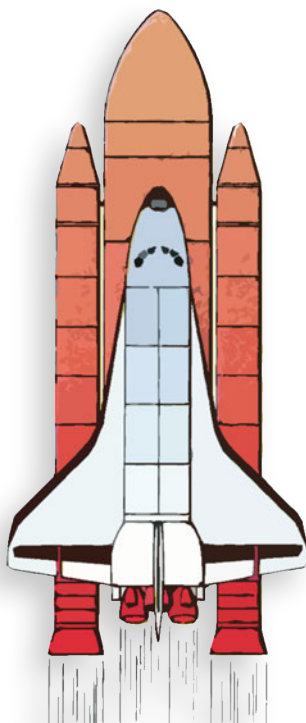


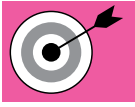


ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

- 1.1 Γενικά
- 1.2 Εφαρμογές της θερμοδυναμικής
- 1.3 Διεθνές σύστημα μονάδων (Δ.Σ.)
- 1.4 Σύστημα - Όριο συστήματος - Περιβάλλον
- 1.5 Θερμοδυναμική ισορροπία
- 1.6 Επιλογή συστήματος



Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- ✓ **Να γνωρίζετε**, ότι αντικείμενο της Θερμοδυναμικής είναι η μελέτη των φυσικών φαινομένων, που υφίσταται η ύλη, ως φορέας της ενέργειας των μηχανών, με σκοπό τη μετατροπή της ενέργειας και να αναφέρετε παραδείγματα.
- ✓ **Να εξηγείτε**, ότι η Θερμοδυναμική ασχολείται με τα φυσικά φαινόμενα, που μεταβάλλουν, εκτός από τα μηχανικά μεγέθη ενός σώματος συστήματος, τα θερμικά και χημικά μεγέθη του και να αναφέρετε παραδείγματα.
- ✓ **Να αναφέρετε** τα πεδία εφαρμογών της Θερμοδυναμικής.
- ✓ **Να εξηγείτε** και να **ορίζετε** τις βασικές έννοιες της Θερμοδυναμικής: σύστημα - όριο συστήματος - περιβάλλον - κλειστό σύστημα - μονωμένο - αδιαβατικό - ανοικτό σύστημα - όγκος ελέγχου - θερμοδυναμική ισορροπία.
- ✓ **Να διακρίνετε** τα είδη των συστημάτων, έτσι ώστε να διευκολύνετε στην επίλυση των προβλημάτων της Θερμοδυναμικής.
- ✓ **Να γνωρίζετε** τα βασικά φυσικά μεγέθη και τις μονάδες στις οποίες βασίζεται το Διεθνές σύστημα (S.I.), τα παράγωγα μεγέθη και τις μονάδες τους, που συναντάμε συχνά στη Θερμοδυναμική, δηλ. της πίεσης, ειδικού όγκου, θερμοκρασίας, δύναμης, ενέργειας ισχύος κ.λπ., όπως επίσης και μερικές καταργημένες μονάδες άλλων συστημάτων που έχουν καθιερωθεί.
- ✓ **Να αναφέρετε** τις διάφορες μορφές ενέργειας και να **γνωρίζετε** τους τύπους που τις εκφράζουν, τις μονάδες μέτρησής τους και να **δίνετε** σύντομο ορισμό.

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

Η γνώση της λειτουργίας των θερμικών μηχανών, αποτελεί βασικό αντικείμενο εκπαίδευσης των τεχνικών. Ένας κινητήρας μοτοσικλέτας, ένας κινητήρας αυτοκινήτου, αεροπλάνου είναι μερικά παραδείγματα αυτού του είδους μηχανών. Πριν περάσουμε, λοιπόν, να εξετάσουμε αυτές τις **μηχανές** που πραγματοποιούν τη μετατροπή της θερμότητας σε έργο, είναι αναγκαίο να ασχοληθούμε πρώτα με τη μελέτη των φαινομένων που πραγματοποιούν αυτές τις μετατροπές.

Θα μελετήσουμε τους νόμους που διέπουν αυτά τα φαινόμενα και τις αρχές στις οποίες στηρίζονται· αυτό είναι, άλλωστε, το αντικείμενο μελέτης εκείνου του μέρους της φυσικής που ονομάζεται **θερμοδυναμική**.

Η Θερμοδυναμική ασχολείται, λοιπόν, με τα φυσικά φαινόμενα που μεταβάλλονται, εκτός από τα μηχανικά μεγέθη ενός σώματος, τα θερμικά και χημικά μεγέθη του. Δεν μπορούμε επομένως στη θερμοδυναμική να θεωρούμε σταθερά τον ειδικό όγκο, την πίεση, τη θερμοκρασία και τη χημική σύσταση του σώματος, που υφίσταται το φαινόμενο, π.χ. σ' ένα κινητήρα αυτοκινήτου το μίγμα αέρα βενζίνης συμπιέζεται στον κύλινδρο και ακολούθως καίγεται. Κατά τη διάρκεια της συμπίεσης μεταβάλλονται τα Φ μεγέθη **P, V, T** και ακολουθεί η καύση, όπου αλλάζει η χημική σύσταση Φ του μίγματος. Επίσης, πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψη μας και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ όλων των μεγεθών που υπεισέρχονται στο φαινόμενο, π.χ., όπως θα δούμε στο κεφάλαιο των αερίων, μεταξύ των μεγεθών υπάρχει η σχέση **$P \cdot V = m \cdot R \cdot T$** . Στις μηχανές, η ύλη που είναι και ο φορέας της ενέργειας, μπορεί να είναι ένα υγρό ή ένα αέριο.

