάδες των βασικών ή παράγωγων μεγεθών του μετρικού συστήματος.

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ
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	η	$10^{-9}$
pico	P	$10^{-12}$

Η γνώση του παραπάνω πίνακα καθώς και η αντίληψη για την αξία των μεγεθών που προκύπτουν όταν χρησιμοποιούνται τα προθέματα είναι σημαντική. Για παράδειγμα η απόσταση  $s=15\text{Gm}$  ισοδυναμεί με  $15.000.000.000\text{ m}$ , η οποία είναι μια πολύ μεγάλη απόσταση, ενώ η απόσταση  $s = 15\mu\text{m}$  ισοδυναμεί με  $0,000015\text{ m}$ , η οποία είναι μια πολύ μικρή απόσταση.

#### 1.2 Το διεθνές σύστημα μονάδων.(S.I.)

Το 1960 από το Γενικό Συνέδριο Μέτρων Και Σταθμών καθιερώθηκε το Διεθνές Σύστημα Μονάδων το οποίο αποτελείται από επτά βασικά μεγέθη και δύο συμπληρωματικά, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Βασικά Μεγέθη			
Μέγεθος	Σύμβολο Μεγέθους	Μονάδα Μέτρησης	Σύμβολο μονάδας μέτρησης
Μήκος	L	Μέτρο	m
Μάζα	m	Χιλιόγραμμα	kg
Χρόνος	t	Δευτερόλεπτο	sec
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	I	Αμπέρ	A
Θερμοκρασία	T, Θ	Κέλβιν	K
Ποσότητα ουσίας	n	Μόλ	mol
Φωτεινή ένταση	I <sub>v</sub>	Καντέλα	cd
Συμπληρωματικά μεγέθη			
Επίπεδη γωνία	φ	Ακτίνιο	rad
Στερεά γωνία	Ω	Στερακτίνιο	sr

Από τα παραπάνω μεγέθη και με βάση τις σχέσεις φυσικής ή της γεωμετρίας ορίζονται όλα τα άλλα μεγέθη τα οποία ονομάζονται παράγωγα ή δευτερεύοντα.

#### 1.2.1 Οδηγίες ISO για τη χρησιμοποίηση των μονάδων του S.I.

1. Τα σύμβολα των μονάδων γράφονται ακριβώς όπως έχουν τυποποιηθεί χωρίς αλλοιώσεις και προσθήκες.
2. Ο διεθνής οργανισμός ISO δεν προβλέπει για τις μονάδες πληθυντικό αριθμό.
3. Τα σύμβολα που προέρχονται από κύρια ονόματα γράφονται με κεφαλαία και μόνο αυτά.
4. Δεν προβλέπεται αναγραφή μονάδων δεξιά των τύπων.
5. Δεν επιτρέπεται η χρήση περισσοτέρων του ενός προθεμάτων.

#### Ασκήσεις – εφαρμογές.

##### 1. Δίνονται οι παρακάτω μετρήσεις μηκών:

- 15nm
- 30Km
- 45μm
- 30Gm
- 12ρm
- 50Tm

**Να γράψετε ολογράφως τις μονάδες και να τις μετατρέψετε σε μέτρα.**

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**Π.χ. 15nm → 15 νανόμετρα=15 \*10<sup>-9</sup> m (μεταφράζουμε τι σημαίνει το σύμβολο n. Από τον πίνακα βλέπουμε ότι το σύμβολο n αντιστοιχεί στη δύναμη 10<sup>-9</sup>).**

**2. Δίνονται οι παρακάτω μετρήσεις. Σε κάθε μέτρηση υπάρχει ένα λάθος στην αναγραφή των μονάδων. Να εντοπίσετε και να γράψετε το λάθος και να γράψετε σωστά τη μέτρηση.**

- 15Newt
- 10Kgs
- 10M
- U=m/sec 5
- 10Knm

**Παράδειγμα: 15Newt → Τα σύμβολα των μονάδων γράφονται ακριβώς όπως έχουν τυποποιηθεί χωρίς αλλοιώσεις και προσθήκες. → Σωστή γραφή: 15N**

**3. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα.**

ΟΝΟΜΑ	ΣΥΜΒΟΛΟ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ
Tera		
	G	
	M	
Kilo		
hekto		
deka	da	10
deci		
	c	
	m	
mikro		
nano		
pico		

**4. Να κάνετε τις παρακάτω μετατροπές.**

- 1000gr → .....Kg
- 0,05 cm → .....m
- 1000pm → .....cm
- 2Kj → .....j
- 5μm → .....m
- 5 μέρες → .....sec
- 10 Gm → .....cm
- 5 ώρες και 20 λεπτά → .....ώρες
- 10 cm<sup>2</sup> → .....m<sup>2</sup>
- 600RPM → .....στροφές/ sec
- 100mm → .....m

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

- Η **ίντσα** που συμβολίζεται με διπλό τόνο (") .1"=25,4mm
- Το **πόδι** που συμβολίζεται με ένα τόνο ('). 1'=12"=304,08mm
- Η **υάρδα** που ισούται με 3 πόδια
- **Μίλι.** Α) Το **ναυτικό μίλι** (nautical mile) (που είναι και σε ευρεία χρήση) είναι **ίσο** με την απόσταση του 1/60 της μοίρας δηλ. **ίσο με το 1' της γεωγραφικής μοίρας**, (υπολογιζόμενο στο γεωγραφικό πλάτος των 45 μοιρών). Τούτο στη πράξη ισούται δηλ. με **1852 μέτρα** . Β) Το **στατικό μίλι ή μίλι ξηράς'** (statute mile) που χρησιμοποιείται από τις Αγγλοσαξωνικές χώρες ως μονάδα μήκους αντί του χιλιομέτρου στη ξηρά καθώς και από ναυτιλλόμενους στα ύδατα των χωρών αυτών (ποτάμια, λίμνες των ΗΠΑ, Καναδά. Αυτό είναι ίσο προς 1760 γυάρδες ή 5280 πόδια = **1609 μέτρα**, με **σχέση 1 ν.μ.= 1,15 στατικά μίλια**.

#### 5. Να κάνετε τις παρακάτω μετατροπές

- 250 m =....."
  - 10mm=.....'
  - 12" =.....'
  - 1/2"=.....mm
  - 25Km=.....ναυτικά μίλια
  - 15miles=.....Km=.....ναυτικά μίλια
  - 80mm=....."
  - 47"=.....cm
  - 36'=.....cm=.....m
  - 25,4mm=....."=.....'=.....yards
6. Να μετατραπούν τα παρακάτω μεγέθη στα αντίστοιχα μεγέθη που οι μονάδες τους θα είναι στο SI.
- ✓ l=10km, l=10mm, l=10Tm, l=10 pm, l=10Hm, l=10cm, l=10μm, l=10Mm
  - ✓ m=2000g, m=2000Gg, m=2000Mg, m=2000ng, m=2000pg, m=2000mg
  - ✓ t=6h, t=6min, t=6d
  - ✓ p=15Gpa, p=15Mpa, p=15nra, p=15kra, p=15mpa, p=15μpa
  - ✓ F=15nN, F=15kN, F=15MN, F=15μN, F=15GN, F=15pN

#### 7. Να μετατραπούν οι παρακάτω καταργημένες μονάδες σε μονάδες του SI.

- ✓ 100kp
- ✓ 10PS
- ✓ 10.000HP
- ✓ 100 cal

Μετατροπή καταργημένων μονάδων στο SI.

1kp=9,81N

1Ps=0,736kW

1HP=0,746kW

1 cal=4,186J

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

#### 1.3 Παράγωγα μεγέθη.

Σε αυτή την ενότητα θα αναλύσουμε μερικά από τα παράγωγα μεγέθη τα οποία θα συναντήσουμε σε αυτό το βιβλίο και γενικότερα στην καθημερινότητα μας ως μηχανολόγοι.

##### 1.3.1. Εμβαδόν.

Η μονάδα μέτρησης του εμβαδού στο S.I. είναι το  $m^2$  (τετραγωνικό μέτρο) και όπως είναι εύκολα κατανοητό σε κάθε περίπτωση προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό δύο μηκών, ανάλογα το γεωμετρικό σχήμα.

##### 1.3.2 Όγκος.

Η μονάδα μέτρησης του εμβαδού στο S.I. είναι το  $m^3$  (κυβικό μέτρο) και όπως είναι εύκολα κατανοητό σε κάθε περίπτωση προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό τριών μηκών, ανάλογα το γεωμετρικό σχήμα.

##### 1.3.3 Ταχύτητα.

Ως ταχύτητα ορίζεται η απόσταση που διανύεται σε συγκεκριμένο χρόνο και συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα  $u$ . Σύμφωνα με τον ορισμό που δώσαμε η ταχύτητα θα είναι:

$$\text{ταχύτητα} = \frac{\text{απόσταση(μήκος)}}{\text{χρόνος}} \Rightarrow u = \frac{l}{t}$$

Από την παραπάνω σχέση συμπεραίνουμε ότι η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας στο S.I. θα είναι το m/sec.

##### 1.3.4 Επιτάχυνση.

Ως επιτάχυνση ορίζεται η μεταβολή της ταχύτητας στην μονάδα του χρόνου και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα  $a$ . Αν εργασθούμε όπως στην περίπτωση της ταχύτητας θα έχουμε:

$$\text{επιτάχυνση} = \frac{\text{ταχύτητα}}{\text{χρόνος}} \Rightarrow a = \frac{u}{t}$$

Η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι το m/sec , ενώ του χρόνου το sec, άρα έχουμε:

$a = \frac{\frac{m}{sec}}{sec}$ , κάνοντας το σύνθετο κλάσμα απλό προκύπτει ότι η μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης στο S.I. είναι  $m/sec^2$

##### 1.3.5. Δύναμη.

Σύμφωνα με τον Νεύτωνα το μέτρο της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε , τη μάζα του σώματος με την επιτάχυνση του.

Δηλαδή Δύναμη= Μάζα \* επιτάχυνση. Η δύναμη συμβολίζεται με το γράμμα  $F$ . Άρα έχουμε:

$F = m * a$  . Οπότε συμπεραίνουμε ότι η μονάδα μέτρησης της δύναμης θα είναι  $kg*m/sec^2$  την οποία προς τιμήν του Νεύτωνα την ονομάζουμε Newton και τη συμβολίζουμε με το γράμμα  $N$ . Δηλαδή το 1 N θα είναι το μέτρο της δύναμης που δίνει επιτάχυνση  $1m/sec^2$  σε ένα σώμα 1 kg.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

#### 1.3.6. Έργο.

Μια δύναμη  $F$  παράγει έργο, όταν μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της σε απόσταση  $s$ . Το έργο συμβολίζεται με το γράμμα  $w$  και το μέτρο του υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε το μέτρο της δύναμης επί την απόσταση  $s$  που μετακινήθηκε το σημείο εφαρμογής της. Έτσι έχουμε:

$W = F * s$ . Η μονάδα μέτρησης της δύναμης είναι το Νιούτον ενώ της απόστασης το μέτρο. Άρα η μονάδα μέτρησης του έργου θα είναι το  $N*m$ . Το γινόμενο αυτό το ονομάζουμε Joule και το συμβολίζουμε με το γράμμα  $J$

#### 1.3.7. Ισχύς.

Ισχύς ονομάζεται το έργο που παράγει μια δύναμη στη μονάδα του χρόνου. Η ισχύς μιας δύναμης συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα  $P$ . Από τον ορισμό που δώσαμε θα είναι:

$P = \frac{W}{t}$ . Αντικαθιστώντας τις μονάδες των μεγεθών έργου( $J$ ) και χρόνου ( $s$ ) θα έχουμε ότι η μονάδα μέτρησης της ισχύος θα είναι:  $J/sec$ . Το πηλίκο αυτό το ονομάζουμε Watt και το συμβολίζουμε με το γράμμα  $W$ .

#### 1.3.8. Πίεση.

Πίεση ονομάζεται η δύναμη που ασκείται σε μια επιφάνεια και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα  $P$ .

$P = \frac{F}{A}$ . Αντικαθιστώντας τις μονάδες των μεγεθών δύναμης( $N$ ) και επιφάνειας ( $m^2$ ) θα έχουμε ότι η μονάδα μέτρησης της πίεσης θα είναι:  $N/m^2$ . Το πηλίκο αυτό το ονομάζουμε Pascal και το συμβολίζουμε με τα γράμματα  $Pa$ .

### 1.4 Σύμβολα και μονάδες μερικών μεγεθών.

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	$\omega$	$rad/s$
γωνιακή επιτάχυνση	a	$rad/s^2$
περίοδος	T	s
συχνότητα	f	Hz
κυκλική συχνότητα	$\omega$	$s^{-1} = 1/s$
πυκνότητα μάζας	P	$Kg/m^3$
δύναμη	F	N (Νιούτον)*
βάρος	G	N
ροπή δύναμης	M	N. m
πίεση	P	Pa (Πασκάλ)

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

ροπή αδράνειας	I	kg-m <sup>2</sup>
έργο	W	J (Τζάουλ)
ενέργεια	E	J
ισχύς	P	W (Βατ)
θερμοκρασία	θ	°C (βαθμ. Κελσίου)
θερμότητα	Q	J

### Ασκήσεις -εφαρμογές.

1. Να συμπληρώσετε τα κενά.

#### Εμβαδόν

Η μονάδα μέτρησης του εμβαδού στο S.I. είναι το ..... και όπως είναι εύκολα κατανοητό σε κάθε περίπτωση προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό ....., ανάλογα το γεωμετρικό σχήμα.

#### Όγκος

Η μονάδα μέτρησης του εμβαδού στο S.I. είναι το ..... και όπως είναι εύκολα κατανοητό σε κάθε περίπτωση προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό ....., ανάλογα το γεωμετρικό σχήμα.

#### Ταχύτητα.

Ως ταχύτητα ορίζεται η απόσταση που διανύεται σε συγκεκριμένο χρόνο και συμβολίζεται συνήθως με το γράμμα u. Σύμφωνα με τον ορισμό που δώσαμε η ταχύτητα θα είναι:

$$\text{ταχύτητα} = \frac{\text{απόσταση}}{\text{χρόνος}} \Rightarrow u = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

Από την παραπάνω σχέση συμπεραίνουμε ότι η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας στο S.I. θα είναι το .....

#### Επιτάχυνση.

Ως επιτάχυνση ορίζεται η μεταβολή της ταχύτητας στην μονάδα του χρόνου και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα a. Αν εργασθούμε όπως στην περίπτωση της ταχύτητας θα έχουμε:

$$\text{επιτάχυνση} = \frac{\text{αλλαγή ταχύτητας}}{\text{χρόνος}} \Rightarrow a = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}$$

Η μονάδα μέτρησης της ταχύτητας είναι το m/sec , ενώ του χρόνου το sec, άρα έχουμε:

$$a = \frac{\text{.....}}{\text{.....}}, \text{ κάνοντας το σύνθετο κλάσμα απλό προκύπτει ότι η μονάδα μέτρησης της επιτάχυνσης στο S.I. είναι m/sec}^2$$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

#### Δύναμη.

Σύμφωνα με τον Νεύτωνα το μέτρο της δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα προκύπτει αν πολλαπλασιάσουμε , τη ..... του σώματος με την

..... του. Δηλαδή Δύναμη= .....

Η δύναμη συμβολίζεται με το γράμμα  $F$ . Άρα έχουμε:  $F = \dots\dots\dots$  . Οπότε συμπεραίνουμε ότι η μονάδα μέτρησης της δύναμης θα είναι ...../..... την οποία προς τιμήν του Νεύτωνα την ονομάζουμε ..... και το συμβολίζουμε με το γράμμα  $N$ . Δηλαδή το 1  $N$  θα είναι το μέτρο της δύναμης που δίνει επιτάχυνση

.....

.....

#### Έργο

Μια δύναμη  $F$  παράγει έργο , όταν μετακινεί το σημείο εφαρμογής της κατά τη διεύθυνσή της σε απόσταση  $s$ . Το έργο συμβολίζεται με το γράμμα ..... και το μέτρο του υπολογίζεται αν πολλαπλασιάσουμε

..... που μετακινήθηκε το σημείο εφαρμογής της. Έτσι έχουμε:

$W = \dots\dots\dots$  . Η μονάδα μέτρησης της δύναμης είναι το Νιούτον ενώ της απόστασης το μέτρο. Άρα η μονάδα μέτρησης του έργου θα είναι το ..... Το γινόμενο αυτό το ονομάζουμε ..... και το συμβολίζουμε με το γράμμα .....

#### Ισχύς

Ισχύς ονομάζεται το ..... που παράγει μια δύναμη στη μονάδα του ..... Η ισχύς μιας δύναμης συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα  $P$ . Από τον ορισμό που δώσαμε θα είναι:

$P = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$  . Αντικαθιστώντας τις μονάδες των μεγεθών έργου(J) και χρόνου (s) θα

έχουμε ότι η μονάδα μέτρησης της ισχύος θα είναι: ..... Το πηλίκο αυτό το ονομάζουμε ..... και το συμβολίζουμε με το γράμμα  $W$ .

#### Πίεση

Πίεση ονομάζεται η ..... που ασκείται σε μια ..... και συνήθως συμβολίζεται με το γράμμα  $P$ .

$P = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$  . Αντικαθιστώντας τις μονάδες των μεγεθών δύναμης(N) και επιφάνειας

( $m^2$ ) θα έχουμε ότι η μονάδα μέτρησης της πίεσης θα είναι:..... Το πηλίκο αυτό το ονομάζουμε Pascal και το συμβολίζουμε με τα γράμματα  $Pa$  .

### 2. Να υπολογίσετε τα παρακάτω εμβαδά και να κάνετε τα σχήματα. (οι μονάδες να γραφούν στο SI).

- Ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με πλευρές  $L_1=5m$  και  $L_2=70\text{ cm}$
- Τετράγωνο με πλευρά  $10\text{ mm}$
- Ορθογώνιο τρίγωνο με την απέναντι κάθετη από την υποτείνουσα  $3\text{ cm}$  και την προσκείμενη κάθετη στην υποτείνουσα  $4\text{ cm}$ . Να υπολογίσετε και πόσα  $cm$  είναι η υποτείνουσα
- Κύκλος με ακτίνα  $r= 2\text{ cm}$



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

**B Εξάμηνο (4 ώρες)**

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**3. Να υπολογίσετε τους παρακάτω όγκους.**

- Ορθογώνια δεξαμενή καυσίμων με πλευρές  $L_1=3\text{m}$ ,  $L_2=5\text{m}$  και ύψος  $L_3=2\text{m}$
- Κύλινδρος κινητήρα με διάμετρο  $d=20\text{mm}$  και μήκος  $L=30\text{mm}$ . Αν ο κινητήρας έχει 4 ίδιους κυλίνδρους πόσος θα είναι ο συνολικός όγκος; (η απάντηση να δοθεί σε εκατοστά)
- Τον όγκο της τάξης σας.

**4. Ένα αυτοκίνητο διανύει 500 km σε 5 ώρες και 30 λεπτά. Πόση θα είναι η μέση ταχύτητα του αυτοκινήτου;**

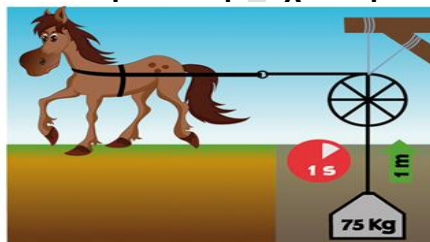
**5. Ένα αυτοκίνητο ξεκινάει με ταχύτητα 0m/sec και μετά από 10 sec έχει αναπτύξει ταχύτητα 100 m/sec. Πόση θα είναι η επιτάχυνσή του;**

**6. Πόση δύναμη πρέπει να ασκήσουμε σε ένα σώμα μάζας  $m=100\text{kg}$  για να αποκτήσει επιτάχυνση  $10\text{m/sec}^2$ ; (το σώμα να θεωρηθεί ότι βρίσκεται σε οριζόντιο επίπεδο και η δύναμη ασκείται παράλληλα με το έδαφος στο κέντρο βάρους του σώματος).**

**7. Να υπολογίσετε την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια του θρανίου σας αν εφαρμόσετε δύναμη κάθετη προς την επιφάνεια  $F=10\text{N}$ .**

**8. Να υπολογίσετε το έργο που θα παράγει ένα άλογο αν μετακινήσει μία άμαξα για 10km με σταθερή δύναμη 20N σε οριζόντιο επίπεδο.**

**9. Να υπολογίσετε την ισχύ στην παρακάτω εικόνα.**



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού  
**Θερμοδυναμική.**

Η θερμοδυναμική ως λέξη είναι σύνθετη, προέρχεται από τις λέξεις θερμότητα και δυναμική και χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μετατροπή της θερμότητας σε διάφορες μορφές ενέργειας.

Η βάση της θερμοδυναμικής είναι τα τρία θεμελιώδη θερμοδυναμικά αξιώματα.

### Μηδενικό θερμοδυναμικό αξίωμα.

1<sup>η</sup> διατύπωση.

Όταν δύο (ή περισσότερα) συστήματα έρθουν σε επαφή μέσω διαθερμικών τοιχωμάτων, τότε μεταβάλλονται οι καταστάσεις τους και μετά την παρέλευση πεπερασμένου χρόνου δημιουργούνται νέες καταστάσεις ισορροπίας, που δε μεταβάλλονται πλέον. Τότε λέμε ότι τα συστήματα βρίσκονται σε θερμική ισορροπία.

2<sup>η</sup> διατύπωση.

Όταν δύο σώματα είναι σε θερμική ισορροπία προς ένα τρίτο σώμα, τότε είναι και σε θερμική ισορροπία μεταξύ τους. Οι καταστάσεις των συστημάτων αυτών χαρακτηρίζονται από μια κοινή ιδιότητα που ονομάζεται θερμοκρασία.

3<sup>η</sup> διατύπωση.

Δύο σώματα είναι σε θερμική ισορροπία, αν χαρακτηρίζονται από την ίδια θερμοκρασία, ακόμα κι αν δεν είναι σε επαφή. Εάν δεν υπάρχει θερμική ισορροπία τότε η ενέργεια ρέει από την περιοχή υψηλής θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλής θερμοκρασίας.

### Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα.

#### Δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα.

#### Θερμοδυναμικό σύστημα, περιβάλλον

Ως θερμοδυναμικό σύστημα ορίζεται μια ποσότητα ύλης (μάζα ελέγχου) ή μια περιοχή στο χώρο (όγκος ελέγχου) που επιλέγεται για μελέτη. Ο χώρος γύρω (εκτός) από το σύστημα ονομάζεται περιβάλλον του συστήματος. Το σύστημα χωρίζεται από το περιβάλλον με νοητές ή πραγματικές επιφάνειες οι οποίες καλούνται όρια του συστήματος.

