

Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

Διδάσκουσα: Παρασκευή Παναγιωτοπούλου

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών
Περιβάλλοντος

Γραφείο: Κτίριο K2.119

Email: ppanagiotopoulou@chenveng.tuc.gr

Μέρες/Ώρες διδασκαλίας: Τρίτη (13.00-15.00)-Πέμπτη (14.00-16.00)

Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

Φροντιστηριακές Ασκήσεις: Πέμπτη 15:00-16:00

Αφροδίτη Παπαδοπούλου

afpapadopoulou@chenveng.tuc.gr

Ώρες γραφείου

Τετάρτη 10:00-12:00

Πέμπτη 10:00-12:00

Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

Συγγράμματα που διανέμονται:

- Θερμοδυναμική για μηχανικούς, Yunus A. Cengel, Michael A. Boles
- Εισαγωγή στη θερμοδυναμική, J.M. Smith, H.C. Van Ness, M.M. Abbott
- Θερμοδυναμική και προχωρημένη θερμοδυναμική, Α. Πολυζάκης

Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

Τελική εξέταση-σειρές ασκήσεων:

Τελική εξέταση: Κλειστά βιβλία, Τυπολόγιο 1 κόλλα A4

4 σειρές ασκήσεων: 0-40% (προαιρετικές, μετρούν όσες είναι > 5/10 και με τη προϋπόθεση ότι ο βαθμός της τελικής εξέτασης είναι > 4/10)

	1 ^η σειρά	2 ^η σειρά	3 ^η σειρά	4 ^η σειρά
Βαθμός:	6/10	3 0	10/10	7/10
	6		10	7
				(μέσος όρος)×30% = 7.7×0.3



Αν ο βαθμός στη τελική εξέταση είναι **4/10** ο τελικός βαθμός θα είναι $4 \times 0.7 + 7.7 \times 0.3 = 2.8 + 2.3 = 5.1$

Περιβαλλοντική Θερμοδυναμική

Ύλη Μαθήματος:

1. Εισαγωγή στη θερμοδυναμική-Βασικές Έννοιες
2. Ενέργεια – Μεταφορά Ενέργειας
3. Ιδιότητες Καθαρών Ουσιών
4. Ενεργειακή ανάλυση κλειστών συστημάτων και όγκων ελέγχου (πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής)
5. Δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής
6. Εντροπία
7. Κύκλοι ισχύος αέρα και ατμού
8. Ψυκτικοί κύκλοι
9. Σχέσεις θερμοδυναμικών ιδιοτήτων

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοδυναμική και Ενέργεια:

Ο όρος θερμοδυναμική προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις:

Θέρμη + Δύναμη (Ισχύς)

Χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να περιγράψει τις πρώιμες προσπάθειες μετατροπής της θερμότητας σε ισχύ

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Περιοχές Εφαρμογής της Θερμοδυναμικής

Η θερμοδυναμική συναντάται συχνά σε πολλά συστήματα μηχανικής αλλά και στη καθημερινή ζωή:

1. Πολλές οικιακές συσκευές έχουν σχεδιαστεί χρησιμοποιώντας τις αρχές της θερμοδυναμικής (π.χ. ηλεκτρικές συσκευές, συστήματα θέρμανσης και κλιματισμού, θερμοσίφωνας, ηλεκτρικό σίδερο, χύτρα ταχύτητας, τηλεόραση, Η/Υ).



Το ηλιακό σύστημα θερμού νερού εμπλέκει τη θερμοδυναμική

2. Η θερμοδυναμική διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και ανάλυση των μηχανών των αυτοκινήτων, των πυραυλικών συστημάτων, των συστημάτων παραγωγής ενέργειας, των ηλιακών συλλεκτών καθώς και τη σχεδίαση κάθε είδους οχήματος (π.χ. αυτοκίνητα, αεροσκάφη κ.λ.π.).

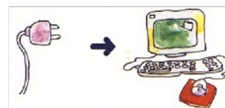
Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοδυναμική και Ενέργεια:

Αρχή διατήρησης της ενέργειας: Κατά τη διάρκεια μιας αλληλεπίδρασης συστημάτων, η ενέργεια μπορεί να μετατρέπεται από μια μορφή σε κάποια άλλη, αλλά το συνολικό ποσό της ενέργειας παραμένει σταθερό.

Η ενέργεια δε μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί!