Στους νόμους, που διέπουν τις φυσικές μεταβολές αυτών των δυο μορφών της ύλης, θα επικεντρώσουμε τη μελέτη μας.

Επομένως, η θερμοδυναμική είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με τη μελέτη των ενεργειακών μετασχηματισμών και των μεταβολών των διαφόρων φυσικών ποσοτήτων ενός συστήματος οι οποίες επηρεάζονται ή προκαλούν αυτούς τους μετασχηματισμούς.

Η **εξέταση της ύλης** μπορεί να γίνει με δύο τρόπους.

- α. με τη μικροσκοπική μέθοδο και
- β. με τη μακροσκοπική

Η **μικροσκοπική μέθοδος** αφορά στη λεπτομερειακή δομή της ύλης, πραγματοποιείται με στατιστικούς τρόπους και ασχολείται με τις εφαρμογές των αρχών της μηχανικής στα άτομα και τα μόρια. Ο τρόπος αυτός της

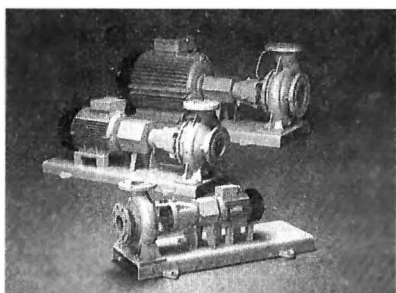
εξέτασης της ύλης ενδιαφέρει κυρίως τους φυσικούς και τους χημικούς και λιγότερο τους τεχνικούς.

Η **μακροσκοπική** εξέταση αφορά στα εξωτερικά χαρακτηριστικά του συνόλου της ύλης, δηλαδή στα γενικά χαρακτηριστικά και στις παραμέτρους εκείνες, που προσδιορίζουν την κατάσταση της ύλης, όπως η θερμοκρασία, η πίεση κ.λπ. που μπορούμε να τις αντιληφθούμε με τις αισθήσεις μας και να τις μετρήσουμε με τις μονάδες των φυσικών μεγεθών που γνωρίζουμε.

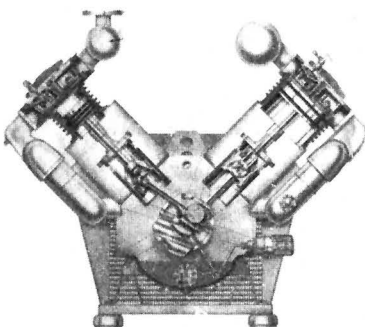
Εμείς σ' αυτό το βιβλίο θα ακολουθήσουμε τη μακροσκοπική εξέταση της ύλης. Θα μελετήσουμε προβλήματα και εφαρμογές της μηχανολογικής τέχνης. Επομένως, θα επιχειρήσουμε μια τεχνική προσέγγιση της θερμοδυναμικής.

1.2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

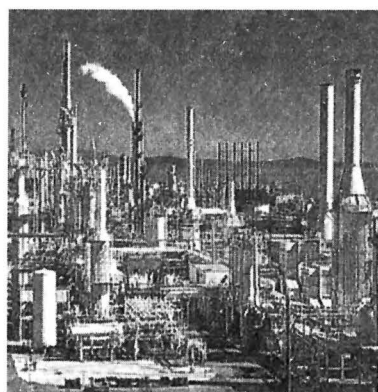
Οι εφαρμογές της θερμοδυναμικής είναι πάρα πολλές. Τα συστήματα θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, μια αντλία, ένα κομπρεσέρ είναι μερικές από αυτές που τις συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή. Σε μεγαλύτερη κλίμακα, λοιπόν η θερμοδυναμική παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό κινητήρων αυτοκινήτων, σκαφών αναψυχής, πλοίων, ελικοπτέρων, αεροπλάνων, πυραύλων. Επίσης στη βιομηχανική παραγωγή, όπου χρησιμοποιείται η θερμότητα που απελευθερώνεται από την καύση, σε βιομηχανίες κάθε μορφής π.χ., χημικές βιομηχανίες, μεταλλουργικές κλωστοϋφαντουργίες, βιομηχανίες τροφίμων. (σχ.1.2.α) Στις επόμενες παραγράφους θα μελετήσουμε τις βασικές έννοιες της Θερμοδυναμικής και θα δώσουμε χρήσιμους ορισμούς.



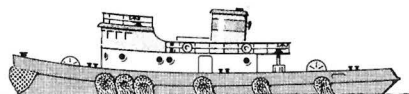
αντλίες



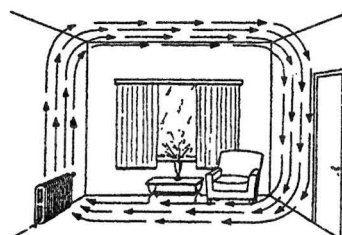
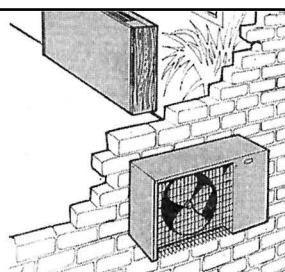
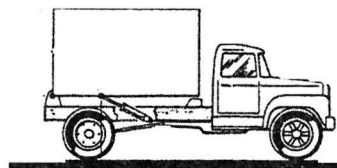
κομπρεσέρ



εργοστάσια



θερμικοί κινητήρες



**εγκαταστάσεις θέρμανσης
και κλιματισμού**

Σχήμα 1.2.α Πεδία εφαρμογών της Θερμοδυναμικής

1.3. ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΟΝΑΔΩΝ (Δ.Σ.)