**Ανοικτό** ονομάζεται ένα θερμοδυναμικό σύστημα που μπορεί να ανταλλάζει ύλη και ενέργεια με το περιβάλλον.

**Κλειστό** θερμοδυναμικό σύστημα ονομάζεται αυτό που δεν μπορεί να ανταλλάξει ύλη με το περιβάλλον αλλά μπορεί να ανταλλάξει ενέργεια.

**Αποκλεισμένο ή απομονωμένο** θερμοδυναμικό σύστημα ονομάζεται αυτό που δεν μπορεί να

#### Θερμοκρασία, θερμική ισορροπία

Θερμοκρασία ενός σώματος ονομάζεται το φυσικό μέγεθος με το οποίο χαρακτηρίζουμε κατά πόσο το σώμα είναι θερμότερο ή ψυχρότερο από ένα άλλο σώμα. Συνήθως συμβολίζεται με τα γράμματα  $\theta$  ή  $T$ .

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Όταν δύο σώματα βρίσκονται σε θερμική επαφή, μετακινείται θερμότητα από αυτό με την υψηλότερη θερμοκρασία προς αυτό με τη χαμηλότερη θερμοκρασία. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα οι θερμοκρασίες των δύο σωμάτων εξισώνονται και η μεταφορά θερμότητας σταματάει. Λέμε τότε ότι μεταξύ των σωμάτων επήλθε θερμική ισορροπία.

### Κλίμακες θερμοκρασίας, θερμόμετρα, απόλυτη θερμοκρασία

Μονάδες μέτρησης της θερμοκρασίας.

Οι μονάδες μετρήσεις της θερμοκρασίας είναι:

- Οι βαθμοί Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- Οι βαθμοί Fahrenheit( $^{\circ}\text{F}$ ).
- Οι βαθμοί Kelvin(K).
- Οι βαθμοί Rankine(R) .

Σχέση μεταξύ μονάδων μέτρησης της θερμοκρασίας.

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273,15$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9 \cdot ^{\circ}\text{C}}{5} + 32$$

$$1\text{R} = 460^{\circ}\text{F} + t^{\circ}\text{F}$$

Εφαρμογές

Να μετατρέψετε τους  $27^{\circ}\text{C}$  σε  $^{\circ}\text{F}$ , K και R

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

$$^{\circ}\text{C} = 27 \Rightarrow \text{K} = 273 + 27 = 300\text{K}$$

$$^{\circ}\text{F} = \frac{9 \cdot 27}{5} + 32 = \frac{243}{5} + 32 = 48,6 + 32 = 80,6$$

$$\text{R} = 460 + 80,6 = 540,6$$

**Ορισμός, τα σύμβολα και οι συνηθέστερες κλίμακες μέτρησης για την απόλυτη θερμοκρασία.**

Η απόλυτη θερμοκρασία είναι η θερμοκρασία που μετρείται με βάση το απόλυτο μηδέν ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) και είναι πάντα θετική. Είναι η θερμοκρασία όπου δεν υπάρχει κίνηση των μορίων. Το σύμβολο της απόλυτης θερμοκρασίας είναι ( T ) και οι συνηθέστερες κλίμακες μέτρησης για την απόλυτη θερμοκρασία είναι η κλίμακα Kelvin (K) και η κλίμακα Rankine(R).

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**Απόλυτο μηδέν.** Η κίνηση των μορίων ενός σώματος σε θερμοκρασία απόλυτου μηδέν;

Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία ενός σώματος, τόσο μεγαλύτερη κινητική ενέργεια έχουν τα μόρια του λόγω της άτακτης κίνησής τους. Η κίνηση των μορίων ενός σώματος στη θερμοκρασία του απόλυτου μηδέν είναι σχεδόν μηδενική. Η θερμοκρασία του είναι  $-273^{\circ}\text{C}$  ή  $0\text{ K}$  (μηδέν βαθμοί Κέλβιν). Το απόλυτο μηδέν δεν μπορεί να επιτευχθεί (ακριβώς) με τεχνητά ή φυσικά μέσα, αφού κάτι τέτοιο απαιτεί ένα σύστημα πλήρως απομονωμένο από το υπόλοιπο σύμπαν.

### Θερμική διαστολή, παραδείγματα, ασκήσεις

Κατά την θέρμανση των υλικών η προσφερόμενη ενέργεια (θερμότητα) αυξάνει τις μέσες ενδοατομικές αποστάσεις των υλικών. Η αύξηση αυτή αθροίζεται για όλα τα άτομα του υλικού και έτσι παρατηρείται αύξηση των διαστάσεων του. Λόγω του σχήματος των υλικών (ράβδοι) μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η αύξηση αυτή γίνεται κυρίως στην μια διάσταση του υλικού, το μήκος του και είναι αμελητέο στις άλλες δυο. Πρόκειται επομένως για γραμμική θερμική διαστολή.

Το μέγεθος της γραμμικής διαστολής εξαρτάται

1. Από το αρχικό μήκος του σώματος.
2. Από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
3. Από το είδος του υλικού.

Η θερμική διαστολή ενός υλικού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

Όπου

- $\Delta L$ : Η μεταβολή του τελικού μείον το αρχικό μήκος της ράβδου (η επιμήκυνση του υλικού).
- $L_0$ : Το αρχικό μήκος της ράβδου.
- $\alpha$ : Ο συντελεστής θερμικής διαστολής.
- $\Delta T$ : Η μεταβολή της θερμοκρασίας (Τελική μείον την αρχική θερμοκρασία).

### Ασκήσεις-εφαρμογές.

1. Χαλκοσωλήνας μήκους 100 cm διαρρέεται από θερμό ψυκτικό μέσο. Αν η θερμοκρασία του χαλκοσωλήνα αυξάνει κατά  $20^{\circ}\text{C}$ , να υπολογίσετε το μήκος του στη νέα θερμοκρασία. Δίνεται ο συντελεστής γραμμικής διαστολής χαλκού  $\alpha = 1,7 \cdot 10^{-5}$  ανά  $^{\circ}\text{K}$ .

1<sup>ο</sup> βήμα Υπολογίζουμε τη διαστολή  $\Delta L$  του σωλήνα

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta t = 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot 100 \cdot (20 + 273) = 170 \cdot 10^{-5} \cdot 293 = 0,498 \text{ cm}$$

2<sup>ο</sup> βήμα. Η διαστολή δίνεται από το τελικό μήκος του χαλκοσωλήνα- αρχικό μήκος του χαλκοσωλήνα. Άρα  $\Delta L = L_t - L_a \rightarrow L_t = \Delta L + L_a \rightarrow L_t = 100 + 0,498 = 100,498 \text{ cm}$

2. Ράβδος αρχικού μήκους 1m βρίσκεται σε θερμοκρασία  $15^{\circ}\text{C}$ . Μετά από θέρμανσή επιμηκύνεται κατά 0,5 cm. Να υπολογίσετε την τελική θερμοκρασία της ράβδου, αν ο συντελεστής θερμικής διαστολής είναι  $\alpha = 1,1 \cdot 10^{-4}$  ανά  $^{\circ}\text{K}$ .

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

1° Βήμα. Επιλύω τον τύπο της διαστολής ως προς τη διαφορά θερμοκρασίας.

$$\Delta L = L_0 * a * \Delta T \rightarrow \Delta T = \frac{\Delta L}{L_0 * a}$$

2° Βήμα. Κάνω αντικατάσταση στην παραπάνω σχέση.

$$\Delta T = \frac{0,5}{100 * 1,1 * 10^{-4}} = \frac{0,5 * 100}{1,1} = \frac{50}{1,1} = 45,5K$$

3° βήμα. Υπολογίζω την τελική θερμοκρασία.

$$\Delta T = T_{\text{Τελικό}} - T_{\text{αρχικό}} \rightarrow 45,5 = T_{\text{Τελικό}} - 15^{\circ}\text{C} \rightarrow T_{\text{Τελικό}} = 60,5^{\circ}\text{C}$$

### Ποσότητα θερμότητας, θερμιδομετρία, παραδείγματα, ασκήσεις

Θερμότητα ονομάζεται το ποσό ενέργειας που ρέει από ένα σύστημα υψηλότερης θερμοκρασίας σε ένα άλλο χαμηλότερης, όταν τα δύο συστήματα έρθουν σε θερμική επαφή και διαρκεί μέχρι να επέλθει θερμική ισορροπία.

Το συνηθέστερο σύμβολο της θερμότητας είναι το γράμμα Q, ενώ οι μονάδες μετρήσεις είναι :

- Joule
- cal
- BTU

Θερμιδομετρία ονομάζεται ο υπολογισμός της ποσότητας της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τις θερμικές μεταβολές των σωμάτων.

**Ειδική θερμότητα** ονομάζεται το πόσο θερμότητας που χρειάζεται η μονάδα μάζας ενός σώματος για να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά 1 βαθμό °C. Συμβολίζεται με το γράμμα C και είναι διαφορετική για κάθε σώμα.

Ανάλογα με το πώς θα εκφράσουμε τα ποσά, θερμότητα, μάζα και θερμοκρασία οι μονάδες μέτρησης της ειδικής θερμότητας είναι:

- 1 kcal / (kg \* °C)
- 1 BTU / (Lb \* °F)
- 1 J / (Kg \* K)

### Αισθητή θερμότητα

Η θερμότητα που προκαλεί αλλαγή της θερμοκρασίας (αύξηση ή μείωση) ενός αντικειμένου ονομάζεται αισθητή θερμότητα. Η αισθητή θερμότητα περιγράφεται από το 1° Θερμοδυναμικό νόμο.

### Λανθάνουσα θερμότητα

Κατά την αλλαγή φάσης ενός υλικού απαιτείται ένα ποσό θερμότητας το οποίο καταναλώνεται (ή παράγεται) για τη μετατροπή του από τη μια κατάσταση στην άλλη (π.χ. από στερεό σε υγρό ή από υγρό σε αέριο). Η θερμότητα αυτή ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα (Λέγεται λανθάνουσα γιατί δεν γίνεται αντιληπτή ως διαφορά θερμοκρασίας έως ότου γίνει η αλλαγή της φάσης).

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Τα είδη που υπάρχουν σχετίζονται με την αλλαγή φάσης που επρόκειτο να γίνει:

- Λανθάνουσα θερμότητα τήξης (από στερεό σε υγρό).
- Λανθάνουσα θερμότητα πήξης (από υγρό σε στερεό).
- Λανθάνουσα θερμότητα βρασμού (από υγρά σε αέριο).
- Λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης (από αέριο σε υγρό).
- Λανθάνουσα θερμότητα εξάχνωσης (από στερεό απευθείας σε αέριο).
- Λανθάνουσα θερμοκρασία απόθεσης (από αέριο απευθείας σε στερεό).

### Ασκήσεις-εφαρμογές.

**Μάζα νερού 0,1 kg έχει θερμοκρασία 90° C. Πόση θερμότητα πρέπει να προσφερθεί στη δεδομένη μάζα για να γίνει ατμός 1000 C; Δίνονται ειδική θερμότητα νερού  $c = 4,186 \text{ kJ / kg} \cdot ^\circ\text{K}$  και ειδική λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης  $L = 2,256 \text{ kJ / kg}$ .**

$$Q_{OL} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta t = 0,1 \text{ kg} \cdot 4,186 \text{ kJ / kg} \cdot 0\text{K} - (100-90)0\text{K} = 4,186 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = L \cdot m = 2256 \text{ kJ / kg} \cdot 0,1 \text{ kg} = 225,6 \text{ kJ}$$

$$Q_{OL} = 4,186 \text{ kJ} + 225,6 \text{ kJ} = 229,786 \text{ kJ}$$

**Σώμα βρίσκεται σε αρχική θερμοκρασία  $\theta_a = -22^\circ\text{F}$ . Μετά από μία θερμική διεργασία έχει τελική θερμοκρασία  $\theta_t = -10^\circ\text{C}$ . Να εξετάσετε αν το σώμα δέχτηκε ή απέβαλλε θερμότητα και να βρείτε τη διαφορά θερμοκρασίας του σε  $^\circ\text{K}$ .**

1. Μετατρέπουμε τους βαθμούς Fahrenheit ( $^\circ\text{F}$ ) σε βαθμούς Celsius ( $^\circ\text{C}$ )

$$\begin{aligned} ^\circ\text{C} &= \frac{5}{9} * (F - 32) \Rightarrow ^\circ\text{C} = \frac{5}{9} * (-22 - 32) \Rightarrow \\ &\Rightarrow ^\circ\text{C} = \frac{5}{9} * (-54) = -\frac{270}{9} = -30 ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

2. Υπολογίζουμε τη διαφορά θερμοκρασίας.

Διαφορά θερμοκρασίας ( $\Delta\theta$ ) = Τελική θερμοκρασία ( $\theta_t$ ) – Αρχική θερμοκρασία ( $\theta_a$ )

$$\Delta\theta = \theta_t - \theta_a \rightarrow \Delta\theta = -10 - (-30) \rightarrow \Delta\theta = 20^\circ\text{C} > 0$$

3. Αφού η διαφορά θερμοκρασίας είναι θετική, θα είναι θετική και η θερμότητα άρα το σώμα δέχτηκε θερμότητα.

### Υπολογισμός θερμοκρασίας σε $^\circ\text{K}$

$$\Delta\theta = \theta_t - \theta_a \text{ (σχέση 1)}$$

Μετατρέπω τους βαθμούς Κελσίου σε βαθμούς Κέλβιν.

$$\theta_t = -10 ^\circ\text{C} + 273 = 263 \text{ K}$$

$$\theta_a = -30 ^\circ\text{C} + 273 = 243 \text{ K}$$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού  
Από τη σχέση 1 υπολογίζω τη διαφορά θερμοκρασίας σε βαθμούς Κέλβιν.

$$\Delta\Theta = 263 - 243 = 20 \text{ K}$$

### Μηχανισμοί διάδοσης της θερμότητας

Για να υπάρξει μετάδοση θερμότητας μεταξύ δυο σωμάτων θα πρέπει να υπάρχει θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ των δύο σωμάτων, τότε η θερμότητα ρέει φυσικά και μεταβαίνει από το σώμα υψηλής θερμοκρασίας στο σώμα χαμηλής θερμοκρασίας.

Η μετάδοση της θερμότητας γίνεται με τρεις τρόπους που είναι οι εξής :

- Με αγωγή
- Με μεταφορά
- Με ακτινοβολία.

### Διάδοση της θερμότητας με αγωγή .

Σύμφωνα με τον Νόμο του Φουριέ, η μεταφορά θερμότητας με αγωγή εκφράζει τη ροή θερμότητας  $Q$  από ένα σώμα στο άλλο μέσω επαφής και είναι ανάλογη με τη διαφορά θερμοκρασίας τους.

### Μαθηματική έκφραση.

$$Q = \lambda * A * L * \frac{\Delta T}{s} * t$$

#### Όπου

- $Q$ : Η μεταφορά θερμότητας.
- $\lambda$  ονομάζεται η θερμική αγωγιμότητα του θερμαινόμενου υλικού και εξαρτάται από το υλικό που χρησιμοποιούμε προς μελέτη.
- $A$  είναι η επιφάνεια επαφής.
- $S$ : το πάχος του υλικού.
- $L$  : το μήκος της ράβδου.
- $\Delta T$ : η διαφορά θερμοκρασίας.
- $t$ : Ο χρόνος.

### Διάδοση της θερμότητας με μεταφορά.

Στα υγρά και τα αέρια η θερμότητα διαδίδεται με μεταφορά. Κατά την μεταφορά αυτή, ποσότητες υγρού ή αερίου θερμαίνονται και μεταφέρονται σε ψυχρότερη περιοχή, όπου και προκαλούν την θέρμανσή της. Μπορεί να υπάρξει διάδοση μεταξύ στερεού και υγρού ή αερίου σώματος.

### Μαθηματική έκφραση.

$$Q = A * a (\theta_2 - \theta_1)$$

#### Όπου

- $A$ , η επιφάνεια με την οποία το ρευστό βρίσκεται σε επαφή.
- $(\theta_2 - \theta_1)$ , η διαφορά θερμοκρασιών ρευστού και επιφάνειας.
- $a$ , ο συντελεστής μεταφοράς.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Η μεταφορά διακρίνεται σε ελεύθερη και εξαναγκασμένη. Όταν το ρευστό βρίσκεται σε ηρεμία έχουμε ελεύθερη μεταφορά και η κίνηση του είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων που δημιουργούνται λόγω διαφοράς πυκνότητας η οποία οφείλεται στην αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του. Όταν το ρευστό έχει κάποια ταχύτητα έχουμε εξαναγκασμένη μεταφορά. Στην εξαναγκασμένη μεταφορά έχουμε μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης θερμότητας από ότι στην ελεύθερη μεταφορά λόγω αύξησης του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας.

### Διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία

Για την διάδοση της θερμότητας με αγωγή ή με μεταφορά χρειάζεται η παρουσία της ύλης (στερεά, υγρά ή αέρια). Η θερμότητα όμως διαδίδεται και χωρίς την ύπαρξη κάποιου μέσου. Γνωστό παράδειγμα στη φύση είναι η θέρμανση της Γης από τον Ήλιο, όπου δεν υπάρχει μέσο διάδοσης. Ο τρόπος αυτός διάδοσης της θερμότητας λέγεται διάδοση με ακτινοβολία. Η θερμική ακτινοβολία διαδίδεται στο χώρο με ηλεκτρομαγνητικά κύματα (όμοια με τα φωτεινά), απορροφάται από τα διάφορα σώματα και τα θερμαίνει

Μαθηματική έκφραση.

$$Q = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

Όπου

- $\sigma$  : Η σταθερά αναλογίας.
- $A$ : Η επιφάνεια.
- $T$ : Η θερμοκρασία σε Kelvin.

Η μετάδοση θερμότητας με ακτινοβολία θεωρείται συνήθως αμελητέα σε χαμηλές θερμοκρασίες και έτσι δεν λαμβάνεται υπόψη. Για μέταλλα π.χ δεν συνυπολογίζεται για θερμοκρασίες χαμηλότερες της θερμοκρασίας ερυθροποίησης του μετάλλου.

### Εναλλάκτες θερμότητας.

Η μετάδοση θερμότητας μεταξύ του εργαζόμενου μέσου και του χώρου, γίνεται μέσω μιας ειδικής διάταξης που ονομάζεται εναλλάκτης θερμότητας. Λέγεται εναλλάκτης διότι στη διάταξη αυτή επιτρέπεται η διάδοση θερμότητας μέσω συναλλαγής θερμότητας των δύο σωμάτων.

Η μεταφορά θερμότητας σε έναν εναλλάκτη θερμότητας που διαρρέεται από δύο ρευστά τα οποία δεν αλλάζουν φάση υπολογίζεται από τη σχέση:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T_m$$

Όπου

- $A$  : η επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας σε  $m^2$ .
- $U$ : Συντελεστής θερμοπερατότητας σε  $W/m^2 \cdot K$ .
- $\Delta T_m$ : Μέση θερμοκρασιακή διαφορά των δύο ρευστών στον εναλλάκτη.

**Διάκριση εναλλακτών θερμότητας ανάλογα την εργασία που εκτελούν.**

**Συμπυκνωτής ή ψύκτης** όταν αποβάλλει θερμότητα στο περιβάλλον και συμπυκνώνει ή ψύχει την εργαζόμενη ουσία.



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**Εξατμιστής ή θερμαντήρας** όταν απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον και εξατμίζει ή θερμαίνει την εργαζόμενη ουσία.

Και στις δύο περιπτώσεις η εργαζόμενη ουσία είναι ρευστό και το περιβάλλον μπορεί να είναι ανοικτό σύστημα( ατμοσφαιρικός αέρας) ή κλειστό σύστημα (κλειστό σύστημα νερού).

#### Κατασκευαστικά στοιχεία εναλλακτών.

Κατασκευαστικά οι εναλλάκτες θερμότητας αποτελούνται από μία σειρά σωληνώσεων μέσα στις οποίες κυκλοφορεί η εργαζόμενη ουσία .

Το υλικό κατασκευής των εναλλακτών θερμότητας επιλέγεται ανάλογα με τις διαβρωτικές ιδιότητες του ρευστού που θα κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους, τις πιέσεις λειτουργίας, την προσδοκώμενη μηχανική αντοχή και του συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  και είναι είτε χάλυβας , είτε χυτοσίδηρος , είτε αλουμίνιο, είτε χαλκός.

#### Λειτουργικά στοιχεία εναλλακτών θερμότητας.

Στην πλειοψηφία τους οι εναλλάκτες θερμότητας κατασκευάζονται και λειτουργούν ως συσκευής αντίθετης ροής αφού το ένα ρευστό κυκλοφορεί αντίθετα ( αντιροή) ή κάθετα του δεύτερου ρευστού (σταυροροή).

Στους συμπυκνωτές το θερμότερο ρευστό κυκλοφορεί πάντα στις σωληνώσεις και το ψυχρότερο ρευστό αποτελεί το περιβάλλον. Στους εξατμιστές γίνεται το αντίθετο.

#### Βαθμός θερμικής απόδοσης – Θερμική ισχύς.

Βασικό χαρακτηριστικό των εναλλακτών είναι ο βαθμός θερμικής απόδοσης, που εξαρτάται και καθορίζεται από:

- Τις συνθήκες μετάδοσης θερμότητας με βάση το θερμικό φορτίο και την θερμοκρασία της εργαζόμενης ουσίας.
- Την παροχή των ρευστών.
- Το είδος ροής των ρευστών.
- Το συντελεστή θερμοπερατότητας των υλικών κατασκευής τους.

Η θερμική ισχύς καθορίζεται από το βαθμό θερμικής απόδοσης, την συνολική απαιτούμενη επιφάνεια συναλλαγής και το μέγεθος του εναλλάκτη. Ο υπολογισμός της θερμικής ισχύος πρέπει να γίνεται με ικανοποιητικό συντελεστή ασφάλειας, γιατί πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι επικαθήσεις στις επιφάνειες των σωληνώσεων.

Για να αποφεύγεται η μείωση της απόδοσης απαιτείται τακτική συντήρηση των εναλλακτών θερμότητας.