Σ' αυτό το βιβλίο θα χρησιμοποιηθούν μονάδες του Διεθνούς Συστήματος μονάδων (Δ.Σ.) ή SYSTÈME INTERNATIONAL D' UNITÉS (S.I.).

Το (SI) καθιερώθηκε το 1960 από το γενικό συνέδριο μέτρων και σταθμών. Βασίζεται σε επτά φυσικά μεγέθη και δύο συμπληρωματικά. Τα σύμβολα και οι μονάδες των μεγεθών αυτών φαίνονται στον πίνακα 1.1

Πίνακας 1.1

ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑ (SI): Σύμβολα φυσικών μεγεθών και μονάδες.

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

Τα μεγέθη αυτά τα ονομάζουμε **κύρια ή βασικά** και τα επιλέγουμε αυθαίρετα ως μονάδες μέτρησης.

Όλα τα άλλα τα ονομάζουμε **παράγωγα ή δευτερεύοντα** και τα ορίζουμε χρησιμοποιώντας σχέσεις Φυσικής ή Γεωμετρίας που τα συνδέουν με τα βασικά. π.χ.

ταχύτητα = μήκος / χρόνος με μονάδα μετρήσεως m/s,

επιτάχυνση = ταχύτητα / χρόνο με μονάδα μετρήσεως m/s²,

όγκος = μήκος x μήκος x μήκος με μονάδα m³,

ειδικός όγκος = όγκος / μάζα με μονάδα m³/kg.

1.3.1. Πίεση - ειδικός όγκος - θερμοκρασία

Η **μονάδα της πίεσης** (Δύναμη ανά μονάδα επιφανείας) είναι το **N/m²** και ονομάζεται **Πασκάλ, (Pa)**.

Επειδή η μονάδα πίεσης Pa, είναι πάρα πολύ μικρή, χρησιμοποιείται το **μπαρ** που ορίζεται ως εξής:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2 = 10^5 \text{ Pa}$$

Το πλεονέκτημα της χρήσης αυτής της μονάδας είναι ότι η τιμή της είναι περίπου ίση με την ατμοσφαιρική πίεση.

$$1 \text{ κανονική ατμόσφαιρα} = 1.01325 \text{ bar}$$

$$1 \text{ atm} = 101.325 \text{ Pa} = 1013250 \text{ KPa} = 1.01325 \text{ bar}$$

Ειδικός όγκος (v) ενός συστήματος είναι ο όγκος του συστήματος ανά μονάδα μάζας του συστήματος.

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

Χρησιμοποιείται το σύμβολο V για τον όγκο του συστήματος.

Για τη θερμοκρασία και τη μέτρησή της θα γίνει λεπτομερής αναφορά στο τρίτο κεφάλαιο.

Στον παρακάτω πίνακα 1.2 φαίνονται οι αντιστοιχίες μερικών καταργημένων μονάδων με τις μονάδες του SI., οι οποίες έχουν καθιερωθεί και χρησιμοποιούνται σε πρακτικές εφαρμογές.

Πίνακας 1.2
Μετατροπή καταργημένων μονάδων σε μονάδες του SI

Καταργημένη μονάδα	Μονάδα του SI
1 Kp	9,81 N
1 PS	0,736 KW
1 HP	0,746 KW
1 cal	4,186 J

Π.χ., όταν αναφερόμαστε στην ισχύ ενός κινητήρα αυτοκινήτου, την εκφράζουμε πάντα σε ίππους.

Παρακάτω δίνουμε μερικούς σύντομους ορισμούς για τις διάφορες μορφές της ενέργειας. Σε επόμενα κεφάλαια θα αναφερθούμε σε αυτές.

1.3.2. Δύναμη - ενέργεια - ισχύς

Για να ορίσουμε τη **μονάδα της δύναμης** στο (S.I.), χρησιμοποιούμε τη σχέση που εκφράζει το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

Δύναμη = μάζα x επιτάχυνση

$$F = m \cdot a$$

Αντικαθιστώντας στην παραπάνω σχέση όπου $m = 1 \text{ kg}$ και $a = 1 \text{ m/s}^2$ έχουμε

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

Αυτή τη σύνθετη μονάδα $1 \text{ kg} \cdot 1 \text{ m/s}^2$ ονομάζουμε **Νιούτον, (N)** 1 N είναι η δύναμη που δίνει η επιτάχυνση 1 m/s^2 σε σώμα μάζας 1 kg .

Όπως γνωρίζουμε από τη Μηχανική, η μονάδα έργου στο (SI) είναι (Έργο = Δύναμη x Μετατόπιση) $\text{N} \cdot \text{m}$.

Η **θερμότητα** και το **έργο** είναι και τα δύο μορφές ενέργειας που έχουν μονάδα μέτρησης το **Τζάουλ, (J)**, δηλαδή

$$1 \text{ Τζάουλ} = 1 \text{ Νιούτον} \times 1 \text{ μέτρο} \text{ ή } 1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Η **μονάδα μέτρησης της ισχύος** στο (SI) είναι το **Βατ, (W)**, δηλαδή

$$1 \text{ W} = 1 \text{ Τζάουλ ανά δευτερόλεπτο} \text{ ή } 1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

1 Βατ είναι η ισχύς ενός κινητήρα που παράγει έργο 1 J σε χρόνο 1 s .

Πίνακας 1.2

Μονάδες εκτός SI που επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους			
ISO 31			
Μέγεθος	Μονάδα	Σύμβολο	Παρατηρήσεις
Χρόνος	πρώτο λεπτό	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	ώρα	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$
	ημέρα	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h}$
	έτος	a	$1 \text{ a} = 365 \text{ d}$
Επίπεδη γωνία	μοίρα	°	1°
	πρώτο λεπτό	'	$1' = (1/60)^\circ$
	δεύτερο λεπτό	"	$1'' = (1/60)'$
όγκος	λίτρο	ℓ	$1 \ell = 1 \text{ dm}^3 = 1/1000 \text{ m}^3$
μάζα	τόνος	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
ενέργεια	ηλεκτρονιοβόλτ	ev	$1 \text{ e} = 1,602 \times 10^{-9} \text{ J}$
πίεση ρευστού	μπαρ	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

• Μορφές ενέργειας στα Θερμοδυναμικά συστήματα

Ενέργεια ονομάζουμε την ικανότητα ενός συστήματος να παράγει έργο.

Η παρουσία της ενέργειας γίνεται αντιληπτή από τα αποτελέσματα της και αυτά μπορούν να εμφανιστούν με διάφορες μορφές.

Η ενέργεια εμφανίζεται ως θερμική, μηχανική, κινητική, δυναμική, ηλεκτρική, χημική, πυρηνική.

Η θερμοδυναμική ασχολείται με τις μετατροπές της ενέργειας.

Μονάδα μέτρησης της ενέργειας σε όλες τις μορφές είναι το **Τζάουλ, J** και τα πολλαπλάσια του **kJ** και **MJ**.

1. Δυναμική ενέργεια

Εάν ένα **ρευστό μάζας m** βρίσκεται σε ύψος **Z** από ένα επίπεδο αναφοράς, τότε αυτό έχει **δυναμική ενέργεια**:

$$E_g = mg Z, \text{ J και ανά μονάδα μάζας } E_g = g \cdot Z = 9,81 Z, \text{ J/kg}$$

2. Κινητική ενέργεια

Εάν ένα **ρευστό** βρίσκεται σε κίνηση τότε έχει κινητική ενέργεια. Εάν ρέει με ταχύτητα **V**, τότε θα έχει **κινητική ενέργεια** ανά μονάδα μάζας:

$$E_c = \frac{V^2}{2}, \text{ J / kg}$$

3. Εσωτερική ενέργεια

Όλα τα ρευστα έχουν αποθηκευμένη ενέργεια που οφείλεται στην κίνηση των ατόμων και μορίων τους, δηλ. στη δομή τους.

Αυτή την ονομάζουμε **εσωτερική ενέργεια**.

4. Θερμότητα

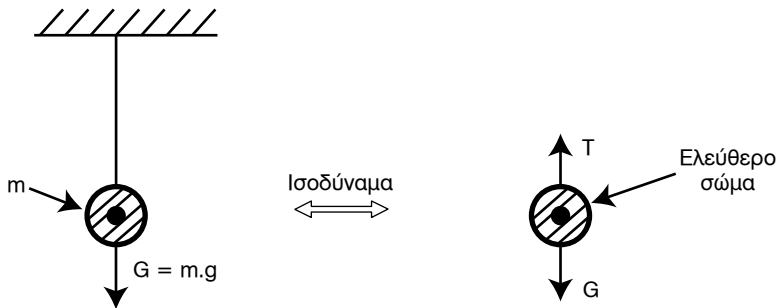
Θερμότητα είναι η ενέργεια σε μεταφορά εξ αιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας.

5. Έργο

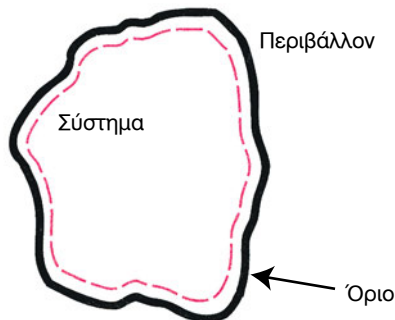
Έργο είναι ενέργεια σε μεταφορά, όπου η διαφορά θερμοκρασίας δεν εμπέκεται άμεσα.

1.4. ΣΥΣΤΗΜΑ – ΟΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Στη Μηχανική, για να γίνει ευκολότερη η μελέτη των προβλημάτων της χρησιμοποιήθηκε η έννοια του “**ελεύθερου σώματος**” π.χ. Για να μελετήσουμε την ισορροπία του αναρτημένου σώματος μάζας m (σχ. 1.4.α) αντικαθιστούμε τη στήριξη με την τάση του νήματος T και εφαρμόζουμε τις εξισώσεις ισορροπίας στο “ελεύθερο σώμα” (σχ. 1.4.β).