#### Τύποι εναλλακτών θερμότητας.

Οι εναλλάκτες θερμότητας διακρίνονται σε :

- **Εναλλάκτες αερίου-αέρα.** Σε αυτούς τους εναλλάκτες το εργαζόμενο μέσο, δηλαδή το ρευστό που μεταφέρει θερμότητα προς το περιβάλλον είναι αέριο και το μέσο που δέχεται θερμότητα είναι ρευστό σε αέρια μορφή ( ο

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού ατμοσφαιρικός αέρας). Παραδείγματα εναλλακτών αερίου-αέρα :αερόθερμα αερίου, ψυκτικές και κλιματιστικές εγκαταστάσεις.

- **Εναλλάκτες αερίου-υγρού.** Σε αυτούς τους εναλλάκτες το εργαζόμενο μέσο, δηλαδή το ρευστό που μεταφέρει θερμότητα προς το περιβάλλον είναι αέριο και το μέσο που δέχεται θερμότητα είναι ρευστό σε υγρή κατάσταση (νερό). Παραδείγματα εναλλακτών αερίου- υγρού :Συσκευές αερίου για θέρμανση νερού.
- **Εναλλάκτες υγρού –αερίου.** Σε αυτούς τους εναλλάκτες το εργαζόμενο μέσο, δηλαδή το ρευστό που μεταφέρει θερμότητα προς το περιβάλλον είναι υγρό και το μέσο που δέχεται θερμότητα είναι ρευστό σε αέρια μορφή (ατμοσφαιρικός αέρας). Παραδείγματα εναλλακτών υγρού-αερίου : θερμαντικά σώματα κεντρικής θέρμανσης, οι εξαμιστές στις κλιματιστικές εγκαταστάσεις.
- **Εναλλάκτες υγρού-υγρού.** Σε αυτούς τους εναλλάκτες το εργαζόμενο μέσο, δηλαδή το ρευστό που μεταφέρει θερμότητα προς το περιβάλλον είναι υγρό και το μέσο που δέχεται θερμότητα είναι ρευστό σε υγρή κατάσταση (νερό). Παραδείγματα εναλλακτών υγρού-υγρού : θερμαντήρες νερού (boiler)
- **Εναλλάκτες θερμότητας υγρού -στερεού.** Πρόκειται για ιδιαίτερο τύπο εναλλάκτη θερμότητας. Η θερμότητα μεταφέρεται μέσω σωληνώσεων από εργαζόμενη ουσία υγρής κατάστασης σε σώμα στερεής κατάστασης που με την σειρά τους την διαχέουν στο περιβάλλον. Παράδειγμα εναλλακτών υγρού – στερεού είναι η ενδοδαπέδια θέρμανση.

### Απώλεια θερμότητας - μόνωση - μονωτικά υλικά.

Η θερμότητα μεταδίδεται από ένα σώμα σε ένα άλλο διαπερνώντας τη μάζα του. Το ποσό θερμότητας που διέρχεται μέσα από τη μάζα ενός σώματος είναι διαφορετικό για κάθε υλικό σώμα και εκφράζεται από τον συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας ή θερμοπερατότητας.

Ως γνωστό ο Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας ( $\lambda$ ) ενός υλικού εκφράζει το ποσό θερμότητας που διέρχεται δια μέσω τοιχώματος πάχους 1 m ανά μονάδα επιφάνειας ( $m^2$ ) ανά 1 ώρα και για διαφορά θερμοκρασίας 1  $^{\circ}C$  μεταξύ των δύο πλευρών του τοιχώματος.

### Θερμική αντίσταση.

Η θερμική αντίσταση ενός σώματος είναι το αντίστροφο της θερμοπερατότητας και αυξάνει ανάλογα με το πάχος του σώματος. Η ιδιότητα αυτή των σωμάτων χρησιμοποιείται για την προστασία των υλικών σωμάτων στις διαδικασίες της μετάδοσης της θερμότητας, δηλαδή στη μείωση των θερμικών απωλειών τοποθετώντας υλικά με μικρό συντελεστή θερμοπερατότητας τα οποία ονομάζονται μονωτικά υλικά.

### Ιδιότητες θερμομονωτικών υλικών.

Οι ιδιότητες των θερμομονωτικών υλικών είναι:

- Πολύ μικρό συντελεστή  $\lambda$ .
- Μεγάλη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

- Αντοχή στη φωτιά.
- Αντοχή στην υγρασία.
- Ελαστικότητα ( για συστολές και διαστολές).
- Μεγάλη διάρκεια ζωής.
- Διατήρηση των μονωτικών τους ιδιοτήτων για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- Μη διαβρωτικά.
- Μη τοξικά σε περίπτωση καύσης τους.
- Να διαμορφώνονται και να τοποθετούνται εύκολα.

### Είδη θερμομονωτικών υλικών

Τα θερμομονωτικά υλικά είναι είτε φυσικά είτε τεχνητά υλικά. Τα σημαντικότερα και πιο χρησιμοποιούμενα στις θερμικές εγκαταστάσεις είναι υλικά με μεγάλη διάρκεια ζωής και πολύ καλές μονωτικές ιδιότητες.

Καταστατικά μεγέθη, πίεση, θερμοκρασία, εξίσωση ιδανικών αερίων, παραδείγματα, ασκήσεις

### Η ΈΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΟΓΚΟΥ

#### 1.1 ΠΙΕΣΗ.

Πίεση ονομάζεται η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που ασκούν τα ρευστά ομοιόμορφα και κάθετα στα τοιχώματα των δοχείων μέσα στα οποία βρίσκονται.

Έτσι, αν ένα ρευστό εξασκεί δύναμη  $F$  ομοιόμορφα κατανεμημένη σε επιφάνεια  $A$  η πίεση θα είναι:  $P = \frac{F}{A}$  ( 1 )

#### 1.2 Μονάδες μέτρησης της πίεσης

Ανάλογα τη μονάδα μέτρησης της δύναμης και της επιφάνειας η πίεση δίνεται σε διάφορες μονάδες .

$$Pa = N/m^2 = 10^{-5} \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 10 \text{ N/cm}^2 = 10^5 \text{ Pa} = 1,0197 \text{ atm} = 0,987 \text{ Atm} = 14,51 \text{ Psi}$$

$$1 \text{ τεχνική atm} = 1 \text{ Kp/cm}^2 = 9,8076 \times 10^4 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ φυσική Atm} = 1,0133 \times 10^5 \text{ Pa} = 1033 \text{ mm H}_2\text{O} = 14,7 \text{ Psi} = 1,013 \text{ bar}$$

$$1 \text{ Psi} = \text{lb/in}^2 \text{ (1 lb} = 4,4482 \text{ N και 1 in} = 2,54 \times 10^{-2} \text{ m και 1 ft} = 12 \text{ in)}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1,333 \times 10^{-3} \text{ bar} = 1 \text{ torr}$$

$$1 \text{ mm H}_2\text{O} = 0,090 \text{ bar}$$

Πίεση - Μηχανική Τάση	
1bar	=10 <sup>5</sup> Pa

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

1 at (τεχνική)=1 kp/cm <sup>2</sup>	=9,8067x10 <sup>4</sup> Pa
1 atm (φυσική)	=1,0133x10 <sup>5</sup> Pa
1 Torr = 1 mmHg	=1,3332x10 <sup>2</sup> Pa
1 mmH <sub>2</sub> O	=9,8067 Pa
1 dyn/cm <sup>2</sup>	=10 <sup>-1</sup> Pa
1 lb/ft <sup>2</sup>	=4,788x10 Pa
1 inH <sub>2</sub> O	=2,4909x10 <sup>2</sup> Pa
L ftH <sub>2</sub> O	=2,9891x10 <sup>3</sup> Pa
1 lb/in <sup>2</sup> ή psi	=6,8948x10 <sup>3</sup> Pa

#### 1.3 Φυσική και τεχνική ατμόσφαιρα.

Φυσική ατμόσφαιρα. Είναι η πίεση που εξασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας στην επιφάνεια της θάλασσας σε κανονικές συνθήκες

Τεχνική ατμόσφαιρα. Στις τεχνικές εφαρμογές για την απλούστευση των πράξεων χρησιμοποιούμε την τεχνική ατμόσφαιρα η οποία είναι λίγο μικρότερη από την φυσική και περίπου ίση με 1 Kp/cm<sup>2</sup>

#### 1.4 Όργανα μέτρησης της πίεσης.

A. Βαρόμετρο. Το βαρόμετρο είναι όργανο με το οποίο μετράται η ατμοσφαιρική πίεση. Μετρά πάντα την απόλυτη πίεση.

B. Μανόμετρα. Τα μανόμετρα είναι όργανα με τα οποία μετράται η σχετική προς την ατμόσφαιρα πίεση και καλείται μανομετρική πίεση ή πίεση οργάνου (Pg).

Υπάρχουν τριών ειδών μανόμετρα , ανάλογα με την περιοχή πιέσεων που μετρούν.

Έτσι έχουμε τα μανόμετρα που μετράνε μόνο υπερπίεση, τα μανόμετρα που μετρούν μόνο υποπίεση ( κενόμετρα) και αυτά που μετρούν υποπίεση και υπερπίεση.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

**Β Εξάμηνο (4 ώρες)**

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Ατμοσφαιρική πίεση ονομάζουμε την πίεση που ασκείται στην επιφάνεια των σωμάτων από το βάρος του αέρα της ατμόσφαιρας.

Τα μανόμετρα είναι τα όργανα που μετράνε την ατμοσφαιρική πίεση, συνηθίζεται να τα αποκαλούμε βαρόμετρα.

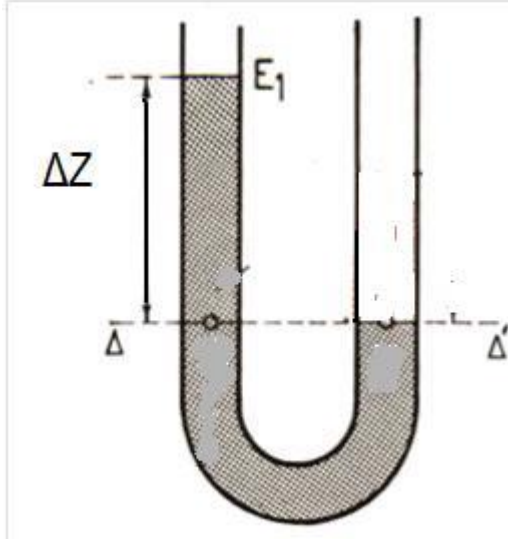
Μονάδα μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι η ατμόσφαιρα, όπου η τιμή της είναι  $1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$  στην επιφάνεια της θάλασσας, όσο ανεβαίνει το υψόμετρο η τιμή της ελαττώνεται, βάση του πειράματος του Toricelli κάθε  $10,5 \text{ mm}$  αύξηση ύψους έχουμε ελάττωση της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά  $1 \text{ mm (Hg)}$  αέρα, άρα και του βάρους που αυτός ασκεί.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Ως μανόμετρο μπορεί να ληφθεί και ένας σωλήνας σχήματος U γεμάτος με υγρό. Εδώ η πίεση υπολογίζεται με βάση την πυκνότητα ( $\rho$ ) ή το ειδικό βάρος ( $\epsilon$ ) του υγρού και την υψομετρική διαφορά  $\Delta Z$  που παρουσιάζει το υγρό στα δύο σκέλη του σωλήνα. Η σχέση μεταξύ πυκνότητας ( $\rho$ ) σε  $\text{Kg}/\text{m}^3$  και ειδικού βάρους ( $\epsilon$ ) σε  $\text{N}/\text{m}^3$  είναι :  $\epsilon = \rho * g$  όπου  $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας που είναι  $g = 9,81 \text{ m}/\text{sec}^2$

Η πίεση που προκύπτει από υψομετρική διαφορά υγρού ( $\Delta Z$ ) δίνεται από τη σχέση:

$$P = g * \Delta Z / U$$

Όπου  $P$  είναι η πίεση με μονάδες  $\text{N}/\text{m}^2$ .

$g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας που είναι  $g = 9,81 \text{ m}/\text{sec}^2$

$U$  είναι ο ειδικός όγκος σε  $\text{m}^3/\text{Kg}$

$\Delta Z$  είναι η υψομετρική διαφορά σε  $\text{m}$

### 1.6 Σχέση μεταξύ απόλυτης, ατμοσφαιρικής και μανομετρικής πίεσης

Η πίεση που μετριέται από τα μανόμετρα καλείται μανομετρική πίεση ( $P_g$ ). Η απόλυτη πίεση ( $P_{abs}$ ) προκύπτει από το αλγεβρικό άθροισμα της ατμοσφαιρικής πίεσης ( $P_{atm}$ ) και της μανομετρικής ( $P_g$ ).

Στην περίπτωση που η δύναμη έχει φορά από το περιβάλλον προς το σύστημα τότε το σύστημα βρίσκεται σε υποπίεση ως προς το περιβάλλον και ισχύει ότι

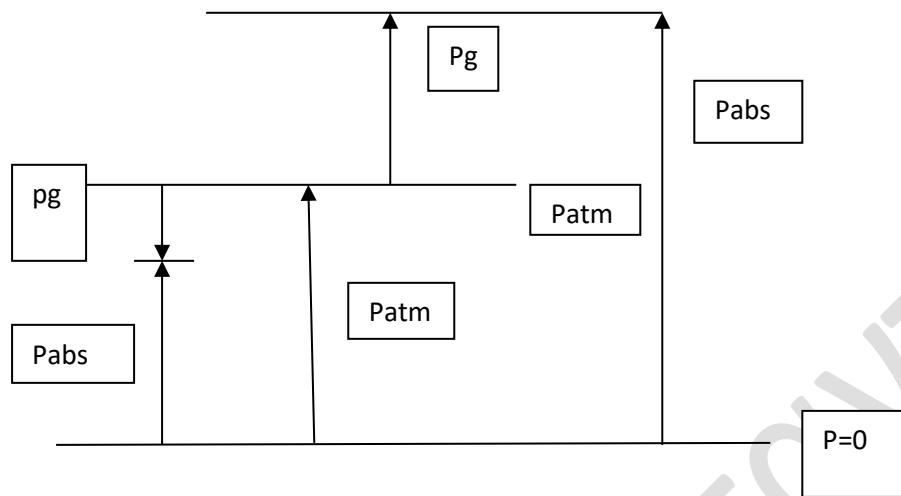
$$P_{abs} = P_{atm} - P_g,$$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών  
Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



ενώ αν η φορά είναι από το σύστημα προς το περιβάλλον τότε το σύστημα βρίσκεται σε υπερπίεση ως προς το περιβάλλον.

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

Όταν η απόλυτη πίεση αερίου μέσα σε χώρο είναι μικρότερη από την ατμοσφαιρική, τότε λέμε ότι μέσα στο χώρο επικρατεί κενό. Το κενό βρίσκεται αν από την ατμοσφαιρική πίεση αφαιρέσουμε την απόλυτη σύμφωνα με τη σχέση

$$\text{Κενό} = P_{\text{ατμοσφαιρική}} - P_{\text{απόλυτη}}$$

### 1.7 ΠΙΕΣΗ ΑΕΡΙΩΝ

Μια ποσότητα αερίου που ηρεμεί σε ένα δοχείο εξασκεί δύο ειδών πιέσεις στα τοιχώματα με τα οποία έρχεται σε επαφή.

1. Πίεση που προέρχεται από τη συνεχή και άτακτη κίνηση των μορίων του αερίου

Πίεση από το βάρος του αερίου

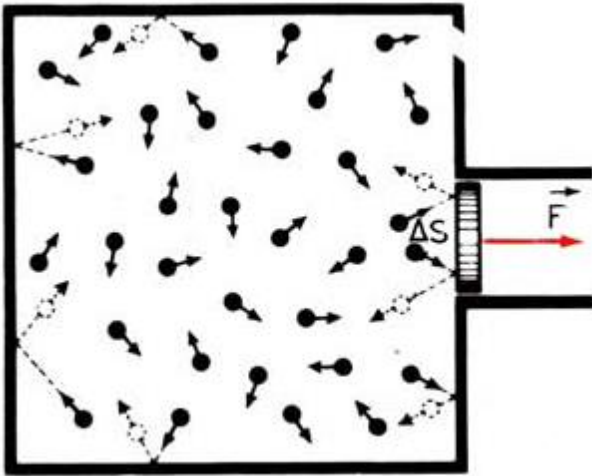
Πίεση που προέρχεται από τη συνεχή και άτακτη κίνηση των μορίων του αερίου

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Τα μόρια ενός αερίου που βρίσκονται σε ένα δοχείο κινούνται συνεχώς και ατάκτως προς όλες τις κατευθύνσεις με αποτέλεσμα να συγκρούονται και με τις πλευρές του δοχείου (ελαστική σύγκρουση) Άρα λοιπόν ασκείται μια πίεση στο δοχείο από το αέριο  $P=F/\Delta S$

1.8 Ορισμοί πιέσεων για τεχνικούς αερίων καυσίμων ( τεχνικός κανονισμός εσωτερικών εγκαταστάσεων φυσικού αερίου με πίεση λειτουργίας έως και 1 bar)

- ❖ Πίεση του αερίου. Είναι η μετρούμενη στατική υπερπίεση (ή ενεργός πίεση) έναντι της ατμοσφαιρικής πίεσης

**Η απόλυτη πίεση είναι ίση με το άθροισμα της υπερπίεσης ( πίεση οργάνου)και της ατμοσφαιρικής πίεσης. Η απόλυτη πίεση χρησιμοποιείται στις εφαρμογές των νόμων των αερίων. Οι αναφερόμενες πιέσεις είναι υπερπίεσεις. Π.χ. αν αναφέρουμε ότι το δίκτυο λειτουργεί με πίεση 1 bar αυτή είναι υπερπίεση.**

- ❖ Πίεση ηρεμίας είναι η πίεση του μη ρέοντος αερίου.
- ❖ Πίεση ροής είναι η πίεση του ρέοντος αερίου.
- ❖ Πίεση τροφοδοσίας είναι η πίεση του αγωγού τροφοδοσίας, με τον οποίο είναι συνδεδεμένη η τροφοδοτούμενη εγκατάσταση.
- ❖ Πίεση λειτουργίας (OP = operating pressure) είναι η πίεση αερίου η οποία εμφανίζεται σε ένα τμήμα της εγκατάστασης υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.
- ❖ Μέγιστη πίεση λειτουργίας( MOP = maximum operating pressure) είναι η μέγιστη πίεση αερίου η οποία εμφανίζεται σε ένα τμήμα της εγκατάστασης υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας.
- ❖ Πίεση ακροφυσίου είναι η πίεση ροής αμέσως πριν από το ακροφύσιο σε καυστήρες με προανάμιξη αέρα.



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

- ❖ Μέγιστη εμφανιζόμενη πίεση (MP = maximum incidental pressure) είναι η πίεση η οποία μπορεί να εμφανισθεί σε μια εγκατάσταση αερίου για σύντομο χρονικό διάστημα. Η πίεση αυτή περιορίζεται από τις διατάξεις ασφαλείας.
- ❖ Πίεση σχεδιασμού (DP = design pressure) εγκατάστασης σωληνώσεων είναι η πίεση για την οποία ο μελετητής θα καθορίσει τα υλικά και τις μεθόδους κατασκευής, ώστε η θεωρούμενη εγκατάσταση σωληνώσεων να αντέχει στη μέγιστη εμφανιζόμενη πίεση ή την πίεση στεγανότητας και αντοχής που εμφανίζεται
- ❖ Πίεση δοκιμής στεγανότητας είναι η πίεση που ασκείται κατά τη δοκιμή στεγανότητας
- ❖ Πίεση δοκιμής αντοχής (STP) είναι η πίεση που ασκείται κατά δοκιμή αντοχής

### 1.9 Η συνολική πίεση αερίου

Η συνολική πίεση ενός αερίου προκύπτει από το άθροισμα των μερικών πιέσεων των συστατικών του αερίου αν πρόκειται για μίγμα. Αν το αέριο περιέχει υδρατμούς και πρέπει να δοθεί μόνο η πίεση του ξηρού αερίου τότε πρέπει να αφαιρεθεί η μερική πίεση των υδρατμών  $p_u$ . Συχνά η μερική πίεση των υδρατμών δίνεται με τη μορφή  $p_u = \phi \cdot p_{kor}$  όπου  $\phi$  : η σχετική υγρασία και  $p_{kor}$  : η πίεση κορεσμού. Η πίεση κορεσμού των υδρατμών  $p_{kor}$  είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας.

### Εφαρμογές στις μετατροπές μονάδων πίεσης.

- Να μετατρέψετε τα 2 bar σε Pa, Psi και atm. (Οι μετατροπές να γίνουν με ακρίβεια εκατοστού) γνωρίζοντας ότι  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ,

$$1 \text{ Psi} = 6,89 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 9,81 \times 10^4 \text{ Pa}$$

Έτσι έχουμε:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \Rightarrow 2 \text{ bar} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Psi} = 6,89 \times 10^3 \text{ Pa} \Rightarrow \frac{1}{6,89 \times 10^3} \text{ Psi} = \frac{6,89 \times 10^3}{6,89 \times 10^3} \text{ Pa} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1 \text{ Pa} = \frac{1}{6,89 \times 10^3} \text{ Psi} (\text{σχέση 1})$$

Αφού υπολογίσαμε ότι τα  $2 \text{ bar} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$  αρκεί να βρούμε πόσα Psi είναι τα  $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Από τη σχέση 1 έχουμε :

$$1 \text{ Pa} = \frac{1}{6,89 \times 10^3} \text{ Psi} \Rightarrow 2 \times 10^5 \text{ Pa} = 2 \text{ bar} = \frac{2 \times 10^5}{6,89 \times 10^3} \text{ Psi}$$

$$2 \text{ bar} = 29,03 \text{ Psi}$$

Ομοίως θα εργαστούμε και για την μετατροπή των 2 bar σε atm

Από τη σχέση 2 έχουμε ότι:

$$1 \text{ Pa} = \frac{1}{9,81 \times 10^4} \text{ atm} \Rightarrow 2 \times 10^5 \text{ Pa} = 2 \text{ bar} = \frac{2 \times 10^5}{9,81 \times 10^4} \text{ atm} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2 \text{ bar} = 2,04 \text{ atm}$$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού  
Χρήσιμες μετατροπές που πρέπει να θυμάστε:

- ✓ Σχέση bar με atm, Pa και Psi

$$1 \text{ bar} = 1,02 \text{ atm}$$

$$1 \text{ bar} = 14,51 \text{ Psi}$$

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

- ✓ Σχέση atm με bar, Psi και Pa

$$1 \text{ atm} = 0,98 \text{ bar}$$

$$1 \text{ atm} = 14,22 \text{ Psi}$$

$$1 \text{ atm} = 9,8 \times 10^4 \text{ Pa}$$

- ✓ Σχέση Psi με bar, Pa και atm.

$$1 \text{ Psi} = 0,0689 \text{ bar}$$

$$1 \text{ Psi} = 0,0703 \text{ atm}$$

$$1 \text{ Psi} = 688,94 \text{ Pa} \text{ ή } 6,8894 \times 10^2 \text{ Pa}$$

### Ασκήσεις.

1. Να μετατρέψετε τα 10 Pa σε atm, Psi και bar.
2. Να μετατρέψετε τα 5 Psi σε atm, Pa και bar.
3. Να μετατρέψετε τα 15 bar σε atm, Pa και Psi.
4. Να μετατρέψετε τις 20 atm σε bar, Psi και Pa.

## 2. Η έννοια της πυκνότητας και του όγκου

### 2.1. Πυκνότητα

Το φυσικό μέγεθος πυκνότητα αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της ύλης και συμβολίζεται με το γράμμα  $\rho$ . Η πυκνότητα ενός σώματος ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας του ανά μονάδα όγκου:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Μονάδα μέτρησης της πυκνότητας στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το  $1 \text{ kg/m}^3$ . Αρκετά συχνά όμως σαν μονάδα χρησιμοποιείται και το γραμμάριο ανά κυβικό εκατοστό,  $1 \text{ gr/cm}^3$ .

Η πυκνότητα αποτελεί μια ένδειξη της θερμογόνου δύναμης του καυσίμου. Για την ίδια περιοχή απόστασης, μεγαλύτερη πυκνότητα σημαίνει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε αρωματικούς και ναφθενικούς υδρογονάνθρακες, ενώ μικρότερη πυκνότητα δείχνει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε παραφινικούς υδρογονάνθρακες, οι οποίοι είναι πιο πλούσιοι ενεργειακά και συνεπώς παρουσιάζουν αυξημένη θερμογόνο δύναμη.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Η πυκνότητα των υγρών σωμάτων μεταβάλλεται πολύ λίγο για μεγάλες μεταβολές πίεσης και θερμοκρασίας και γι' αυτό μπορούμε να την θεωρούμε πρακτικά σταθερή. Όσον αφορά τα αέρια σώματα, η πυκνότητα τους μεταβάλλεται εύκολα, όταν μεταβάλλεται η πίεση ή και η θερμοκρασία. Έτσι π.χ. μέσα στους σωλήνες οικιακής κατανάλωσης φυσικού αερίου που έχουμε πίεση περίπου 1030 mbar η πυκνότητα φυσικού αερίου είναι περίπου  $0,8 \text{ Kg/m}^3$ , ενώ στους αγωγούς διανομής κατανάλωσης που έχουμε απόλυτη πίεση 5 bar είναι περίπου  $4 \text{ Kg/m}^3$

### Κανονική κατάσταση

Για τη σύγκριση των μεγεθών που εξαρτώνται από την κατάσταση χρησιμοποιείται μια κατάσταση αναφοράς κοινή για όλα, η οποία καλείται κανονική κατάσταση. Αυτή χαρακτηρίζεται με το γράμμα  $n$  ως δείκτη και ορίζεται από την κανονική πίεση  $p_n=1,01325 \text{ bar}$  και την κανονική θερμοκρασία  $T_n = 273,15 \text{ K}$ . Αν ο όγκος μετρηθεί σε κανονικές συνθήκες, τότε ονομάζεται κανονικός όγκος  $V_n$  και μετριέται σε κανονικά κυβικά μέτρα  $\text{Nm}^3$ . Σε αρκετές περιπτώσεις όπως π.χ. στη μέτρηση της θερμογόνου δύναμης, χρησιμοποιείται ως κατάσταση αναφοράς αντί της κανονικής κατάστασης, η πρότυπη κατάσταση. Η πρότυπη κατάσταση ορίζεται από πίεση  $p_n=1,01325 \text{ bar}$ , θερμοκρασία  $\theta=15^\circ\text{C}$

### 2.2. Όγκος

Ο όγκος, που ονομάζεται επίσης και χωρητικότητα, είναι η ποσότητα του χώρου που καταλαμβάνει ένα αντικείμενο, δηλαδή μετράει πόσο χώρο πιάνει ένα αντικείμενο. Συμβολίζεται συνήθως με το αγγλικό γράμμα  $V$  (Volume).

Η διεθνής μονάδα μέτρησης είναι το κυβικό μέτρο ( $\text{m}^3$ ), δηλαδή ο όγκος ενός κύβου με πλευρά ένα μέτρο. Στο αγγλικό σύστημα το κυβικό foot ( $\text{ft}^3$ ), και γενικά σε κάθε διαφορετικό σύστημα μέτρησης αντιστοιχεί η "κυβική" μονάδα μέτρησης της απόστασης. Εξαιρούνται μονάδες μέτρησης που αναφέρονται συγκεκριμένα στον όγκο, όπως το ένα λίτρο  $1\text{L}=1\text{dm}^3$ , που χρησιμοποιούνται συνήθως στη μέτρηση του όγκου των ρευστών

Οι ποσότητες φυσικού αερίου οι οποίες διανέμονται από τις εταιρίες αερίου μετρούνται ως όγκοι  $V$  σε  $\text{m}^3$  (συνήθως κανονικοί όγκοι  $V_n$  σε  $\text{Nm}^3$ , ενώ οι ποσότητες των υγραερίων μετριούνται ως μάζες σε  $\text{kg}$ . Για να μετατρέψουμε τους όγκους των αερίων από συνθήκες λειτουργίας με πίεση  $P$  και απόλυτη θερμοκρασία  $T$  σε κανονικές συνθήκες (κανονική κατάσταση) ή και αντίστροφα, χρησιμοποιούμε τον νόμο των τελείων αερίων ( $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ), ο οποίος στην περίπτωση αυτή εκφράζεται με την εξίσωση  $V_n = V \cdot (p/p_n) \cdot (T_n/T)$

Σε όλους τους υπολογισμούς ποσοτήτων αερίων πρέπει να προσεχθεί η υγρασία του αερίου, ενώ σε υπολογισμούς όγκου πρέπει να προσεχθούν επιπλέον η πίεση και η θερμοκρασία. Έτσι στον υπολογισμό μιας ποσότητας αερίου περιλαμβάνεται πάντοτε ο προσδιορισμός της κατάστασης λειτουργίας.

Νόμος των αερίων (καταστατική εξίσωση)

Στα αέρια η απόλυτη πίεση  $P$ , η απόλυτη θερμοκρασία  $T$  και ο όγκος  $V$  συνδέονται με μια εξίσωση την οποία ονομάζουμε καταστατική εξίσωση

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \Rightarrow PV = m \cdot R \cdot T / M$$

Όπου  $n$  : η ποσότητα ύλης του αερίου σε  $\text{Kmol}$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού  
m: η μάζα του αερίου σε kg

R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων  $R=8,314 \text{ KJ /kmol}\cdot\text{K}$

M: η μοριακή μάζα του σε Kg/ kmol .

Από την καταστατική εξίσωση βγάζουμε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

1. Αν ο όγκος είναι σταθερός, αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί ανάλογη της πίεσης
2. Αν η θερμοκρασία είναι σταθερή, τότε αύξηση της πίεσης θα προκαλέσει αντιστρόφως ανάλογη μείωση του όγκου ή το αντίστροφο μείωση της πίεσης θα προκαλέσει ανάλογη αύξηση του όγκου.

**ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΑΕΡΙΩΝ (ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ, ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ, ΙΞΩΔΕΣ, ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ)**

### ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η πυκνότητα ( $\rho$ ) είναι ο λόγος της μάζας προς τον όγκο του αερίου σε  $\text{Kg/m}^3$ . Δίνει τη μάζα για  $1\text{m}^3$  αερίου. Στην κανονική κατάσταση προκύπτει η κανονική πυκνότητα ( $\rho_n$ ). Στην τεχνική των αερίων χρησιμοποιείται αντί της πυκνότητας η σχετική πυκνότητα.

### Η ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η σχετική πυκνότητα ( $d$ ) είναι ο λόγος της πυκνότητας του αερίου προς την πυκνότητα του ξηρού αέρα για την ίδια πίεση και θερμοκρασία. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 437 ως κατάσταση αναφοράς λαμβάνεται η πρότυπη κατάσταση.

$$d = \frac{\rho_n, \text{αερίου}}{\rho_n, \text{αέρα}}$$

### 2.1 ΙΞΩΔΕΣ

Η λέξη ιξώδες προέρχεται από τη λέξη ιξός (τη γνωστή κολλώδη ουσία που περιβάλλει κάποιους καρπούς) και σημαίνει το κολλώδες. Γενικά όμως με τον όρο ιξώδες στη Χημεία και στη Φυσική χαρακτηρίζεται μία από τις ιδιότητες της ύλης, ιδίως των υγρών αλλά και των αερίων, και συγκεκριμένα η αντίσταση που παρουσιάζουν κατά τη ροή τους. Για παράδειγμα, διαφορετικά ρέουν το μέλι, το λάδι και το νερό.

Ιξώδες είναι η εσωτερική τριβή σε ένα ρευστό. Οι δυνάμεις τριβής αντιτίθενται στην κίνηση ενός τμήματος του ρευστού ως προς ένα άλλο τμήμα του. Η αντίσταση αυτή που παρουσιάζουν τα ρευστά οφείλεται στις εσωτερικές τριβές των μορίων τους από δυνάμεις συνοχής, σε βαθμό που το ίδιο το ιξώδες να αποτελεί μέτρο αντίστασης του υγρού στη ροή και που εξετάζεται ιδιαίτερα από την υδροδυναμική.

- Το μέτρο του ιξώδους είναι ο συντελεστής συνεκτικότητας ή συντελεστής εσωτερικής τριβής ή συντελεστής ιξώδους του υγρού. Όσο πιο παχύρρευστο είναι ένα υγρό, τόσο μεγαλύτερο ιξώδες λέμε ότι έχει, π.χ. το μέλι έχει μεγαλύτερο ιξώδες από το λάδι.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Όταν αυξάνει η θερμοκρασία αυξάνουν και οι μέσες αποστάσεις μεταξύ των μορίων, επομένως μικραίνουν τα μέτρα των διαμοριακών δυνάμεων, και γι' αυτό μικραίνει και το μέτρο της μακροσκοπικής ελκτικής δυνάμεως  $dF$ .

Επομένως όταν αυξάνει η θερμοκρασία ελαττώνεται το ιξώδες.

Αυτό ισχύει στην περίπτωση των υγρών αλλά όχι και των αερίων, στα οποία οι διαμοριακές δυνάμεις είναι από πολύ μικρές μέχρι αμελητέες σε σύγκριση με τις αντίστοιχες των υγρών.

Το ιξώδες των αερίων οφείλεται σε συγκρούσεις μεταξύ των μορίων κατά την κίνησή τους. Η πιθανότητα να συμβεί μια σύγκρουση αυξάνει με τη θερμοκρασία με αποτέλεσμα το ιξώδες να αυξάνει όταν αυξάνει η θερμοκρασία

Το ιξώδες μετριέται με ειδικό όργανο που λέγεται ιξωδόμετρο. Η μέτρηση γίνεται σε βαθμούς, που σήμερα σε χρήση είναι οι "βαθμοί Engler", ή "βαθμοί Redwood", ή "βαθμοί Saybott" που παρέχονται από το εγχειρίδιο του, κατά περίπτωση χρήσης τύπου, ομώνυμου οργάνου.

Σημείωση: Αντίθετος όρος του ιξώδους, κατά έννοια και κατά μέτρο είναι η ρευστότητα, έτσι ένα υγρό που παρουσιάζει μεγάλο ιξώδες έχει μικρή ρευστότητα, και αντίστροφα.

### Θερμοδυναμικές διαδικασίες-μεταβολές, διαγράμματα p-V, παραδείγματα, ασκήσεις

#### Πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα

Το πρώτο Θερμοδυναμικό αξίωμα είναι ουσιαστικά, η αρχή διατήρησης της ολικής ενέργειας και ορίζει ότι: «Η ενέργεια δεν χάνεται, μετατρέπεται από την μια μορφή στην άλλη χωρίς να καταστρέφεται».

#### Ποσοτική σχέση του 1<sup>ου</sup> θερμοδυναμικού αξιώματος.

Το ποσό θερμότητας  $Q$  που δίνεται σε ένα αέριο, χρησιμοποιείται αφ' ενός για την αύξηση της εσωτερικής του ενέργειας  $\Delta U$  και αφ' ετέρου για την παραγωγή έργου  $W$ .

$Q = W + \Delta U$  (μαθηματική έκφραση του 1<sup>ου</sup> θερμοδυναμικού αξιώματος).

#### Ενέργεια, θερμότητα, έργο

#### ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΕΡΓΟ, ΣΥΜΠΙΕΣΗ, ΑΠΟΣΥΜΠΙΕΣΗ

##### 1.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑ

##### 1.2 ΕΡΓΟ

Στη φυσική, το έργο είναι το γινόμενο μιας δύναμης( $F$ ) επί τη μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της ( $S$ )

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού  
 $W=F \cdot S$ .

Εναλλακτικά, μπορεί να ειπωθεί ότι είναι η [ενέργεια](#) που μια δύναμη μεταφέρει σε ένα κινούμενο σώμα. Συμβολίζεται με το αγγλικό γράμμα  $W$

Μονάδες μέτρησης έργου- ενέργειας και θερμότητας

1 Joule=1N\*m

1 N*m	=1J
1 W*s	= 1J
1 dyn*cm	=10 <sup>7</sup> J
1 erg	=10 <sup>7</sup> J
1 kpm	=9,8067 J
1 kcal	=4,1868x10 <sup>3</sup> J
1 kWh	=3,6x10 <sup>6</sup> J
1 PSh	=2,6478x10 <sup>6</sup> J
1 HPh (Αγγλίας)	=2,6845x10 <sup>6</sup> J
1 ft*lbf(force)	=1,3558 J
1BTU	=1,0551x10 <sup>3</sup> J
1 eV ( ηλεκτρονιοβόλτ)	= 1,602x10 <sup>-19</sup> J

Στη θερμοδυναμική το έργο ορίζεται κάπως διαφορετικά απ' ότι στην [κινηματική](#), και έχει να κάνει με μεταβολές όγκου του αερίου που μελετάμε

Το έργο ενός αερίου σε μια [αντιστρεπτή μεταβολή](#) είναι η ενέργεια που ανταλλάσσει το αέριο με το περιβάλλον λόγω της μεταβολής του [όγκου](#) του. Δίνεται από τον τύπο:  $\Delta W = p \Delta V$ , όπου  $p$  είναι η [πίεση](#) που ασκεί το αέριο και  $\Delta V$  η μεταβολή του όγκου του. Από την παραπάνω σχέση είναι φανερό ότι το έργο είναι θετικό όταν το αέριο εκτονώνεται (αυξάνεται ο όγκος του) και αρνητικό όταν συμπιέζεται (μειώνεται ο όγκος του). Επίσης το έργο σε μια αντιστρεπτή μεταβολή είναι αριθμητικά ίσο με το εμβαδόν της επιφάνειας μεταξύ της γραφικής παράστασης της μεταβολής και του άξονα  $V$ , στο [διάγραμμα P-V](#). Στην [ισόχωρη αντιστρεπτή μεταβολή](#), όπου δεν έχουμε μεταβολή όγκου, το έργο είναι μηδέν.

Έργο παραγόμενο κατά τη διάρκεια μεταβολών όγκου, παραδείγματα, ασκήσεις

Διάδοση θερμότητας κατά τη διάρκεια μεταβολών όγκου, παραδείγματα, ασκήσεις

Εσωτερική ενέργεια θερμοδυναμικού συστήματος, το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα, παραδείγματα, ασκήσεις

Θερμοδυναμικές μεταβολές, αδιαβατική μεταβολή, ισόχωρη μεταβολή, ισοβαρής μεταβολή, ισόθερμη μεταβολή

### Ορισμός θερμικού κύκλου

Ως Θερμικός κύκλος λειτουργίας ενός θερμικού κινητήρα ορίζεται το σύνολο των μεταβολών που υφίσταται ο ατμοσφαιρικός αέρας εντός αυτού και που επαναλαμβάνονται συνεχώς και κατά περιοδικό τρόπο, με αποτέλεσμα την παραγωγή του κινητηρίου έργου από την θερμική μηχανή.

**B Εξάμηνο (4 ώρες)**

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

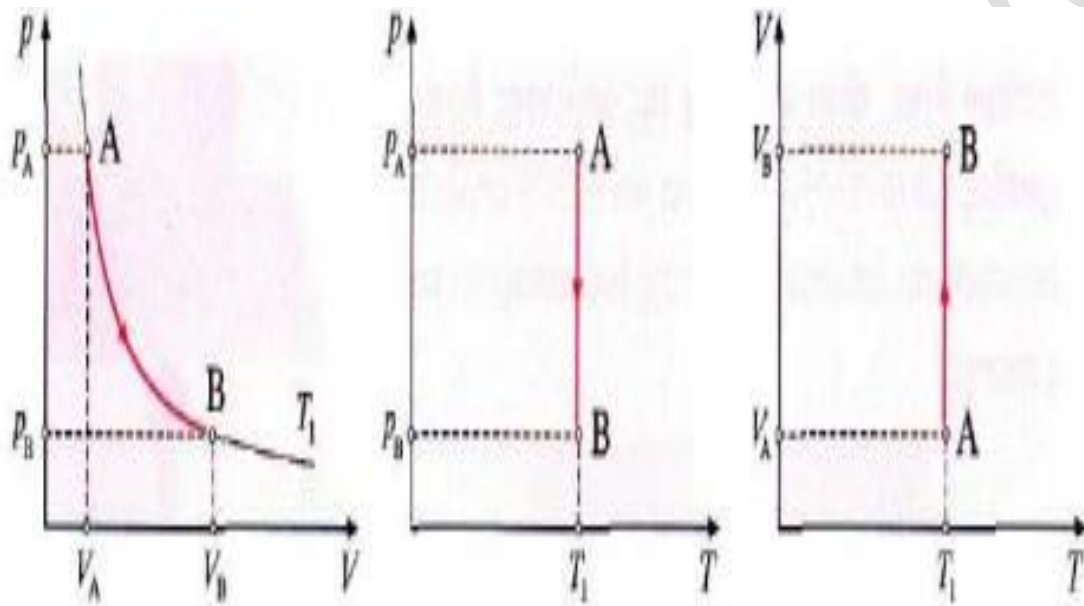
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**1.2 Μεταβολές αερίων**

**1.2.1 Ισοθερμοκρασιακή μεταβολή**

- Νόμος του Boyle:  $P \cdot u = \text{σταθερό}$  Για  $T = \text{σταθερό}$
- Η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου, υπό σταθερή θερμοκρασία, είναι αντιστρόφως ανάλογη του όγκου (το αντιστρόφως ανάλογη σημαίνει ότι όταν διπλασιάζεται ο όγκος, η πίεση υποδιπλασιάζεται).
- 1<sup>ος</sup> θερμοδυναμικός νόμος:  $Q = \Delta U + W$

$\Delta U=0$  ΚΑΙ  $Q = W = P_1 \cdot V_1 \cdot \ln V_2/V_1 = P_1 \cdot V_1 \cdot \ln P_1/P_2$



Εικόνα. Διαγράμματα P-V, P-T και V-T ισόθερμης μεταβολής

**1.2.2 Ισόογκη μεταβολή**

- Νόμος του Charles:  $P / T = \text{σταθερό}$  Για  $U = \text{σταθερό}$
- Η πίεση ορισμένης ποσότητας αερίου, υπό σταθερό όγκο, είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας του (ανάλογη σημαίνει ότι όταν η απόλυτη θερμοκρασία διπλασιάζεται, τότε διπλασιάζεται και η πίεση)
- 1<sup>ος</sup> θερμοδυναμικός νόμος:  $Q = \Delta U + W$

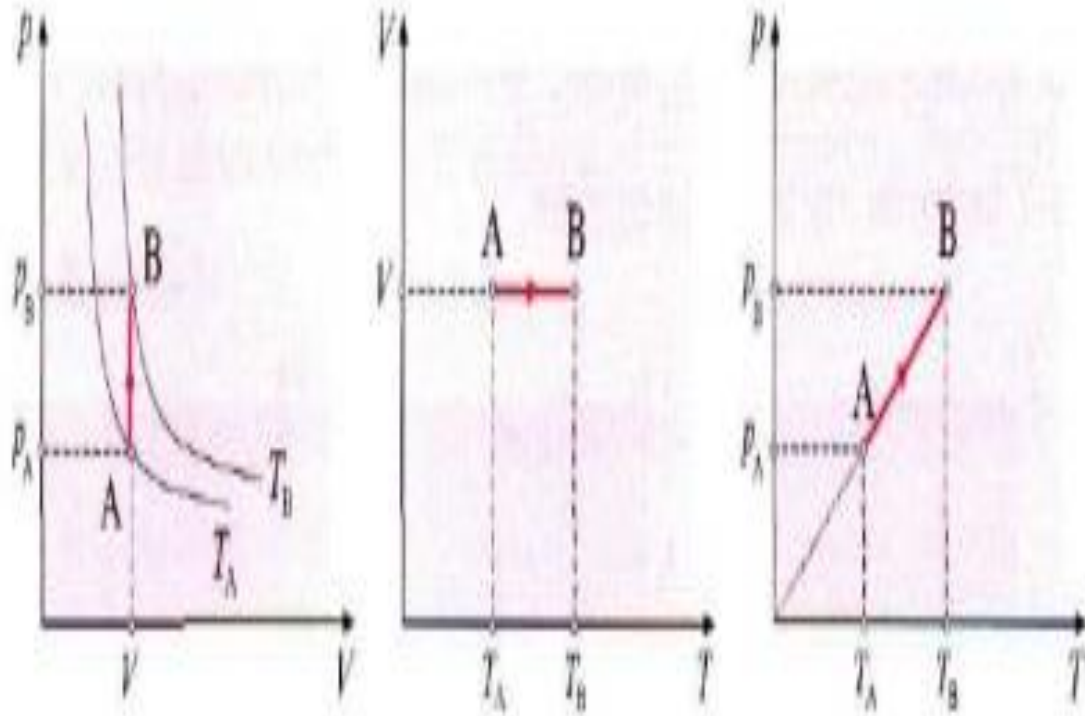
$W = 0$  ΚΑΙ  $Q = \Delta U = m \cdot C_v \cdot \Delta T$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Εικόνα . Διαγράμματα P-V, P-T και V-T ισόογκης μεταβολής