Σχήμα 1.4 -α: Αναρτημένο σώμα μάζας m **Σχήμα 1.4 -β:** Ελεύθερο σώμα μάζας m



Σχήμα 1.4 -γ: Σύστημα

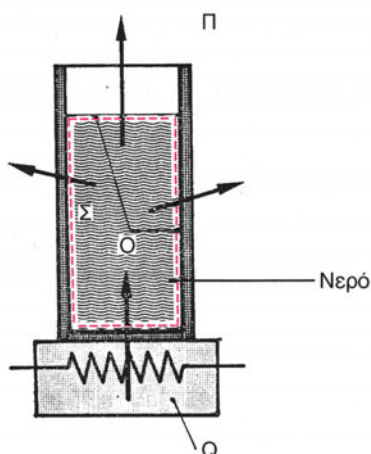
Κατ’ αναλογία, **στη Θερμοδυναμική** θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο “**σύστημα**”, σχ. (1.4.-γ) **Σύστημα ονομάζεται το σύνολο των φυσικών σωμάτων (στερεά, υγρά, αέρια) πάνω στα οποία εργαζόμαστε για να πετύχουμε ένα συγκεκριμένο σκοπό.**

Αν, για παράδειγμα, θερμάνουμε μια ορισμένη ποσότητα νερού, τότε το σύστημά μας θα είναι αυτή η ποσότητα του νερού. Πράγματι, εμείς πάνω σ’ αυτή εργαζόμαστε, για να πετύχουμε ένα συγκεκριμένο σκοπό, δηλαδή να αυξήσουμε τη θερμοκρασία του.

Το σύστημα, επομένως, είναι μια φυσική οντότητα, η οποία έχει βάρος και καταλαμβάνει ένα ορισμένο όγκο, ο οποίος περιορίζεται από μια επιφάνεια κλειστή, που ονομάζουμε **όριο του συστήματος**.

Η περιοχή του χώρου που δεν καταλαμβάνει το σύστημα, ονομάζεται **περιβάλλον**. Το περιβάλλον του συστήματος δεν θα το θεωρούμε απεριόριστο. Το περιβάλλον του συστήματος θα αποτελείται από φυσικά σώματα, τα οποία βρίσκονται σε άμεση επαφή με το σύστημα και είναι σε θέση να αλληλεπιδράσουν φυσικώς με αυτό. Στην περίπτωση του νερού που θερμαίνουμε, όπως προαναφέραμε (σχ.1.4.δ), το σύστημα Σ αποτελείται από τη μάζα του νερού που περιέχεται στο δοχείο. Το όριο O απεικονίζεται στο σχήμα από την εσωτερική επιφάνεια του δοχείου και την ελεύθερη επιφάνεια του υγρού. Τα περιβάλλον (Π) αποτελείται από το θερμαντικό στοιχείο Q , από το υλικό του δοχείου και από τον άμεσα περιβάλλοντα αέρα του συστήματος.

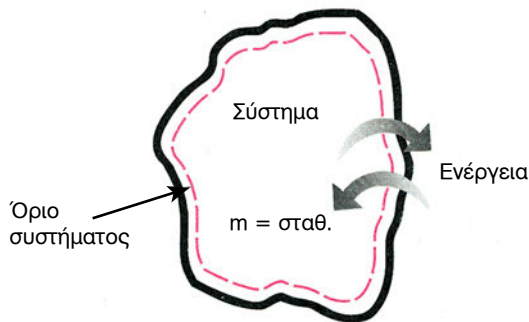
Υπάρχουν δυο κατηγορίες συστημάτων, τα **κλειστά** και τα **ανοικτά συστήματα**, που θα εξετάσουμε στη συνέχεια.



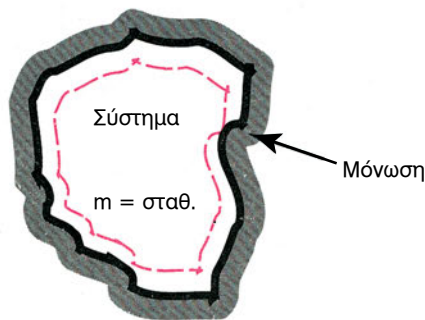
Σχήμα 1.4.δ: Σύστημα - όριο συστήματος - περιβάλλον

1.4.1. Κλειστά συστήματα

Τα **κλειστά συστήματα** περιορίζονται από επιφάνειες, που δεν επιτρέπουν τη **μεταφορά μάζας** από το σύστημα προς το περιβάλλον και αντίστροφα. Για τα κλειστά συστήματα ισχύει η σχέση: $m = \text{σταθ}$ (σχ. 1.4.1 .α).



Σχήμα 1.4.1α: Κλειστό σύστημα

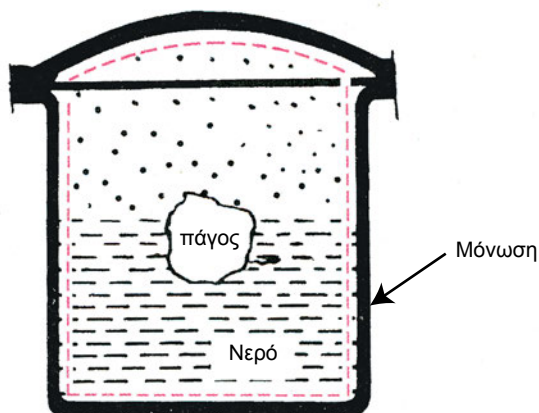


Σχήμα 1.4.1β: Μονωμένο σύστημα

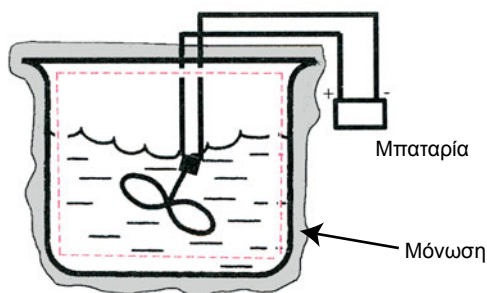
Το **κλειστό σύστημα** στο οποίο δεν υπάρχει **εναλλαγή ενέργειας** με το περιβάλλον, σε οποιαδήποτε μορφή, ονομάζεται **μονωμένο σύστημα**. Για το μονωμένο σύστημα ισχύει η σχέση $E = \text{σταθ.}$, όπου E η ολική ενέργεια του συστήματος (σχήμα 1.4.1 β και σχήμα 1.4.1 γ.)