### 1.2.3 Ισόθλιπτη μεταβολή

- Νόμος του GAY - LUSSAC:  $V / T = \text{σταθερό}$  Για  $P = \text{σταθερό}$
- Ο όγκος, υπό σταθερή πίεση, είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας
- 1<sup>ος</sup> θερμοδυναμικός νόμος:  $Q = \Delta U + W$

$$m \cdot C_p \cdot \Delta T = m \cdot C_v \cdot \Delta T + P \cdot \Delta V \text{ ΟΜΩΣ } P \cdot V = m \cdot R \cdot \Delta T \text{ ΑΡΑ } m \cdot C_p \cdot \Delta T = m \cdot C_v \cdot \Delta T + m \cdot R \cdot \Delta T \Rightarrow C_p = C_v + R$$

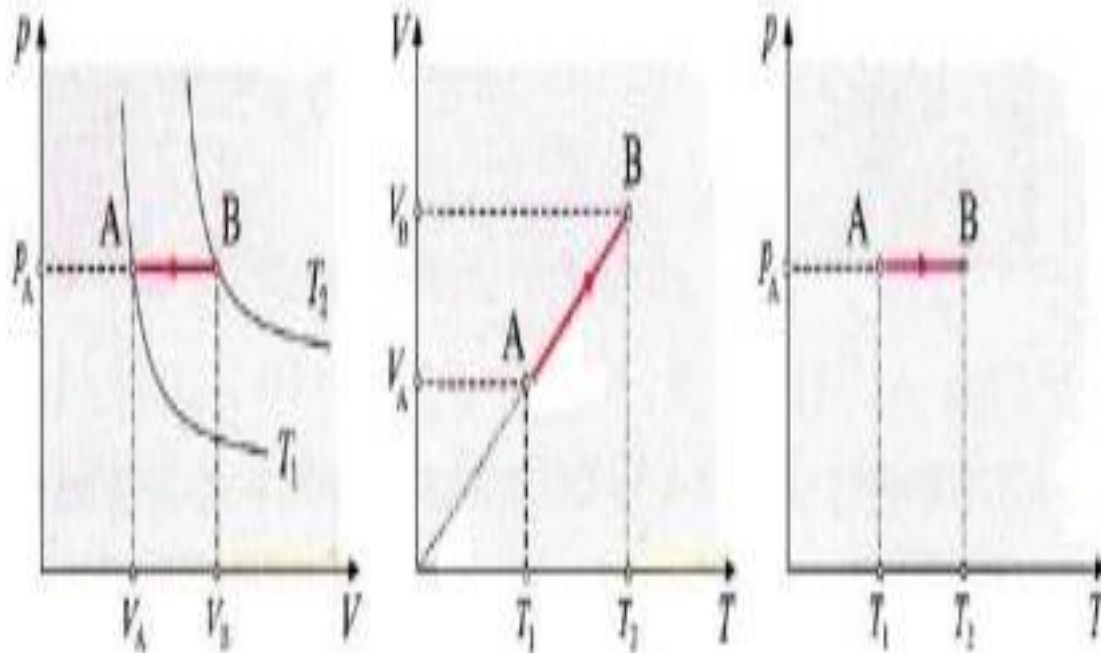


## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Εικόνα . Διαγράμματα P-V, P-T και V-T ισόθλιπτης μεταβολής

#### 1.2.4 Αδιαβατική μεταβολή

Αδιαβατική μεταβολή ιδανικού αερίου είναι η μεταβολή η οποία συμβαίνει χωρίς το αέριο να ανταλλάσσει θερμότητα με το περιβάλλον ( $Q=0$ )

1<sup>ος</sup> θερμοδυναμικός νόμος:  $W=-\Delta U$

Νόμος του Poisson:  $P \cdot V^\gamma = \text{σταθερό}$  , όπου  $\gamma=C_p/C_v$

Οι αδιαβατικές μεταβολές χωρίζονται σε:

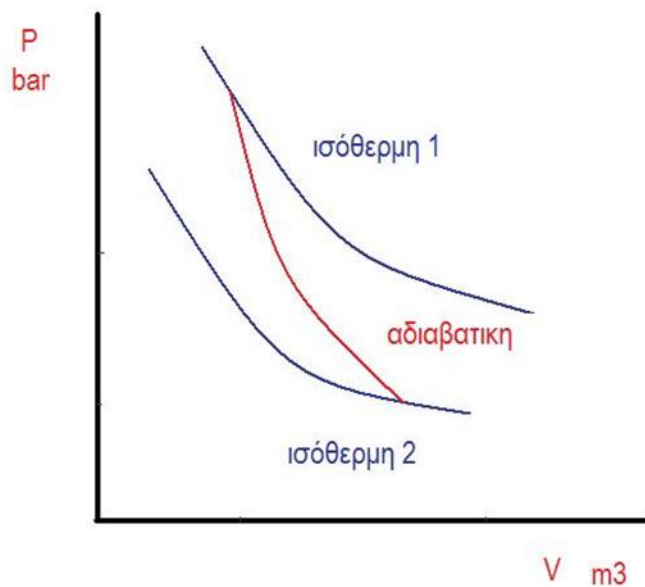
1. Αδιαβατικές εκτονώσεις/ψύξεις, όπου αυξάνεται ο όγκος και μειώνεται η θερμοκρασία του αερίου.
2. Αδιαβατικές συμπίεσεις/θερμάνσεις, όπου ο όγκος μειώνεται και η θερμοκρασία του αερίου αυξάνεται.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Αδιαβατική μεταβολή (κλειστό σύστημα) : Δεν παρατηρείται διάδοση θερμότητας προς ή από το σύστημα:  $Q = 0$  Άρα ισχύει ότι:  $\Delta U = -W$ .

Για ανοικτά συστήματα χρησιμοποιώντας τα ειδικά μεγέθη είναι:  $h_2 - h_1 = -w_{1-2}$

**Τέλειο αέριο βρίσκεται σε κύλινδρο με έμβολο που κινείται ελεύθερα. Η πίεσή του είναι 200 kPa και ο όγκος του είναι 0,02 m³. Το αέριο θερμαίνεται υπό σταθερή πίεση σε τελικό όγκο 0,03 m³. Αν η μεταβολή της ενθαλπίας κατά τη διεργασία είναι 5000 J, να βρεθεί η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας του αερίου (το σύστημα είναι κλειστό).**

Εφαρμόζουμε το πρώτο Θερμοδυναμικό αξίωμα. Η μεταβολή γίνεται υπό σταθερή πίεση άρα είναι ισόβαρης, οπότε ισχύει ότι:

$$\Delta H = \Delta U + p \cdot \Delta V$$

Όπου  $\Delta H$  : η μεταβολή της ενθαλπίας

$\Delta U$  : η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας

P: η σταθερή πίεση

$\Delta V$  : η μεταβολή του όγκου ( τελικός όγκος – αρχικός όγκος)

Κάνοντας αντικατάσταση έχω:

$$5000 \text{ J} = \Delta U + 200 \text{ kPa} (0,03 - 0,02) \text{ m}^3$$

$$5000 \text{ J} = \Delta U + 200 \text{ kPa} (0,01) \text{ m}^3$$

$$5000 \text{ J} = \Delta U + 200000 \text{ Pa} (0,01) \text{ m}^3$$

$$5000 \text{ J} = \Delta U + 200000 \text{ N/m}^2 (0,01) \text{ m}^3$$

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

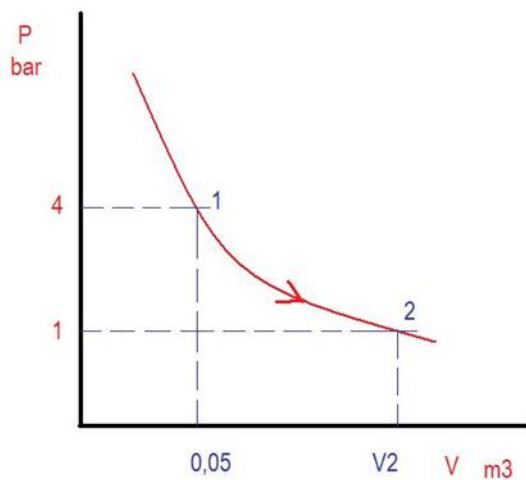
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού  
 $5000 \text{ J} = \Delta U + 200000 \text{ N} (0,01) \text{ m}$

$$5000 \text{ J} = \Delta U + 2000 \text{ J} \Rightarrow \Delta U = 5000 \text{ J} - 2000 \text{ J} = 3000 \text{ J}$$

Οπότε η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας για την παραπάνω μεταβολή είναι:

$$\Delta U = 3 \text{ KJ}$$

Τέλειο αέριο αρχικής πίεσης 4 bar και όγκου  $0,05 \text{ m}^3$  εκτονώνεται υπό σταθερή θερμοκρασία σε πίεση 1 bar . Να παρασταθεί η μεταβολή σε διάγραμμα P-V και να βρεθεί ο όγκος του αερίου στην τελική κατάσταση. (Το σύστημα είναι κλειστό).



Για κάθε ισόθερμη μεταβολή ισχύει ότι :  $P \cdot V = \text{σταθερό}$ , Άρα:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow 4 \cdot 0,05 = 1 \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = 0,2 \text{ m}^3$$

Για την ισόχωρη μεταβολή να δώσετε παράσταση σε διάγραμμα P-V και τη μαθηματική έκφρασή της (νόμος Charles). Δείξτε ότι τόσο στα ανοιχτά όσο και στα κλειστά συστήματα η θερμότητα που εναλλάσσεται με το περιβάλλον σε μια ισόογκη μεταβολή ισούται με τη διαφορά της εσωτερικής ενέργειας (τέλειο αέριο).

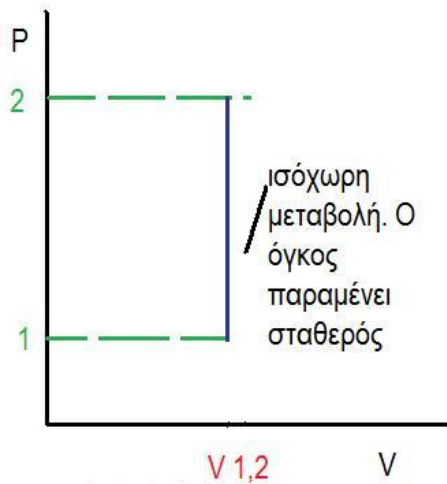
A) Διάγραμμα P-V ισόχωρης μεταβολής

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Β) Νόμος του Charles «Κατά τις μεταβολές μιας ορισμένης ποσότητας μάζας αερίου υπό σταθερό όγκο, το πηλίκο της πίεσης της προς την απόλυτη θερμοκρασία είναι σταθερό»

Μαθηματική έκφραση:

$$\frac{P}{T} = \text{σταθερό}$$

Γ) Απόδειξη ότι τόσο στα ανοιχτά όσο και στα κλειστά συστήματα η θερμότητα που συναλλάσσεται με το περιβάλλον σε μια ισόογκη μεταβολή ισούται με τη διαφορά της εσωτερικής ενέργειας (τέλειο αέριο)

1<sup>η</sup> Περίπτωση. Κλειστά συστήματα.

- Εφαρμόζουμε το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα

$$Q = \Delta U + W$$

Το έργο  $W$  μιας ογκομεταβολής από το σημείο 1 στο σημείο 2 ισούται με  $W_{12} = P \cdot dV$ , όμως η μεταβολή όγκου  $dV$  είναι μηδέν αφού ο όγκος παραμένει σταθερός άρα  $Q = \Delta U$ , δηλαδή η θερμότητα ( $Q$ ) που συναλλάσσεται με το περιβάλλον σε μια ισόογκη μεταβολή ισούται με τη διαφορά της εσωτερικής ενέργειας ( $\Delta U$ ) (τέλειο αέριο)

2<sup>η</sup> Περίπτωση. Ανοικτά συστήματα.

Η ειδική θερμότητα για μια ογκομεταβολή  $1 \rightarrow 2$  σε ανοικτό σύστημα είναι

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

$Q_{12}=h_2-h_1 -V(P_2-P_1)\Rightarrow Q_{12}=h_2- V^*P_2- (h_1 -V^*P_1)$ . Όμως  $h_2- V^*P_2=U_2$  και  $h_1 -V^*P_1= U_1$  άρα  $Q_{12}=U_2-U_1\Rightarrow Q_{12}=\Delta U$ , δηλαδή η θερμότητα (Q) που συναλλάσσεται με το περιβάλλον σε μια ισόογκη μεταβολή ισούται με τη διαφορά της εσωτερικής

### 1.3 Οι θεωρητικοί θερμοδυναμικοί κύκλοι

Οι θεωρητικοί θερμοδυναμικοί κύκλοι θεωρούνται κλειστοί και συνεπώς θεωρείται ότι δεν υπάρχει επαφή του εργαζόμενου μέσου με το εξωτερικό περιβάλλον.

Ακολουθούν τα διαγράμματα Πίεσης (p) ειδικού όγκου (v) των θερμοδυναμικών κύκλων που χρησιμοποιούνται στις ΜΕΚ (Otto, Diesel και Μικτός).

#### 1.3.1 Χρησιμότητα θεωρητικών κύκλων λειτουργίας

Ο θεωρητικός κύκλος λειτουργίας ενός τετράχρονου κινητήρα δεν ταυτίζεται με τον αντίστοιχο πραγματικό ανοιχτό κύκλο λειτουργίας του αλλά αποτελεί μια θεωρητική προσέγγισή του, με βάση τους γνωστούς θερμοδυναμικούς κύκλους Otto, Diesel και μικτό. Η προσέγγιση αυτή χρειάζεται για να συγκρίνεται η λειτουργία ενός κινητήρα με θερμοδυναμικούς κύκλους, που αποτελούν μια απλή και γνωστή βάση για σύγκριση.

#### Εσωτερική ενέργεια ιδανικού αερίου

Εσωτερική ενέργεια ενός σώματος ονομάζεται το σύνολο των ενεργειών κάθε μορφής που έχουν τα άτομα και τα μόρια του σώματος. Σύμβολο της εσωτερικής ενέργειας είναι το γράμμα U και μονάδες της είναι το Joule, το cal και το BTU.

#### Θερμοχωρητικότητες ιδανικού αερίου

##### 1.1 ΘΕΡΜΟΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η Θερμοχωρητικότητα είναι όρος της φυσικής και ιδιαίτερα της θερμοδυναμικής, που σε απλή απόδοση, πρόκειται για την ενέργεια που χρειάζεται για να θερμανθεί ή να ψυχθεί ένα σώμα.

Συγκεκριμένα με τον όρο αυτό ορίζεται η ποσότητα της θερμότητας που παράγεται ή απορροφάται από κάποιο σώμα όταν η θερμοκρασία του μεταβληθεί κατά ένα βαθμό Κελσίου. Έτσι η θερμοχωρητικότητα ενός σώματος βρίσκεται αν πολλαπλασιαστεί η μάζα του επί της ειδικής θερμότητας.

$\Theta=m*c$ , όπου m η μάζα του σώματος και c η ειδική θερμότητα του υλικού του σώματος.

Ειδική θερμότητα c είναι ο λόγος της θερμότητας  $\Delta Q$  που προσφέρεται σε ένα σώμα σε σχέση με την ανύψωση της θερμοκρασίας του  $\Delta T$  κατά ένα βαθμό ονομάζεται

$$C = \Delta Q/\Delta T.$$

- Η ειδική θερμοχωρητικότητα αναφέρεται στη μονάδα της μάζας, ενώ η γραμμομοριακή θερμότητα αναφέρεται σε ένα mole του υλικού.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**Ορισμός και μαθηματικές εκφράσεις για την ειδική θερμότητα υπό σταθερή πίεση και υπό σταθερό όγκο τελείου αερίου. Σχέσεις με τις οποίες συνδέονται μεταξύ τους;**

Ειδική θερμότητα τελείου αερίου υπό σταθερό όγκο  $C_v$  ονομάζεται το πηλίκο του ποσού θερμότητας  $Q_v$  που πρέπει να προστεθεί σε μάζα  $m$  του αερίου για να αυξηθεί η θερμοκρασία της κατά  $\Delta\theta$ , προς το γινόμενο της μάζας  $m$  επί την αύξηση της θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  με την προϋπόθεση ότι ο όγκος της μάζας  $m$  του αερίου παραμένει σταθερός κατά τη θέρμανση αυτή.

$$C_v = Q_v / (m \cdot \Delta\theta)$$

Ειδική θερμότητα τελείου αερίου υπό σταθερό πίεση  $C_p$  ονομάζεται το πηλίκο του ποσού θερμότητας  $Q_p$  που πρέπει να προστεθεί σε μάζα  $m$  του αερίου για να αυξηθεί η θερμοκρασία της κατά  $\Delta\theta$ , προς το γινόμενο της μάζας  $m$  επί την αύξηση της θερμοκρασίας  $\Delta\theta$  με την προϋπόθεση ότι η πίεση της μάζας  $m$  του αερίου παραμένει σταθερή κατά τη θέρμανση αυτή.

$$C_p = Q_p / (m \cdot \Delta\theta)$$

Οι σχέσεις που συνδέονται μεταξύ τους είναι:

$$C_p = C_v + R$$

$$C_p / C_v = \gamma$$

Αδιαβατικές μεταβολές ιδανικού αερίου, παραδείγματα, ασκήσεις

### Δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα

Το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, όπως αυτό εκφράστηκε από τον Clausius (1850) και εφαρμόζεται στις ψυκτικές μηχανές ορίζει ότι: « Δεν είναι δυνατή η μεταφορά θερμότητας από μια θερμοκρασία σε άλλη υψηλότερη, χωρίς κατανάλωση έργου».

Κατευθύνσεις θερμοδυναμικών διαδικασιών, αντιστρεπτές και μη αντιστρεπτές μεταβολές

Κυκλικές μεταβολές, θερμικές μηχανές, ΜΕΚ, κύκλοι, Otto και Diesel, βαθμός απόδοσης θερμικής μηχανής, παραδείγματα, ασκήσεις

**θεωρητική λειτουργία τετράχρονου βενζινοκινητήρα**

**1<sup>ος</sup> χρόνος : εισαγωγή.**

Το έμβολο βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Η βαλβίδα εισαγωγής είναι έτοιμη να ανοίξει ενώ η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή. Το έμβολο κινείται από το άνω νεκρό σημείο προς το κάτω νεκρό σημείο με αποτέλεσμα μέσα στον κύλινδρο να έχουμε υποπίεση. Λόγω της υποπίεσης αναρροφάται από τη βαλβίδα εισαγωγής που έχει ανοίξει καύσιμο μίγμα σε θερμοκρασία από 15<sup>o</sup> C - 25<sup>o</sup> C και πίεση ατμοσφαιρική. Ο

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

1<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο όπου και κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής.

### 2<sup>ος</sup> χρόνος: συμπίεση

Το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές. Το έμβολο κινείται από το κάτω νεκρό σημείο προς το άνω νεκρό σημείο με αποτέλεσμα το καύσιμο μίγμα να συμπιέζεται. Αποτέλεσμα της συμπίεσης είναι η αύξηση πίεσης και θερμοκρασίας του μίγματος [ πίεση 8 – 15 Atm (ατμόσφαιρες) και θερμοκρασία από 250<sup>0</sup> C - 380<sup>0</sup> C. Μεγαλύτερη συμπίεση αποφεύγεται γιατί θα προκαλούσε μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας από την οποία θα είχαμε πρόωρη ανάφλεξη του μίγματος]. Ο 2<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο

### 3<sup>ος</sup> χρόνος: έκρηξη- εκτόνωση

Το έμβολο βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές. Το μπουζί δίνει ηλεκτρικό σπινθήρα στο συμπιεσμένο καύσιμο μίγμα με αποτέλεσμα την έκρηξη του μίγματος. Από την έκρηξη αναπτύσσεται θερμοκρασία μέσα στον κύλινδρο από 1500<sup>0</sup> C - 2500<sup>0</sup> C και πίεση από 25Atm-50 Atm. Με αυτή την πίεση των καυσαερίων το έμβολο κινείται με μεγάλη δύναμη προς το κάτω νεκρό σημείο. Ο 3<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο όπου τα καυσαέρια έχουν εκτονωθεί με αποτέλεσμα την πτώση της πίεσης και της θερμοκρασίας τους [πίεση από 2,5Atm- 3,0 Atm και θερμοκρασία από 400<sup>0</sup> C - 500<sup>0</sup> C. Ο 3<sup>ος</sup> χρόνος λειτουργίας μιας τετράχρονης μηχανής εσωτερικής καύσης ονομάζεται ενεργός ή ωφέλιμος χρόνος διότι είναι ο μόνος χρόνος που παράγεται έργο για τις ανάγκες λειτουργίας του κινητήρα

### 4<sup>ος</sup> χρόνος: Εξαγωγή

Το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο. Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι κλειστές ενώ η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει. Το έμβολο κινείται από το κάτω νεκρό σημείο προς το άνω νεκρό σημείο με αποτέλεσμα να απομακρύνονται τα καυσαέρια από τη βαλβίδα εξαγωγής. Ο 4<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο όπου και ο κύλινδρος έχει καθαρίσει από καυσαέρια και η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει.

### Διάγραμμα P-V

#### Χάραξη διαγράμματος βήμα-βήμα.

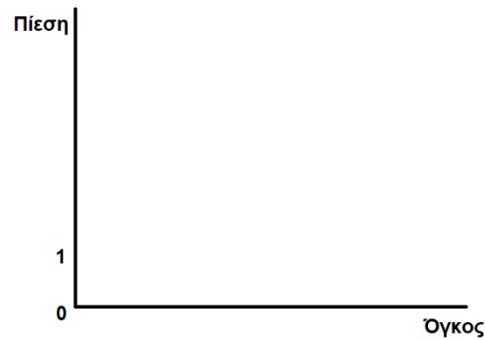
1<sup>ο</sup> βήμα: Κατασκευάζω το σύστημα αξόνων πίεσης -όγκου (P-V)

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

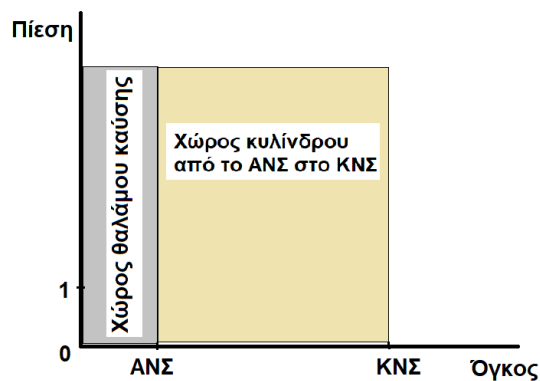
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

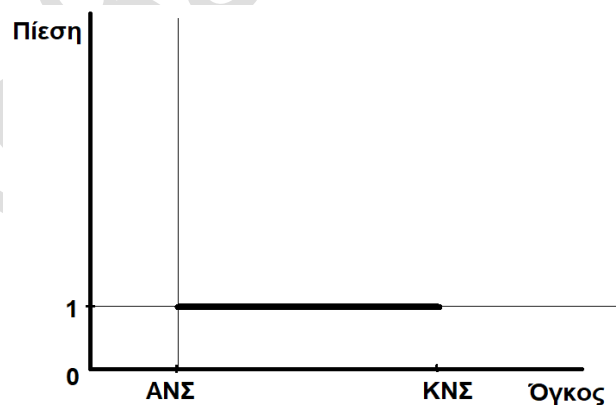
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Βήμα 2<sup>ο</sup> : Ορίζω τα σημεία που αντιστοιχούν στο Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) και στο Κάτω Νεκρό Σημείο. Η περιοχή από το 0 έως τον όγκο που αντιστοιχεί στο ΑΝΣ παριστάνει τον χώρο καύσης του κυλίνδρου.



Βήμα 3<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω τη μεταβολή που αντιστοιχεί στον 1<sup>ο</sup> χρόνο (εισαγωγή). Το έμβολο καθώς κινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ, ο όγκος στον κύλινδρο αυξάνει. Η μεταβολή αυτή στη θεωρητική λειτουργία γίνεται με σταθερή πίεση (ισοβαρής μεταβολή). Μια ισοβαρής μεταβολή παριστάνεται με ευθεία κάθετη στον άξονα των πιέσεων ή παράλληλη στον άξονα των όγκων. Η ευθεία ξεκινά από το σημείο των όγκων που αντιστοιχεί στο ΑΝΣ και φτάνει μέχρι το σημείο των όγκων που αντιστοιχεί στο ΚΝΣ, όπου και ολοκληρώνεται ο 1<sup>ος</sup> χρόνος.





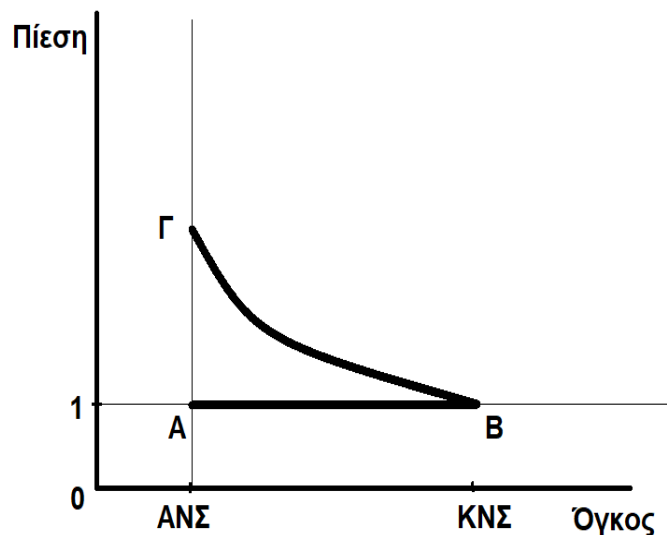
## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

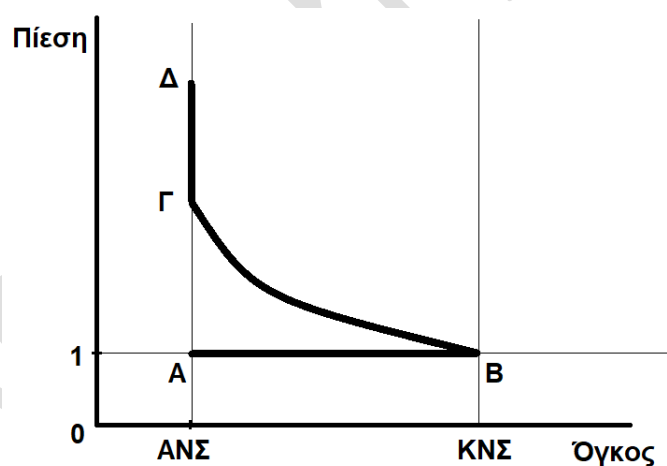
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Βήμα 4<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω την καμπύλη που αντιστοιχεί στον δεύτερο χρόνο (συμπίεση). Το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, συμπιέζοντας το μίγμα αέρα καυσίμου που έχει γεμίσει ο κύλινδρος από την προηγούμενη διαδικασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης με την ταυτόχρονη μείωση του όγκου. Η μεταβολή αυτή, στην πραγματική λειτουργία γίνεται χωρίς συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον (αδιαβατική μεταβολή)



Βήμα 5<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω την καμπύλη που αντιστοιχεί στην έκρηξη. Το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ, το μίγμα βενζίνης και αέρα έχει συμπιεστεί. Εκείνη την ώρα, με τη βοήθεια του μπουζί το μίγμα εκρήγνυται. Αποτέλεσμα της έκρηξης του μίγματος είναι η κατακόρυφη αύξηση της πίεσης. Στην θεωρητική λειτουργία, θεωρείται ότι το έμβολο δεν έχει αρχίσει να κινείται προς το ΚΝΣ, με αποτέλεσμα η αύξηση της πίεσης να γίνεται υπό σταθερό όγκο (ισόογκη μεταβολή). Η ισόογκη μεταβολή παριστάνεται με μια ευθεία κάθετη στον άξονα των όγκων ή παράλληλη στον άξονα των πιέσεων.



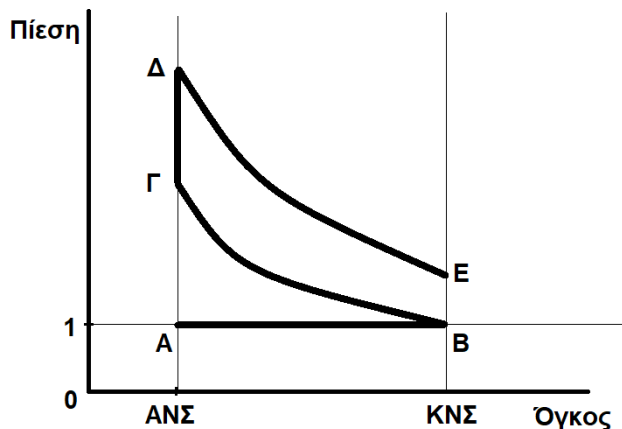
Βήμα 6<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω την καμπύλη που αντιστοιχεί στην εκτόνωση. Λόγω των δυνάμεων που ασκούνται στην επιφάνεια του εμβόλου από την έκρηξη που έχει προηγηθεί, το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ, με αποτέλεσμα την εκτόνωση του μίγματος. Η μεταβολή αυτή στη θεωρητική λειτουργία γίνεται χωρίς συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον (αδιαβατική μεταβολή)

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

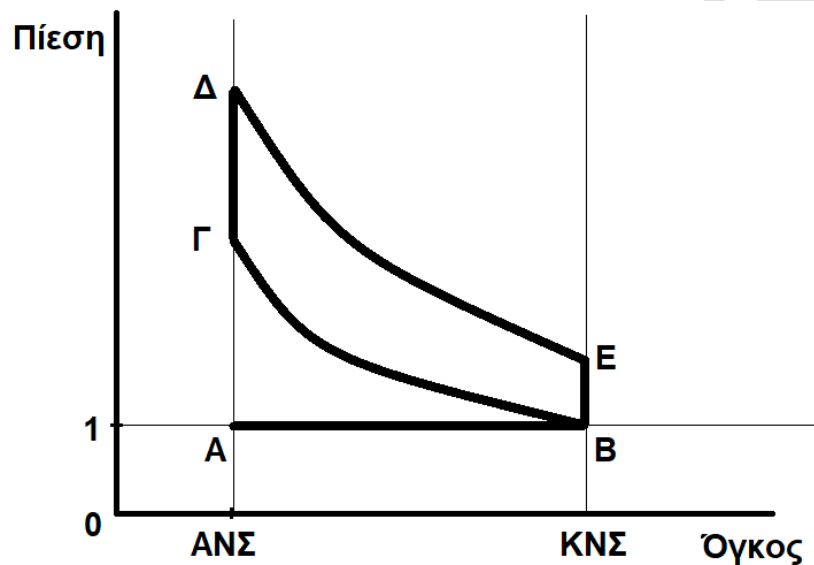
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Βήμα 7<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω την έναρξη της εξαγωγής. Το έμβολο έχει φτάσει στο ΚΝΣ. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχουν μόνο τα προϊόντα από την καύση του μίγματος που έχει προηγηθεί. Εκείνη την ώρα ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής με αποτέλεσμα τη στιγμιαία πτώση της πίεσης. Στη θεωρητική λειτουργία του κύκλου θεωρείται ότι το έμβολο δεν έχει αρχίσει να κινείται προς το ΑΝΣ και έτσι η μεταβολή γίνεται υπό σταθερό όγκο (ισόογκη μεταβολή).



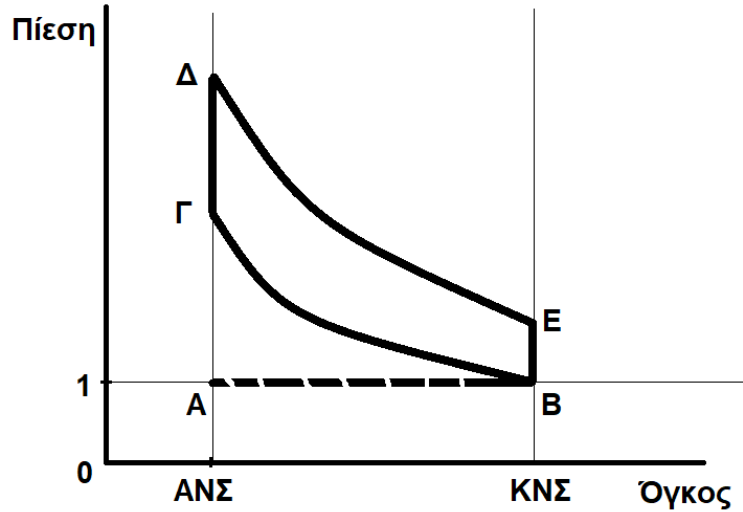
Βήμα 8<sup>ο</sup> : Ολοκληρώνω το διάγραμμα. Καθώς το έμβολο κινείται προς το ΑΝΣ, τα καυσαέρια που υπάρχουν μέσα σε αυτόν από την καύση που έχει προηγηθεί φεύγουν από τον κύλινδρο από την βαλβίδα εξαγωγής που έχει ανοίξει και οδηγούνται στην εξάτμιση. Ο χρόνος αυτός ολοκληρώνεται όταν το έμβολο έχει φτάσει στο ΑΝΣ, ο κύλινδρος έχει αδειάσει από τα καυσαέρια (στο διάγραμμα έχουμε επιστρέψει στον όγκο που αντιστοιχεί στο ΑΝΣ) και είναι έτοιμος να δεχθεί το νέο μίγμα και να ξεκινήσει από την αρχή η διαδικασία. Η μεταβολή αυτή στη θεωρητική λειτουργία θεωρείται ότι γίνεται υπό σταθερή πίεση (ισοβαρής μεταβολή) και ταυτίζεται με τη γραμμή ΑΒ που αντιστοιχεί στην εισαγωγή.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

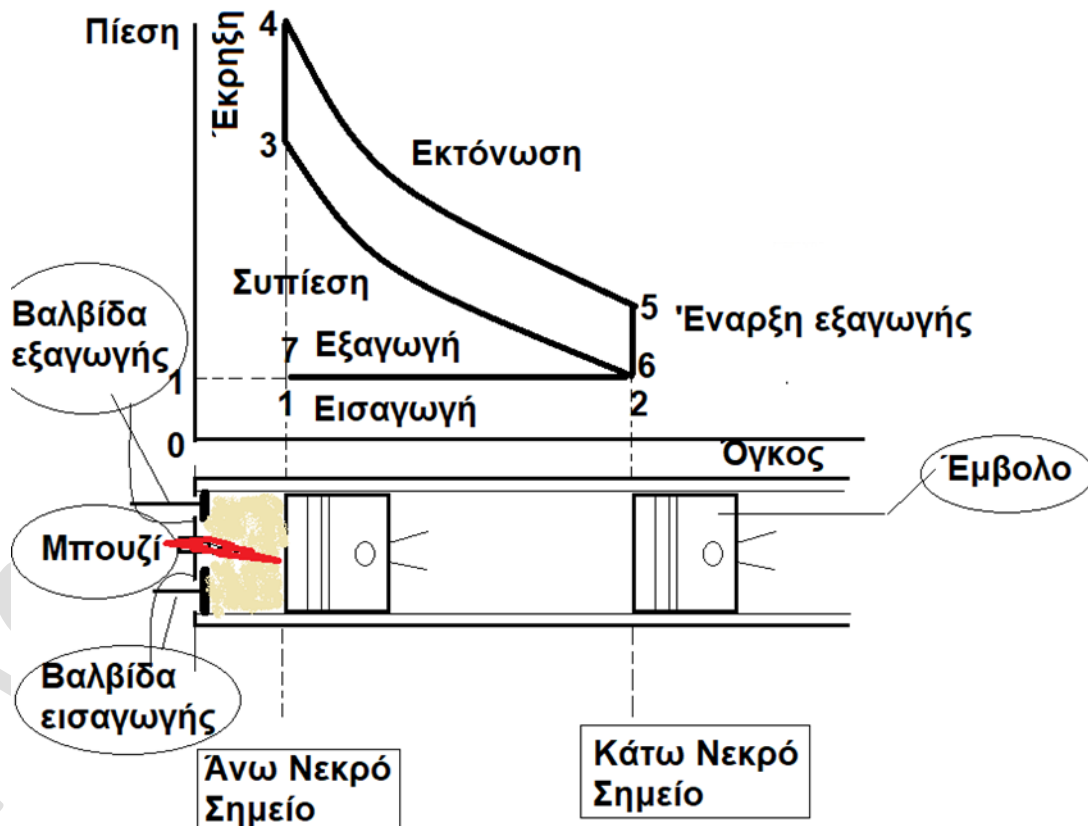
**B Εξάμηνο (4 ώρες)**

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Ολοκληρωμένο διάγραμμα πίεσης – όγκου σε συνάρτηση με τις θέσεις του εμβόλου κατά τη θεωρητική λειτουργία του 4-χρονου βενζινοκινητήρα.



**Β Εξάμηνο (4 ώρες)**

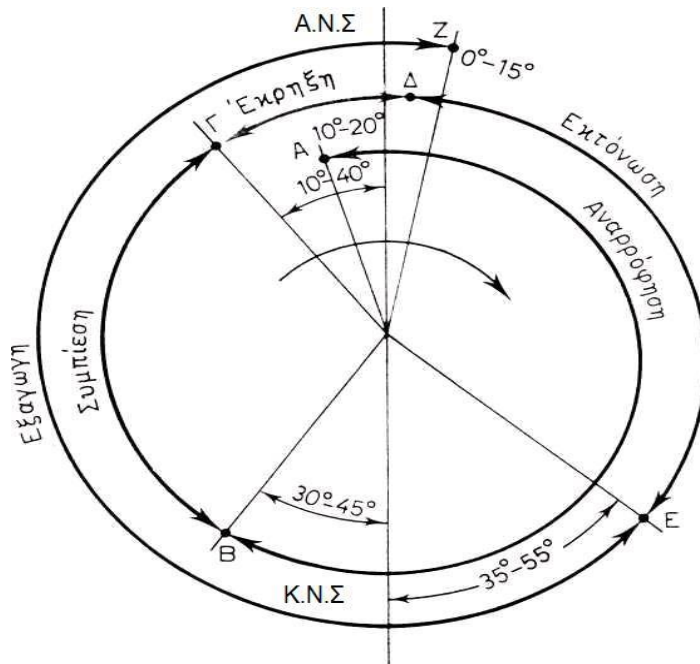
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

**4 Περιγραφή της πραγματικής λειτουργίας τετράχρονου βενζινοκινητήρα**

Κατά την θεωρητική προσέγγιση της λειτουργίας ενός τετράχρονου βενζινοκινητήρα αποδεχθήκαμε ότι το άνοιγμα και το κλείσιμο των βαλβίδων αλλά και κάθε διαδικασία του κινητήρα γίνεται ακριβώς στο ΑΝΣ και στο ΚΝΣ, στην πραγματικότητα όμως οι διαδικασίες αρχίζουν λίγο πριν ή λίγο μετά τα σημεία αυτά.

**1.3.4.1 Σπειροειδές-κυκλικό διάγραμμα τετράχρονου βενζινοκινητήρα**



**Εικόνα . Σπειροειδές-κυκλικό διάγραμμα τετράχρονου βενζινοκινητήρα**

Τόξο (ΑΒ) αναρρόφηση ή εισαγωγή του μίγματος.

Τόξο (ΒΓ) συμπύεση του μίγματος.

Τόξο (ΓΔ) καύση του μίγματος (έκρηξη).

Τόξο (ΔΕ) εκτόνωση των καυσαερίων.

Τόξο (ΕΖ) εξαγωγή των καυσαερίων

Το άνοιγμα της βαλβίδας εισαγωγής πραγματοποιείται στο σημείο Α, δηλαδή όταν ο στρόφαλος βρίσκεται  $10^{\circ} - 20^{\circ}$  πριν από το Α.Ν.Σ.(εξαρτάται από τον κατασκευαστικό σχεδιασμό του κινητήρα). Αυτό γίνεται με σκοπό να ανοίξει η βαλβίδα της εισαγωγής και να εισαχθεί το νέο μίγμα, πριν τελειώσει η εξαγωγή των καυσαερίων από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας. Έτσι επιτυγχάνεται ένας σύντομος καθαρισμός του κυλίνδρου από τα καυσαέρια, τα οποία στο μεταξύ εξέρχονται από τη βαλβίδα της εξαγωγής, η οποία εξακολουθεί να παραμένει ανοικτή μέχρι και  $15^{\circ}$  μερικές φορές μετά το Α.Ν.Σ.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

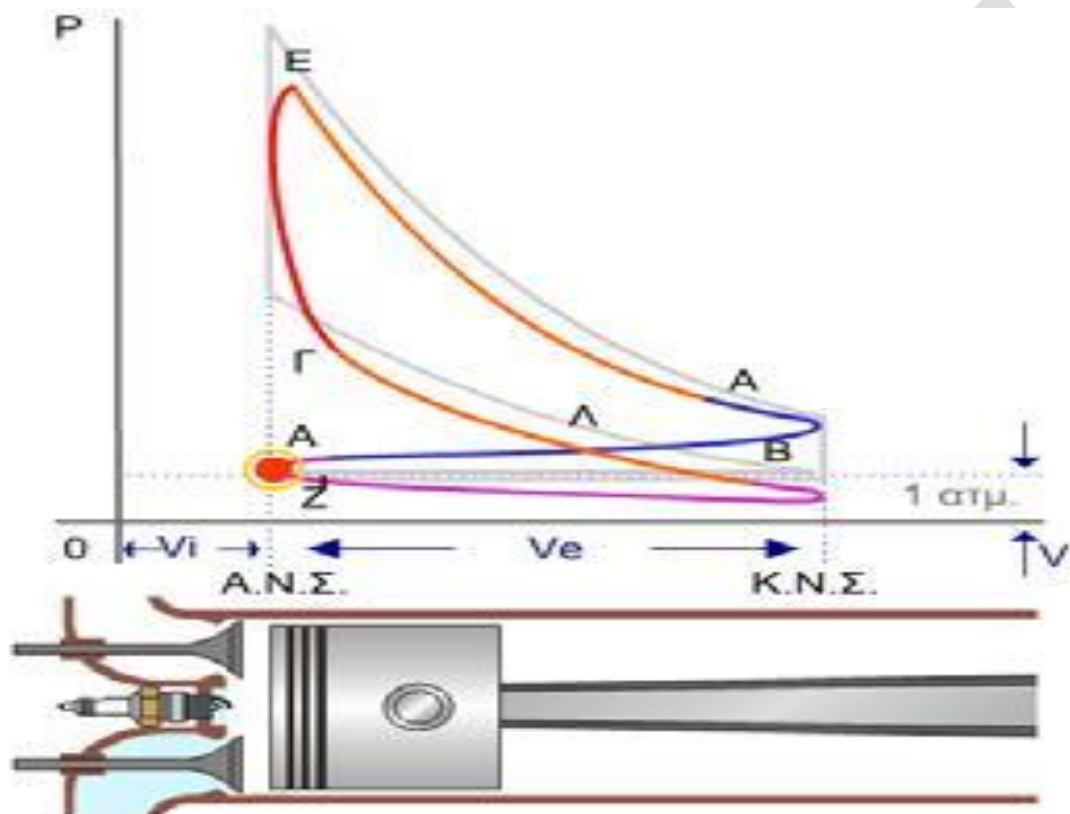
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Το κλείσιμο της βαλβίδας εισαγωγής, πραγματοποιείται στο σημείο Β, δηλαδή  $30^\circ - 45^\circ$  μετά το Κ.Ν.Σ., ώστε ο κύλινδρος να γεμίσει εντελώς με μίγμα αέρα - βενζίνης.

Από το σημείο Β αρχίζει η συμπίεση.

Το άνοιγμα της βαλβίδας εξαγωγής πραγματοποιείται στο σημείο Ε, δηλαδή από  $35^\circ - 55^\circ$  πριν από το Κ.Ν.Σ. έτσι, ώστε τα καυσαέρια να αρχίσουν να εξέρχονται προς την ατμόσφαιρα ενωρίτερα, με σκοπό να ελαττωθεί έγκαιρα η αντίθλιψη πάνω στο έμβολο, όταν αυτό θα αρχίσει να ανέρχεται προς το Α.Ν.Σ.



Εικόνα . Τετράχρονος κινητήρας Otto-Πραγματική και θεωρητική λειτουργία σε διάγραμμα P-V

### Θεωρητική λειτουργία τετράχρονου πετρελαιοκινητήρα

**1<sup>ος</sup> χρόνος : εισαγωγή.** Το έμβολο βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Η βαλβίδα εισαγωγής είναι έτοιμη να ανοίξει ενώ η βαλβίδα εξαγωγής είναι κλειστή. Το έμβολο κινείται από το άνω νεκρό σημείο προς το κάτω νεκρό σημείο με αποτέλεσμα μέσα στον κύλινδρο να έχουμε υποπίεση. Λόγω της υποπίεσης αναρροφάται από τη βαλβίδα εισαγωγής που έχει ανοίξει ατμοσφαιρικός αέρας. Ο 1<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο όπου και κλείνει η βαλβίδα εισαγωγής.