Υπάρχουν και συστήματα που επιτρέπουν σε ορισμένες μορφές ενέργειας τη μεταφορά και σε άλλες όχι, π.χ. σε κλειστό μονωμένο δοχείο μέσω αναδευτήρα χορηγούμε έργο στο σύστημα, ενώ δεν υπάρχει εναλλαγή θερμότητας λόγω της μόνωσης.

Επομένως, τα συστήματα εκείνα που δεν επιτρέπουν την εναλλαγή θερμικής ενέργειας με το περιβάλλον τους ονομάζονται **αδιαβατικά** (σχ. 1.4.1 δ). Αντίθετα εκείνα που ανταλλάσσουν ενέργεια ονομάζονται **μη αδιαβατικά**.

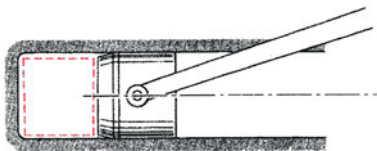


Σχήμα 1.4.1γ: Θερμός: μονωμένο σύστημα



Σχήμα 1.4.1δ: Αδιαβατικό σύστημα

Από τους παραπάνω ορισμούς προκύπτει ότι ο όγκος του συστήματος δεν είναι απαραίτητα σταθερός, που σημαίνει ότι τα όριά του μπορούν να μετακινούνται. Το αέριο μέσα στον κύλινδρο (σχ. 1.4. 1ε) αποτελεί παράδειγμα ενός κλειστού συστήματος, γιατί το έμβολο κλείνει στεγανά τον κύλινδρο, που σημαίνει ότι η ποσότητα του αερίου παραμένει σταθερή. Στο παρακάτω σχήμα (1.4. 1στ.) φαίνονται μερικά κλειστα συστήματα



Σχήμα 1.4.1ε: διάταξη κυλίνδρου – εμβόλου

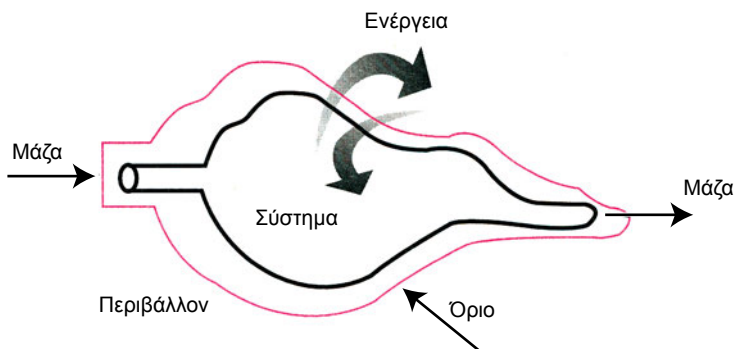


Σχήμα 1.4.1 στ: Κλειστά συστήματα

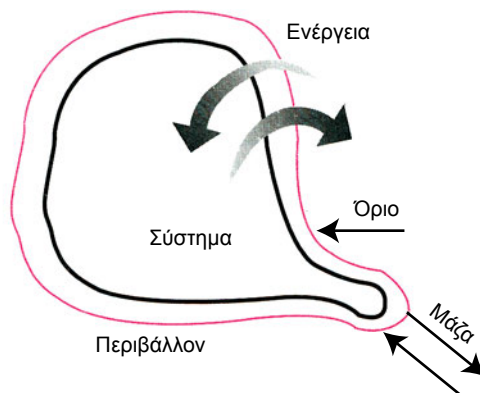
1.4.2. Ανοικτά συστήματα

Τα **ανοικτά συστήματα** περιορίζονται από επιφάνειες, που επιτρέπουν σε ορισμένα σημεία τη μεταφορά μάζας (σχ. 1.4.2α,β.)

Η ιδιότητα των κλειστών συστημάτων $m = \text{σταθ.}$ ισχύει και για τα ανοικτά συστήματα, όταν η **μάζα που εισέρχεται** είναι ίση με τη **μάζα που εξέρχεται**.



Σχήμα 1.4.2α: Ανοικτό σύστημα διπλής ροής

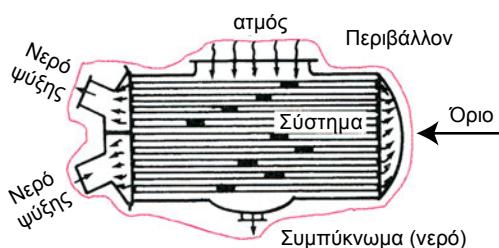


Σχήμα 1.4.2β: Ανοικτό σύστημα μονής ροής

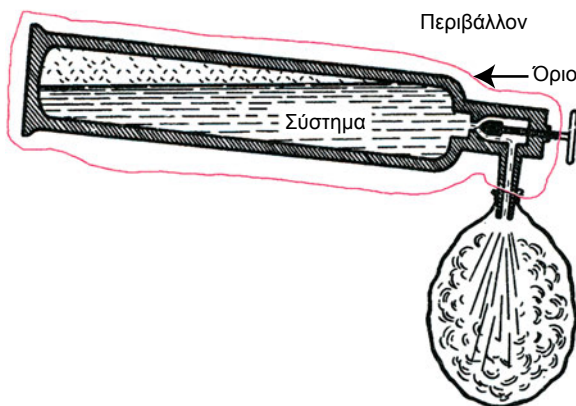
Παράδειγμα ανοικτού συστήματος διπλής ροής αποτελεί εναλλάκτης θερμότητας, πρόκειται για ένα ψυγείο (σχ. 1.4.2γ), του οποίου τα σταθερά όρια, δηλ. το περίβλημά του, επιτρέπουν μια σταθερή ροή μάζας μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντός του. Επειδή τα όρια του συστήματος είναι σταθερά, θα είναι σταθερός και ο όγκος του.

Για τα ανοικτά συστήματα, το μέρος του χώρου που καθορίζει το σύστημα, ονομάζεται **όγκος ελέγχου**.

Παράδειγμα ανοικτού συστήματος μονής ροής αποτελεί η φιάλη του σχήματος (1.4.2δ), που περιέχει ένα αέριο, που εκτονώνεται στο περιβάλλον του.



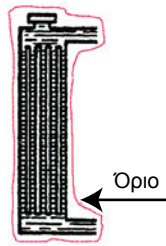
Σχήμα 1.4.2γ: Ψυγείο ατμού ανοικτό σύστημα διπλής ροής



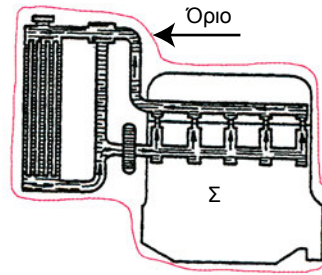
Σχήμα 1.4.1.2δ: Εκτόνωση αερίου ανοικτό σύστημα μονής ροής

Ενα μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ιδιαίτερο σύστημα και να εξετασθεί ξεχωριστά.

Ως παράδειγμα μεγαλύτερου συστήματος αναφέρουμε έναν κινητήρα αυτοκινήτου στον οποίο μπορούμε να απομονώσουμε το ψυγείο νερού και να το εξετάσουμε σαν ξεχωριστό σύστημα, (σχ. 1.4.2ε,στ).



Σχήμα 1.4.2ε: Ψυγείο νερού ενός κινητήρα αυτοκινήτου



Σχήμα 1.4.2στ: Κινητήρας αυτοκινήτου

1.5. ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑ

Η **Θερμοδυναμική ισορροπία** ενός συστήματος προϋποθέτει τρία άλλα είδη ισορροπίας όπως:

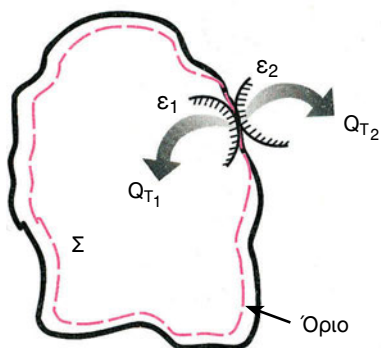
- α) **Θερμική ισορροπία:** Η θερμοκρασία του συστήματος είναι ίδια σε όλα τα σημεία.
- β) **Μηχανική ισορροπία:** Όλες οι εσωτερικές δυνάμεις εξισορροπούνται, όπως και οι δυνάμεις μεταξύ συστήματος και περιβάλλοντος.
- γ) **Χημική ισορροπία:** Η εσωτερική δομή και η χημική σύσταση παραμένουν σταθερά.

Επομένως, θα λέμε ότι ένα σύστημα είναι σε **Θερμοδυναμική ισορροπία**, όταν είναι σε μηχανική, θερμική και χημική ισορροπία.

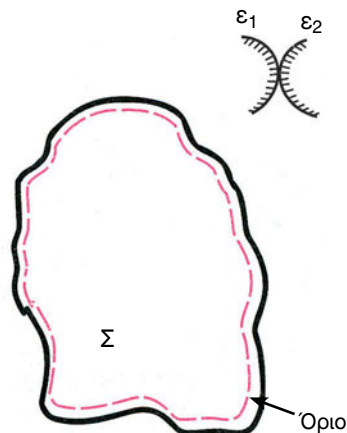
1.6. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Για να λύσουμε **θερμοδυναμικά προβλήματα**, είναι απαραίτητο να **επιλέξουμε** με προσοχή το **σύστημα**. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει **να προσδιορίσουμε με ακρίβεια το σύστημα**, δηλαδή **τα όρια** αυτού και τον **περιβάλλοντα χώρο του**.

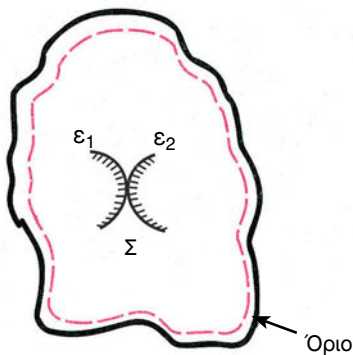
Εστω ότι έχουμε δύο επιφάνειες στερεών σωμάτων $\mathcal{E}_1$ και $\mathcal{E}_2$ σε επαφή, που βρίσκονται σε σχετική κίνηση μεταξύ τους (σχήμα 1.6.α,β,γ.) όπως



Σχήμα 1.6α: Λανθασμένη επιλογή συστήματος



Σχήμα 1.6β: Σωστή επιλογή συστήματος.