**2<sup>ος</sup> χρόνος: συμπίεση.** Το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές. Το έμβολο κινείται από το κάτω νεκρό σημείο

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού προς το άνω νεκρό σημείο με αποτέλεσμα ο αέρας να συμπιέζεται. Αποτέλεσμα της συμπίεσης είναι η αύξηση πίεσης και θερμοκρασίας του αέρα [ πίεση 35 Atm (ατμόσφαιρες) και θερμοκρασία από 600<sup>0</sup> C - 900<sup>0</sup> C.] Ο 2<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο .

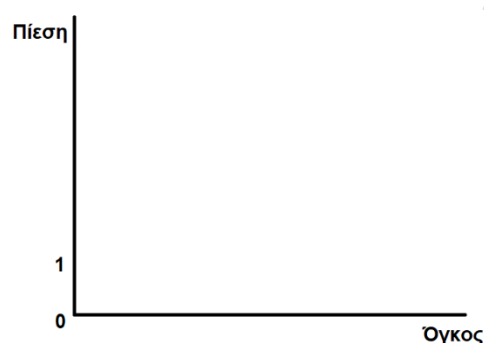
**3<sup>ος</sup> χρόνος: ανάφλεξη- εκτόνωση.** Το έμβολο βρίσκεται στο άνω νεκρό σημείο. Οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι κλειστές. Το μπεκ ψεκάει μέσα στον κύλινδρο το πετρέλαιο με αποτέλεσμα την αυτοανάφλεξη του λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας του αέρα και στη συνέχεια το έμβολο κινείται προς το κάτω νεκρό σημείο και γίνεται εκτόνωση των καυσαερίων. Ο 3<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό .

**4<sup>ος</sup> χρόνος: Εξαγωγή.** Το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο. Οι βαλβίδες εισαγωγής είναι κλειστές ενώ η βαλβίδα εξαγωγής ανοίγει. Το έμβολο κινείται από το κάτω νεκρό σημείο προς το άνω νεκρό σημείο με αποτέλεσμα να απομακρύνονται τα καυσαέρια από τη βαλβίδα εξαγωγής. Ο 4<sup>ος</sup> χρόνος τελειώνει όταν το έμβολο φτάσει στο άνω νεκρό σημείο όπου και ο κύλινδρος έχει καθαρίσει από καυσαέρια και η βαλβίδα εξαγωγής κλείνει.

### Διάγραμμα P-V

**Χάραξη διαγράμματος βήμα-βήμα.**

1<sup>ο</sup> βήμα: Κατασκευάζω το σύστημα αξόνων πίεσης -όγκου (P-V)



Βήμα 2<sup>ο</sup> : Ορίζω τα σημεία που αντιστοιχούν στο Άνω Νεκρό Σημείο (ΑΝΣ) και στο Κάτω Νεκρό Σημείο. Η περιοχή από το 0 έως τον όγκο που αντιστοιχεί στο ΑΝΣ παριστάνει τον χώρο καύσης του κυλίνδρου.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

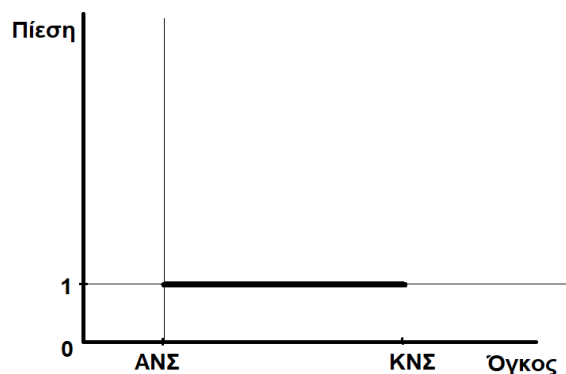
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Βήμα 3<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω τη μεταβολή που αντιστοιχεί στον 1<sup>ο</sup> χρόνο (εισαγωγή). Το έμβολο καθώς κινείται από το ΑΝΣ προς το ΚΝΣ, ο όγκος στον κύλινδρο αυξάνει. Η μεταβολή αυτή στη θεωρητική λειτουργία γίνεται με σταθερή πίεση (ισοβαρής μεταβολή). Μια ισοβαρής μεταβολή παριστάνεται με ευθεία κάθετη στον άξονα των πιέσεων ή παράλληλη στον άξονα των όγκων. Η ευθεία ξεκινά από το σημείο των όγκων που αντιστοιχεί στο ΑΝΣ και φτάνει μέχρι το σημείο των όγκων που αντιστοιχεί στο ΚΝΣ, όπου και ολοκληρώνεται ο 1<sup>ος</sup> χρόνος.



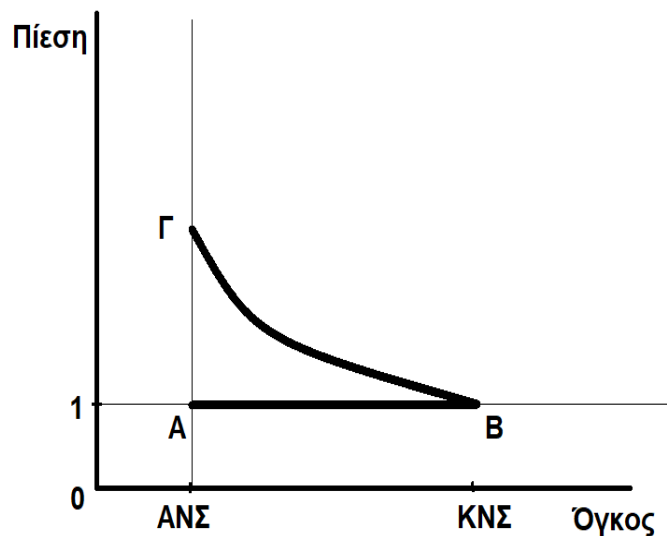
Βήμα 4<sup>ο</sup> : Σχεδιάζω την καμπύλη που αντιστοιχεί στον δεύτερο χρόνο (συμπίεση). Το έμβολο κινείται από το ΚΝΣ στο ΑΝΣ, συμπιέζοντας τον αέρα που έχει γεμίσει ο κύλινδρος από την προηγούμενη διαδικασία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης με την ταυτόχρονη μείωση του όγκου. Η μεταβολή αυτή, στην πραγματική λειτουργία γίνεται χωρίς συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον (αδιαβατική μεταβολή).

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

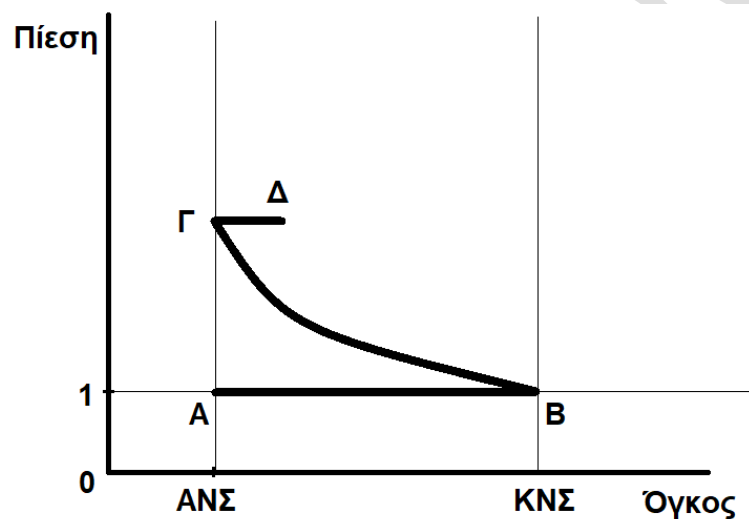
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Βήμα 5° : Σχεδιάζω την καμπύλη που αντιστοιχεί στην ανάφλεξη. Το έμβολο βρίσκεται στο ΑΝΣ , ο αέρας έχει συμπιεστεί. Εκείνη την ώρα, το μπέκ ψεκάζει το πετρέλαιο το οποίο λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας του αέρα αυταναφλέγεται. Στη θεωρητική λειτουργία η μεταβολή αυτή θεωρείται ότι γίνεται υπό σταθερή πίεση (ισοβαρής μεταβολή).



Βήμα 6° : Σχεδιάζω την καμπύλη που αντιστοιχεί στην εκτόνωση. Λόγω των δυνάμεων που ασκούνται στην επιφάνεια του εμβόλου από την έκρηξη που έχει προηγηθεί, το έμβολο κινείται προς το ΚΝΣ, με αποτέλεσμα την εκτόνωση των καυσαερίων που βρίσκονται μέσα στον κύλινδρο . Η μεταβολή αυτή στη θεωρητική λειτουργία γίνεται χωρίς συναλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον (αδιαβατική μεταβολή)

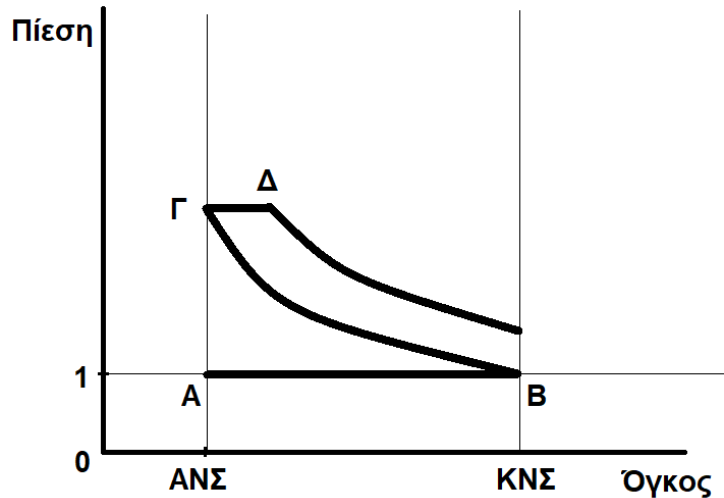


## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

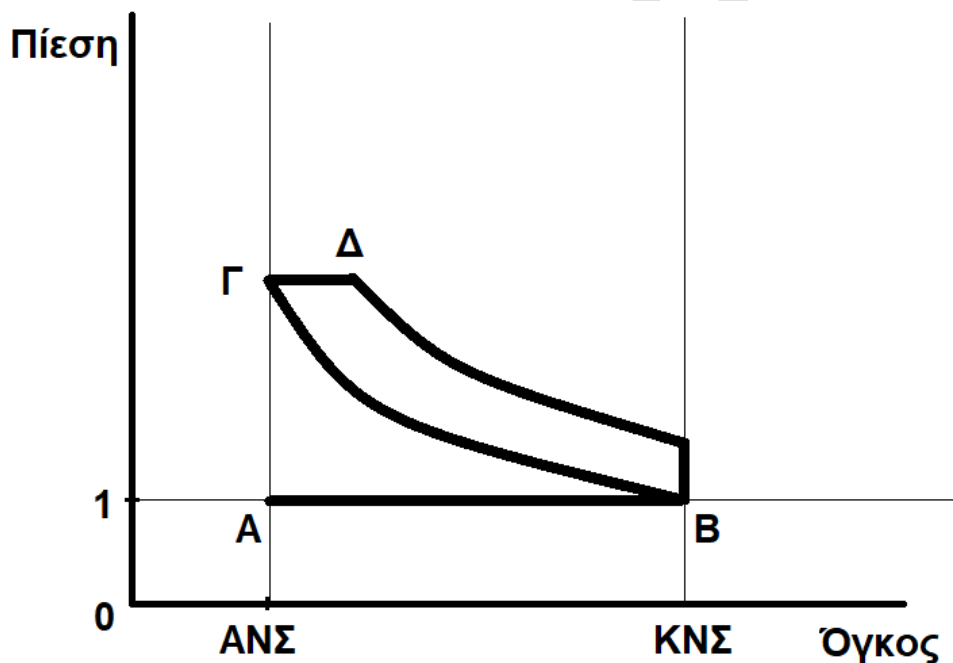
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Βήμα 7° : Σχεδιάζω την έναρξη της εξαγωγής. Το έμβολο έχει φτάσει στο ΚΝΣ. Μέσα στον κύλινδρο υπάρχουν μόνο τα προϊόντα από την αυτανάφλεξη του πετρελαίου που έχει προηγηθεί. Εκείνη την ώρα ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής με αποτέλεσμα τη στιγμιαία πτώση της πίεσης. Στη θεωρητική λειτουργία του κύκλου θεωρείται ότι το έμβολο δεν έχει αρχίσει να κινείται προς το ΑΝΣ και έτσι η μεταβολή γίνεται υπό σταθερό όγκο (ισόογκη μεταβολή).



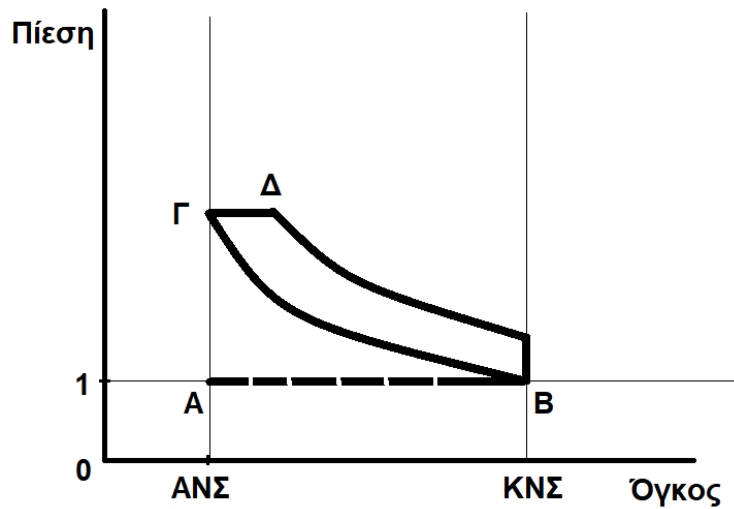
Βήμα 8° : Ολοκληρώνω το διάγραμμα. Καθώς το έμβολο κινείται προς το ΑΝΣ, τα καυσαέρια που υπάρχουν μέσα σε αυτόν από την καύση που έχει προηγηθεί φεύγουν από τον κύλινδρο από την βαλβίδα εξαγωγής που έχει ανοίξει και οδηγούνται στην εξάτμιση. Ο χρόνος αυτός ολοκληρώνεται όταν το έμβολο έχει φτάσει στο ΑΝΣ, ο κύλινδρος έχει αδειάσει από τα καυσαέρια (στο διάγραμμα έχουμε επιστρέψει στον όγκο που αντιστοιχεί στο ΑΝΣ) και είναι έτοιμος να δεχθεί τη νέα ποσότητα του αέρα και να ξεκινήσει από την αρχή η διαδικασία. Η μεταβολή αυτή

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

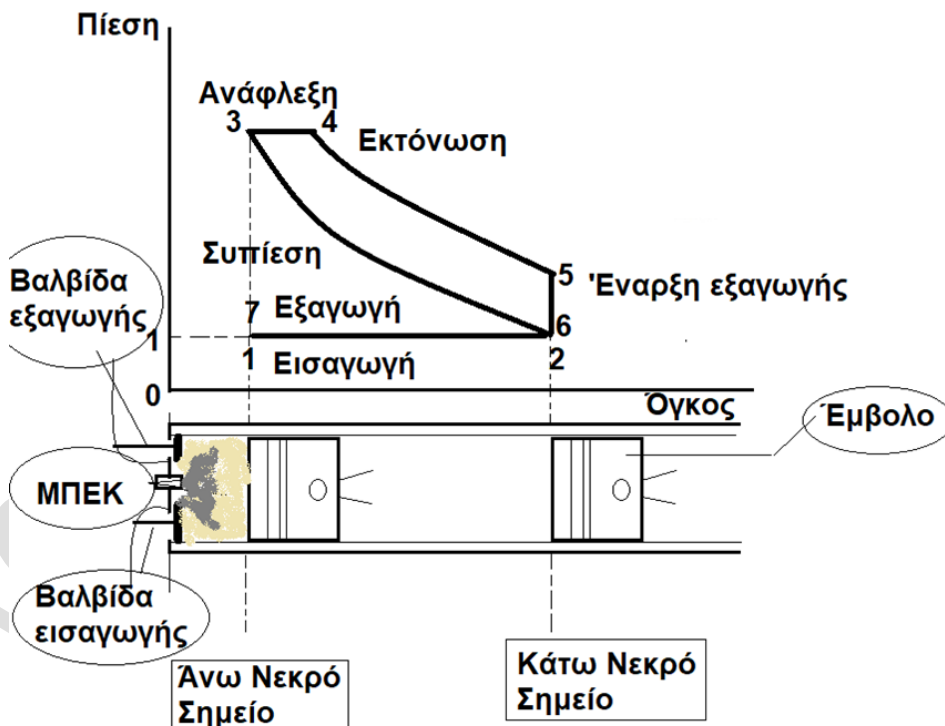
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού ,στη θεωρητική λειτουργία ,θεωρείται ότι γίνεται υπό σταθερή πίεση (ισοβαρής μεταβολή) και ταυτίζεται με τη γραμμή AB που αντιστοιχεί στην εισαγωγή.



Ολοκληρωμένο διάγραμμα πίεσης – όγκου σε συνάρτηση με τις θέσεις του εμβόλου κατά τη θεωρητική λειτουργία του 4-χρονου πετρελαιοκινητήρα.



## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

Το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα, κύκλος Carnot, εντροπία, ισεντροπικές μεταβολές, παραδείγματα, ασκήσεις

A ) Η ενθαλπία είναι Θερμοδυναμικό μέγεθος που αντιπροσωπεύει το ολικό ποσό θερμικής ενέργειας που περιέχει ένα Θερμοδυναμικό σύστημα. Ειδικότερα αποτελεί το άθροισμα της εσωτερικής ενέργειας ενός σώματος και του γινομένου της εσωτερικής πίεσης επί του όγκου που καταλαμβάνει μια ουσία. Το γινόμενο εκφράζει την ενέργεια που απαιτείται για να εκτοπίσει το σώμα το περιβάλλον του και να καταλάβει τη θέση στην οποία βρίσκεται.

Το σύμβολο είναι το (H) και μονάδες μέτρησης είναι KJ και Kcal

Η μαθηματική έκφραση είναι  $H = U + P \cdot V$

Όπου:

H= η ενθαλπία στις μονάδες που αναφέραμε

U = η εσωτερική ενέργεια σε KJ ή Kcal

P = η εφαρμοζόμενη απόλυτη ενέργεια σε Kp / cm<sup>2</sup> ή bar.

V = ο ειδικός όγκος του αερίου σε m<sup>3</sup>

**B) Ορισμός εντροπίας:** Η εντροπία είναι ένα ποσοτικό μέτρο της αταξίας ενός συστήματος. Αύξηση της εντροπίας σε κάθε φυσική ( μη αντιστρεπτή μεταβολή σημαίνει αύξηση της αταξίας. Η εντροπία εισήχθη από τον Clausius . Ο Ρούντολφ Κλαούζιους ήταν Γερμανός φυσικός. Θεωρείται ο θεμελιωτής της θερμοδυναμικής. Ο Κλαούζιους όρισε την εντροπία και διατύπωσε τον Πρώτο και τον Δεύτερο Νόμο της Θερμοδυναμικής), ο οποίος όρισε τη μεταβολή της εντροπίας ( $\Delta S$ ) συστήματος κατά τη διάρκεια μιας πολύ μικρής αντιστρεπτής μεταβολής, τόσο μικρής ώστε η θερμοκρασία του συστήματος να μπορεί να θεωρηθεί σταθερή, ως το πηλίκο του ποσού θερμότητας  $\Delta Q$  που απορρόφησε ή απέβαλε το σύστημα προς τη θερμοκρασία του συστήματος.

Σύμβολο της εντροπίας. Η εντροπία συμβολίζεται με το γράμμα S.

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Μαθηματική έκφραση της εντροπίας.

Μονάδες της εντροπίας. J/ °K, Cal/ °K

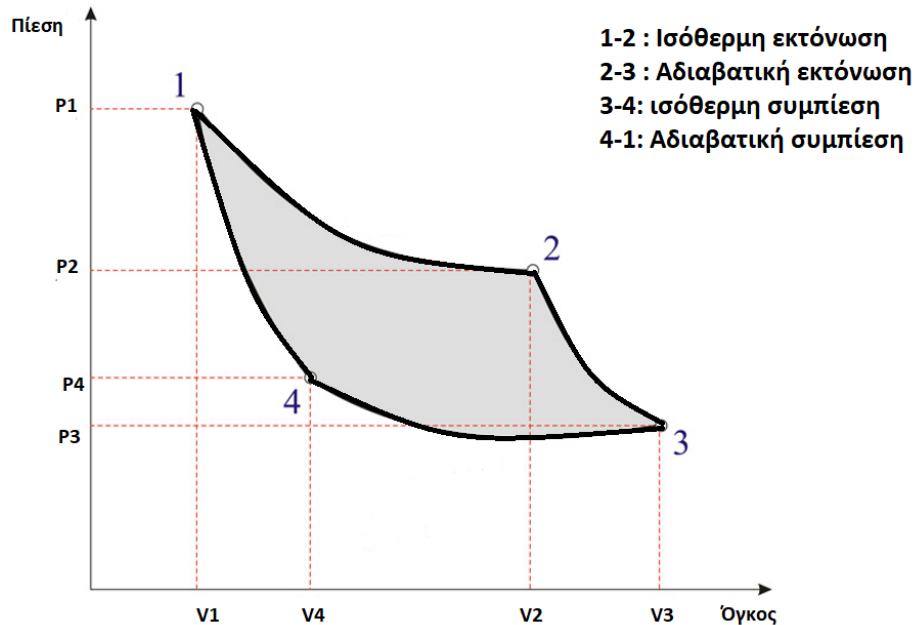
*Διάγραμμα P-V τον κύκλο Carnot και να δώσετε το βαθμό απόδοσής του. Ποια συμπεράσματα εξάγονται ως προς την απόδοσή του ;*

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



$$\text{Βαθμός απόδοσης : } n = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

Τα συμπεράσματα που εξαγονται ως προς την απόδοση του είναι τα εξής :

- Ο συντελεστής απόδοσης μια μηχανής Carnot εξαρτάται μόνο από τις θερμοκρασίες των δύο δεξαμενών θερμότητας.
- Η απόδοση είναι μεγάλη όταν η διαφορά θερμοκρασίας είναι μεγάλη και είναι πολύ μικρή όταν οι θερμοκρασίες διαφέρουν λίγο.
- Όσο μεγαλύτερη θερμοκρασία έχει το σώμα που "δίνει" θερμότητα τόσο πιο αποδοτική μπορεί να είναι η εκμετάλλευσή της.
- Για να έχουμε απόδοση 100% πρέπει  $T_1=0$ , που είναι αδύνατον.