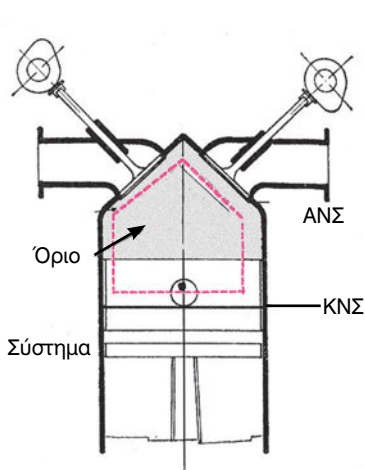


Σχήμα 1.6γ: Σωστή επιλογή συστήματος

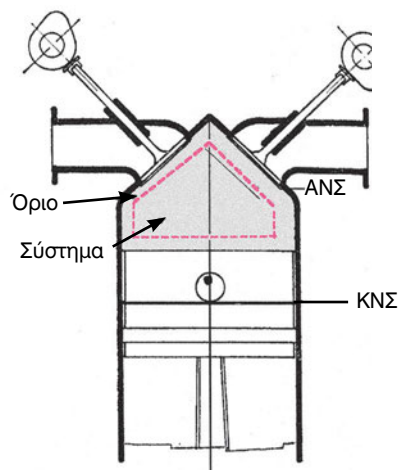
Όπως γνωρίζουμε από τη Μηχανική, θα αναπτυχθεί τριβή και επομένως θερμότητα. Το ποσό της θερμότητας που παράγεται από την τριβή είναι γνωστό ότι μπορεί να υπολογιστεί. Παρατηρώντας το σχήμα 1.6α, διαπιστώνουμε ότι ένα μέρος της παραγόμενης θερμότητας από την τριβή, μπαίνει στο σύστημα και ένα άλλο μέρος μπαίνει στο εξωτερικό μέρος του συστήματος. Όμως δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν τα μεγέθη Q_{T1} και Q_{T2} με αποτέλεσμα να υποστηρίζουμε ότι το θερμοδυναμικό πρόβλημα που παρουσιάζεται σ' αυτό το σύστημα, είναι **άλυτο**. **Για την επιλογή των συστημάτων θα πρέπει να αποφεύγονται επιλογές, όπως η πιο πάνω.** Δεν ενοχλεί την επίλυση των θερμοδυναμικών προβλημάτων, εάν αυτές οι επιφάνειες βρίσκονται όλες μέσα ή όλες έξω από το σύστημα, όπως παρατηρούμε στα σχήματα 1.6.β,γ.

Ας δούμε ένα **θερμοδυναμικό πρόβλημα** που παρουσιάζεται συχνά στην πράξη. Σ' ένα κινητήρα αυτοκινήτου, το έμβολο παλινδρομεί μέσα στον κύ-

λινδρο μεταξύ του Άνω Νεκρού Σημείου (Α.Ν.Σ.) και του Κάτω Νεκρού Σημείου (Κ.Ν.Σ.) όπως φαίνεται στο σχήμα 1.65. **Βρισκόμαστε στη φάση της εκτόνωσης των καυσαερίων** και ζητάμε να υπολογίσουμε **το έργο που παράγεται κατά την εκτόνωση των καυσαερίων**, που στη συνέχεια λαμβάνεται από το έμβολο και μέσω του διωστήρα μεταφέρεται στη στροφαλοφόρο άτρακτο, με τη μορφή μηχανικού έργου. Για τη λύση του θερμοδυναμικού αυτού προβλήματος, πρώτη μας ενέργεια είναι να προσδιορίσουμε το σύστημα μελέτης του προβλήματος, δηλαδή το μέρος της ύλης στο οποίο θα επικεντρώσουμε την προσοχή μας.



Σχήμα 1.6δ: Λανθασμένη επιλογή συστήματος.



Σχήμα 1.6ε: Σωστή επιλογή συστήματος.

Παρατηρούμε ότι, αν επιλέξουμε το σύστημα, όπως στο (σχ. 1.6δ) στα σημεία Α και Β, δηλαδή στα όρια του συστήματος, υπάρχουν επιφάνειες σε σχετική κίνηση μεταξύ τους και, επομένως, εμπίπτουμε στην περίπτωση όπου **το πρόβλημα είναι άλυτο**. Αντίθετα, εάν παρατηρήσουμε το (σχ. 1.6ε) και επιλέξουμε το σύστημα που φαίνεται στο σχήμα, τότε δεν υπάρχει το προηγούμενο εμπόδιο και συνεπώς **το πρόβλημα έχει λύση**.



ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΛΗΨΗ 1ου ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Η **Θερμοδυναμική** ασχολείται με τα φυσικά φαινόμενα που μεταβάλλουν, εκτός από τα μηχανικά μεγέθη ενός συστήματος, τα θερμικά και χημικά μεγέθη του.
- Μονάδες μέτρησης της πίεσης στο (S.I.) είναι το **Πασκάλ (Pa)**, της ενέργειας το **Τζάουλ (J)** και της ισχύος το **Βατ, (W)**.
- Η **ενέργεια** εμφανίζεται με **διάφορες μορφές** ως θερμική, μηχανική, κινητική, δυναμική, ηλεκτρική, χημική, πυρηνική.
- Ένα σύστημα με σταθερή μάζα ονομάζεται **κλειστό σύστημα** και ένα σύστημα που επιτρέπει τη μεταφορά μάζας, μέσω των οριακών του επιφανειών, ονομάζεται **ανοικτό σύστημα** ή **όγκος ελέγχου**.
- Η **σωστή επιλογή συστήματος** διευκολύνει την **επίλυση θερμοδυναμικών προβλημάτων**.
- Η **θερμοδυναμική ισορροπία** ενός συστήματος προϋποθέτει την **θερμική, μηχανική και χημική ισορροπία**.