### Στοιχεία Μηχανικής Ρευστών ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Ρευστά, ονομάζονται τα σώματα τα οποία ρέουν και διακρίνονται σε υγρά και αέρια ρευστά.

Η μηχανική των ρευστών μελετά τις μηχανικές ιδιότητες των ρευστών και περιλαμβάνει :

- την υδροστατική, που εξετάζει την συμπεριφορά των υγρών όταν βρίσκονται σε ισορροπία
- την αεροστατική, που εξετάζει την συμπεριφορά των αερίων όταν βρίσκονται σε ισορροπία
- την υδροδυναμική, που εξετάζει την συμπεριφορά των υγρών όταν βρίσκονται σε κίνηση

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

- την αεροδυναμική, που εξετάζει την συμπεριφορά των αερίων όταν βρίσκονται σε κίνηση

### ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

#### Ιδιότητες των υγρών.

1. Έχουν σταθερό όγκο. Τα υγρά πρακτικά θεωρούνται ασυμπίεστα για το λόγο ότι παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση στη μεταβολή του όγκου τους.
2. Δεν έχουν σταθερό σχήμα. Τα υγρά παίρνουν πάντα το σχήμα του δοχείου στο οποίο περιέχονται
3. Παρουσιάζουν ελεύθερη επιφάνεια. Όταν ισορροπούν η ελεύθερη επιφάνεια τους είναι ένα οριζόντιο επίπεδο.

#### Ιδιότητες των αερίων.

2. Δεν έχουν σταθερό όγκο. Τα αέρια καταλαμβάνουν όλο το χώρο που τους προσφέρεται. Είναι πολύ συμπιεστά. Αυτό συμβαίνει γιατί οι δυνάμεις συνοχής των αερίων είναι πολύ μικρές.
3. Δεν έχουν σταθερό σχήμα. Τα αέρια παίρνουν πάντα το σχήμα του δοχείου στο οποίο περιέχονται
4. Δεν παρουσιάζουν ελεύθερη επιφάνεια.

## Βασικές έννοιες και ορισμοί της Μηχανικής Ρευστών

### Στοιχεία υδροστατικής

Υδροστατική πίεση, άνωση, εφαρμογές, παραδείγματα, ασκήσεις

**θεμελιώδη αρχή της υδροστατικής (ολική πίεση σημείου μέσα σε υγρό).**

Η ολική πίεση ενός σημείου μέσα σε υγρό προκύπτει από το άθροισμα της υδροστατικής πίεσης (πίεση μανομέτρου) και της ατμοσφαιρικής πίεσης.

$$P = P_a + \rho \cdot g \cdot h$$

Η υδροστατική γενικά εξετάζει την πίεση και τις δυνάμεις, οι οποίες ασκούνται σε ένα ρευστό σε κατάσταση ηρεμίας.

Υδροστατική πίεση ονομάζεται η πίεση που ασκεί ένα ρευστό, το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία σε αντικείμενο ή επιφάνεια που βρίσκεται μέσα σ' αυτό. Η πίεση αυτή οφείλεται στην εξωτερική δύναμη της βαρύτητας και μόνο, δηλαδή στο βάρος του ρευστού που βρίσκεται υπεράνω του αντικειμένου ή της επιφάνειας.

Η υδροστατική πίεση μας δίνεται από την σχέση:  $P_{υδρ} = \rho \cdot h \cdot g$

Όπου:

- $P_{υδρ}$  είναι η υδροστατική πίεση,

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

- $\rho$  είναι η πυκνότητα του υγρού,
- $h$  είναι το βάθος του σημείου που υπολογίζουμε την πίεση,
- $g$  είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο, η υδροστατική πίεση εξαρτάται από την πυκνότητα του υγρού και το βάθος του σημείου που θέλουμε να υπολογίσουμε την πίεση.

Η υδροστατική πίεση (μέσω της αρχής των συγκοινωνούντων δοχείων), βρίσκει εφαρμογές στα δίκτυα ύδρευσης και στους δείκτες στάθμης υγρών διαφόρων εγκαταστάσεων (π.χ. υγροδείκτες δεξαμενών υγρών καυσίμων).

### Στοιχεία υδροδυναμικής

*Να γράψετε τα είδη ροής των ρευστών. Ποιος αριθμός καθορίζει το είδος της ροής και από ποιους παράγοντες εξαρτάται;*

Τα πεδία ροής διακρίνονται σε :

- ✚ Μόνιμα ή στρωτά πεδία ροής, όπου η ταχύτητα του ρευστού δε μεταβάλλεται με το χρόνο. Η ροή σε αυτή τη περίπτωση ονομάζεται μόνιμη ή στρωτή.
- ✚ Μη μόνιμα ή στροβιλώδη πεδία ροής, όπου σε κάθε σημείο του πεδίου ροής η ταχύτητα μεταβάλλεται με το χρόνο. Η ροή σε αυτή τη περίπτωση ονομάζεται μη μόνιμη ή στροβιλώδη ροή.

Ένα πεδίο ροής καθορίζεται τελείως, όταν σε κάθε χρονική στιγμή είναι γνωστή η ταχύτητά  $u$  που έχει το ρευστό σε κάθε σημείο του πεδίου.

Το ιξώδες του ρευστού καθορίζει το είδος της ροής, αν δηλαδή η ροή θα είναι μόνιμη ή τυρβώδης.

Το είδος, της ροής εξαρτάται από :

- την ταχύτητα του ρευστού  $u$
- το είδος του πεδίου ροής,
- την πυκνότητα  $\rho$
- το ιξώδες  $\eta$  του ρευστού.

Οι παράγοντες αυτοί υπεισέρχονται σε ένα αδιάστατο μέγεθος το οποίο χαρακτηρίζει τη ροή και ονομάζεται αριθμός του Reynolds:

$$R = \frac{\rho * u * D}{\eta}$$

όπου  $D$  μία γραμμική γεωμετρική διάσταση που καθορίζεται από το είδος της ροής. Αν π.χ. το ρευστό κινείται μέσα σε κυλινδρικό σωλήνα,  $D$  είναι η ακτίνα του ή η διάμετρος του.

Υπάρχει μία τιμή του αριθμού του Reynolds, που χαρακτηρίζει τη ροή, και η οποία

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού ονομάζεται κρίσιμος αριθμός του Reynolds  $R_{kr}$ .

Νόμος συνέχειας, νόμος Bernoulli, εφαρμογές, παραδείγματα, ασκήσεις

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΕΥΣΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

### 2.1 ΠΑΡΟΧΗ, ΡΟΗ ΣΕ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ

#### 2.1.1 Ροή. Πεδίο ροής.

Ροή ονομάζεται η κίνηση ενός ρευστού προς μια κατεύθυνση. Ο χώρος μέσα στον οποίο ρέει ένα ρευστό ονομάζεται πεδίο ροής.

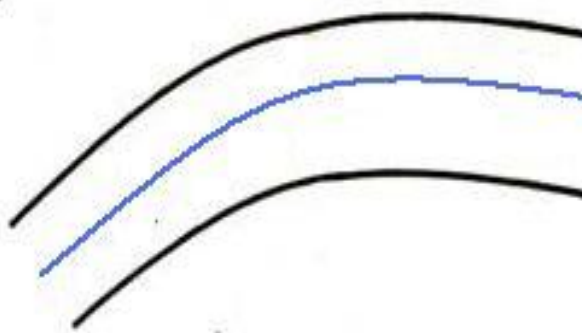
Ένα πεδίο ροής καθορίζεται τελείως, όταν σε κάθε χρονική στιγμή είναι γνωστή η ταχύτητά  $u$  που έχει το ρευστό σε κάθε σημείο του πεδίου.

Τα πεδία ροής διακρίνονται σε :

- ✚ Μόνιμα ή στρωτά πεδία ροής, όπου η ταχύτητα του ρευστού δε μεταβάλλεται με το χρόνο. Η ροή σε αυτή τη περίπτωση ονομάζεται μόνιμη ή στρωτή.
- ✚ Μη μόνιμα ή στροβιλώδη πεδία ροής, όπου σε κάθε σημείο του πεδίου ροής η ταχύτητα μεταβάλλεται με το χρόνο. Η ροή σε αυτή τη περίπτωση ονομάζεται μη μόνιμη ή στροβιλώδη ροή.

#### 2.1.2 ΡΕΥΜΑΤΙΚΕΣ ΓΡΑΜΜΕΣ

Ρευματικές γραμμές ονομάζουμε τη τροχιά που διαγράφει ένα μόριο ενός ρευστού που ρέει. Τα πεδία ροής τα απεικονίζουμε με ρευματικές γραμμές.



#### Χαρακτηριστικά των ρευματικών γραμμών.

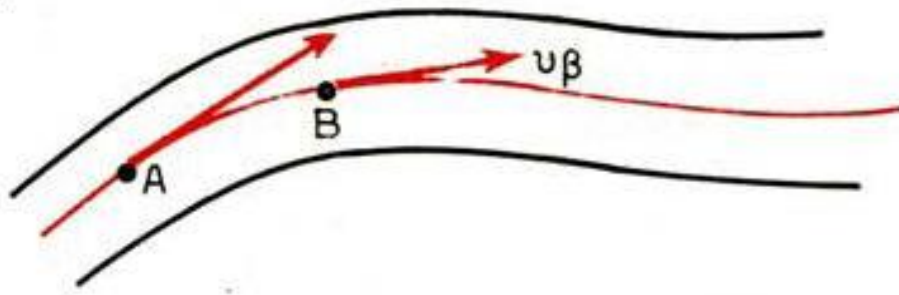
- ❖ Η ταχύτητα ενός μορίου, σε οποιοδήποτε σημείο και αν βρίσκεται αυτό, θα είναι εφαπτόμενη της ρευματικής του γραμμής στο σημείο αυτό.

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

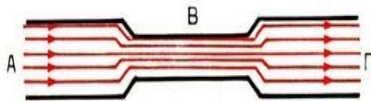
### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



- ❖ Η πυκνότητα των ρευματικών γραμμών σε μια περιοχή μας δείχνει το μέτρο της ταχύτητας που έχει ένα ρευστό σε αυτήν την περιοχή.



Στην περιοχή που η πυκνότητα των ρευματικών γραμμών είναι μεγάλη (περιοχή Β) τότε είναι μεγάλη και η ταχύτητα του ρευστού

- ❖ Στην στρωτή ροή η μια ρευματική γραμμή δεν κόβει την άλλη

### 2.1.3 ΠΑΡΟΧΗ

Στη Μηχανική ρευστών με τον όρο παροχή ενός αγωγού, στον οποίο [ρέει](#) κάποιο [ρευστό](#), εννοείται είτε η παροχή [μάζας](#) είτε η παροχή [όγκου](#). Συνηθέστερα εννοείται η παροχή όγκου, που είναι ο όγκος ρευστού που διέρχεται από τον αγωγό στη μονάδα του χρόνου. Συνεπώς εξ ορισμού η παροχή (Π) δίνεται από τον μαθηματικό τύπο:

$$\Pi = \frac{dV}{dt}$$

- Όπου Π = η παροχή (σε m<sup>3</sup>/sec), V = ο όγκος του ρευστού (σε m<sup>3</sup>) και t = ο χρόνος διάρκειας της ροής (σε δευτερόλεπτα sec).

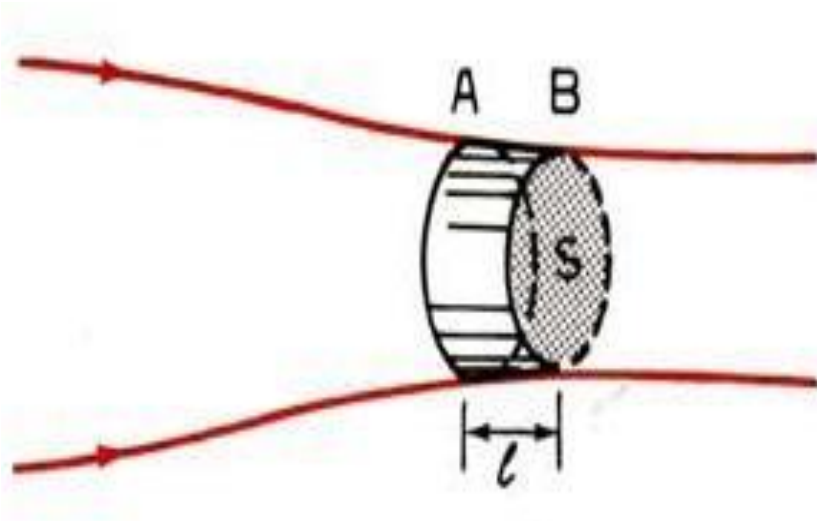


## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού



Ο όγκος σε ένα κύλινδρο υπολογίζεται από το εμβαδό της διατομής επί το μήκος του κυλίνδρου. Άρα αν το μήκος της απόστασης από το σημείο A στο σημείο B είναι  $l$  όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα και το εμβαδόν της διατομής του αγωγού είναι  $S$  τότε ο όγκος  $dV$  θα ισούται με  $dV = S \cdot l$

Έτσι έχουμε

$$\Pi = \frac{dV}{dt}$$

Και

$$dV = S \cdot l$$

Άρα

$$\Pi = \frac{S \cdot l}{dt}$$

Όμως  $l/dt$  (απόσταση/χρόνος) όπως γνωρίζουμε είναι η ταχύτητα  $u$ . Οπότε μπορούμε να γράψουμε ότι:

$$\Pi = S \cdot u$$

Δηλαδή: «η παροχή ενός αγωγού είναι ίση με το γινόμενο της διατομής του επί τη ταχύτητα ροής»

## 2.2 ΝΟΜΟΙ ΤΗΣ ΡΟΗΣ

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

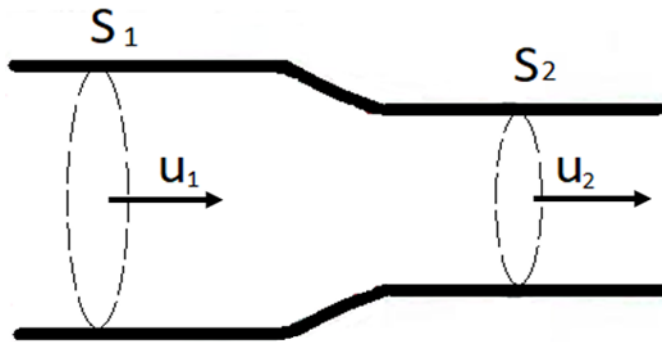
**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

#### 2.2.1 ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΣΥΝΕΧΕΙΑΣ

Ο νόμος της συνέχειας ο οποίος ισχύει για τη στρωτή ροή ενός ιδανικού ρευστού ορίζει τα εξής:

« Όταν μέσα σε σωλήνα ρέει ιδανικό ρευστό, η παροχή είναι σταθερή σε κάθε τομή του σωλήνα.»



Στον παραπάνω σωλήνα βλέπουμε την παροχή στην τομή που έχει γίνει στο σημείο 1 και είναι:

$$\Pi_1 = S_1 \cdot u_1$$

Και την παροχή στην τομή που έχει γίνει στο σημείο 2 και είναι:

$$\Pi_2 = S_2 \cdot u_2$$

Αν υποθέσουμε ότι η ροή είναι στρωτή και στο σωλήνα ρέει ιδανικά ρευστό, εφαρμόζοντας την εξίσωση της συνέχειας έχουμε ότι:

$$\Pi_1 = \Pi_2 \text{ οπότε:}$$

$$S_1 \cdot u_1 = S_2 \cdot u_2 \text{ (Σχέση 1)}$$

Όπου :

- S<sub>1</sub> η διατομή του σωλήνα σε μια τυχαία τομή του
- U<sub>1</sub> ταχύτητα του ρευστού που περνάει από τη διατομή S<sub>1</sub>
- S<sub>2</sub> η διατομή του σωλήνα σε μια άλλη τυχαία τομή του
- U<sub>2</sub> ταχύτητα του ρευστού που περνάει από τη διατομή S<sub>2</sub>

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

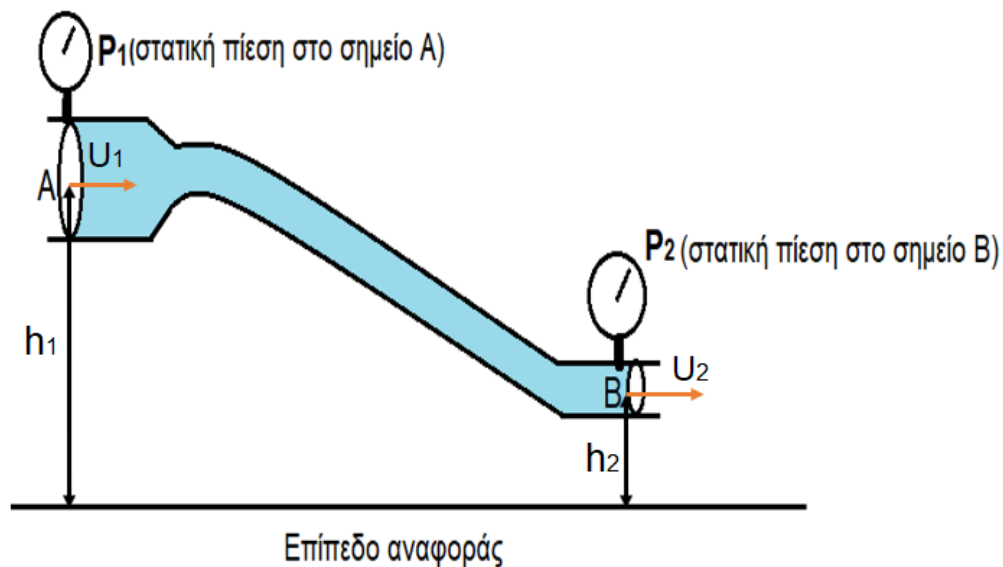
Από τη σχέση 1 είναι εύκολο να δείξουμε ότι «σε μια στρωτή ροή σε σωλήνα που ρέει ιδανικό ρευστό οι διατομές σε τυχαίες τομές του σωλήνα είναι αντιστρόφως ανάλογες των ταχυτήτων τους »

$$\begin{aligned} S_1 * u_1 &= S_2 * u_2 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{S_1 * u_1}{u_1} &= \frac{S_2 * u_2}{u_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow S_1 &= \frac{S_2 * u_2}{u_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} &= \frac{S_2 * u_2}{S_2 * u_1} \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{S_1}{S_2} &= \frac{u_2}{u_1} \end{aligned}$$

### 2.2.2 ΝΟΜΟΣ ΤΟΥ BERNOULLI

Ο νόμος του Bernoulli ο οποίος ισχύει για στρωτή ροή ενός ιδανικού ρευστού ορίζει τα εξής:

« Σε κατά μήκος σωλήνα, μέσα στον οποίο ένα ιδανικό ρευστό κινείται με στρωτή ροή, το άθροισμα της στατικής, της δυναμικής και της υψομετρικής πίεσης ενός ρευστού ως προς το ίδιο επίπεδο αναφοράς, είναι σταθερό.»



Εφαρμόζοντας το νόμο του Bernoulli στην παραπάνω περίπτωση έχουμε:

$$P_1 + \frac{1}{2} * \rho * u_1^2 + \rho * g * h_1 = P_2 + \frac{1}{2} * \rho * u_2^2 + \rho * g * h_2 \text{ Όπου:}$$

- P1, η στατική πίεση του ρευστού στο σημείο 1

## ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ

### Β Εξάμηνο (4 ώρες)

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

- $\rho$ , η πυκνότητα του ρευστού
- $u_1$ , η ταχύτητα του ρευστού στο σημείο 1
- $\frac{1}{2} * \rho * u_1^2$ , η δυναμική πίεση του ρευστού στο σημείο 1
- $h_1$ , η κατακόρυφη απόσταση του σημείου A από το επίπεδο αναφοράς
- $\rho * g * h_1$ , η υψομετρική πίεση του ρευστού στο σημείο A ως προς το επίπεδο αναφοράς.
- $P_2$ , η στατική πίεση του ρευστού στο σημείο 2
- $U_2$ , η ταχύτητα του ρευστού στο σημείο 2
- $\frac{1}{2} * \rho * u_2^2$ , η δυναμική πίεση του ρευστού στο σημείο 2
- $h_2$ , η κατακόρυφη απόσταση του σημείου B από το επίπεδο αναφοράς
- $\rho * g * h_2$ , η υψομετρική πίεση του ρευστού στο σημείο B ως προς το επίπεδο αναφοράς.

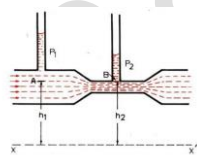
Το άθροισμα της στατικής, της υψομετρικής και της δυναμικής πίεσης σε ένα σημείο ονομάζεται ολική πίεση του ρευστού στο σημείο αυτό.

Επομένως το νόμο του Bernoulli μπορούμε να το διατυπώσουμε και ως εξής:

«Σε κατά μήκος σωλήνα μέσα στον οποίο ρέει ιδανικό ρευστό με στρωτή ροή η ολική πίεση του ρευστού είναι σταθερή»

Παρατήρηση

Σε περίπτωση που ο σωλήνας είναι οριζόντιος και επομένως η υψομετρική πίεση ως προς ένα επίπεδο αναφοράς είναι ίδια σε κάθε σημείο του σωλήνα τότε ο νόμος του Bernoulli γράφεται:



$$P_1 + \frac{1}{2} * \rho * u_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} * \rho * u_2^2$$

**ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ & ΜΗΧ. ΡΕΥΣΤΩΝ**

**Β Εξάμηνο (4 ώρες)**

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Μηχανικός Θερμικών Εγκαταστάσεων και Οδηγός Σπουδών  
Μηχανικός Τεχνολογίας Πετρελαίου και Φυσικού Αερίου

**Ειδικότητα :** Τεχνικός Εγκαταστάσεων Ψύξης Αερισμού και Κλιματισμού

*Ιδανικό ρευστό κινείται σε σωλήνα διατομής  $1 \text{ m}^2$  . Η ταχύτητα του ρευστού είναι  $2 \text{ m/s}$  . Ποια θα είναι η ταχύτητα του ρευστού σε μία διεύρυνση της διατομής του σωλήνα σε  $3 \text{ m}^2$  ;*

Σύμφωνα με το νόμο της συνέχειας:

$$S_1 \cdot u_1 = S_2 \cdot u_2 \Rightarrow 1 \text{ m}^2 \cdot 2 \text{ m/sec} = 3 \text{ m}^2 \cdot U_2 \Rightarrow U_2 = \frac{2}{3} \text{ m/sec} \Rightarrow U_2 = 0,66 \text{ m / sec}$$