Μετατροπές Ενέργειας



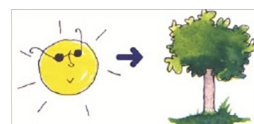
Ηλεκτρική → Φωτεινή + Θερμότητα



Χημική → Κινητική + Θερμότητα



Χημική → Κινητική + Θερμότητα



Φωτεινή → Χημική

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοδυναμική και Ενέργεια:

Αρχή διατήρησης της ενέργειας: Κατά τη διάρκεια μιας αλληλεπίδρασης συστημάτων, η ενέργεια μπορεί να μετατρέπεται από μια μορφή σε κάποια άλλη, αλλά το συνολικό ποσό της ενέργειας παραμένει σταθερό.

Η ενέργεια δε μπορεί να δημιουργηθεί ή να καταστραφεί!



Ο Πρώτος Νόμος της Θερμοδυναμικής

είναι απλά μια διατύπωση της

Αρχής Διατήρησης της Ενέργειας

Μετατροπές Ενέργειας



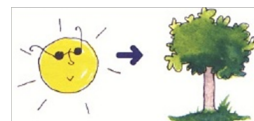
Ηλεκτρική $\rightarrow$ Φωτεινή + Θερμότητα



Χημική $\rightarrow$ Κινητική + Θερμότητα



Χημική $\rightarrow$ Κινητική + Θερμότητα



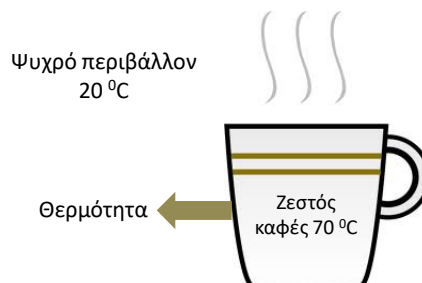
Φωτεινή $\rightarrow$ Χημική

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοδυναμική και Ενέργεια:

Ο Δεύτερος Νόμος της Θερμοδυναμικής υποστηρίζει ότι η ενέργεια έχει «ποιότητα» καθώς και «ποσότητα» και δηλώνει ότι οι φυσικές διεργασίες συμβαίνουν προς τη κατεύθυνση υποβάθμισης της ποιότητας της ενέργειας.

Η υψηλής θερμοκρασίας ενέργεια του ζεστού καφέ υποβαθμίζεται, από τη στιγμή που θα μεταφερθεί στο περιβάλλοντα αέρα.



Η θερμότητα ρέει προς τη κατεύθυνση μείωσης της θερμοκρασίας

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοδυναμική και Ενέργεια:

Ο Τρίτος Νόμος της Θερμοδυναμικής ορίζει ότι η εντροπία ενός συστήματος σε απόλυτη θερμοκρασία ($T = 0 \text{ K}$) είναι μηδέν (δηλαδή $S = 0$).

Κάθε σύστημα έχει μια ιδιότητα, την εντροπία (*entropy*, S), η οποία συνδέεται με τις μετρήσιμες ιδιότητες του συστήματος.

Η εντροπία είναι μέτρο της τάξης ή της αταξίας ενός συστήματος. Η εντροπία ενός συστήματος συνδέεται με τον ολικό αριθμό των δυνατών μικροσκοπικών καταστάσεων ενός συστήματος, ο οποίος ονομάζεται θερμοδυναμική πιθανότητα p . Η εντροπία ορίζεται από την εξίσωση του Boltzmann:

$$S = k \cdot \ln p$$

όπου $k=1.3806 \cdot 10^{23} \text{ kJ/(kmol} \cdot \text{K)}$ η σταθερά του Boltzmann, και p η πιθανότητα να βρεθεί το σύστημα στην κατάσταση που βρίσκεται σε σχέση με όλες τις δυνατές καταστάσεις που θα μπορούσε να βρίσκεται.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Κάθε φυσικό μέγεθος μπορεί να χαρακτηρίζεται από τις διαστάσεις του.

Τα μέτρα που αντιστοιχούν στις διαστάσεις ονομάζονται μονάδες.

Σήμερα χρησιμοποιούνται δύο κυρίως συστήματα:

1. Το Αγγλικό σύστημα («Παραδοσιακό Σύστημα Μονάδων Η.Π.Α.»)
2. Διεθνές Σύστημα Μονάδων S.I.

Οι επτά θεμελιώδεις διαστάσεις και οι μονάδες τους στο S.I.

Διάσταση	Μονάδα
Μήκος	μέτρο (meter, m)
Μάζα	χιλιόγραμμα (kilogram, kg)
Χρόνος	δευτερόλεπτο (second, s)
Θερμοκρασία	βαθμός Kelvin (kelvin, K)
Ηλεκτρικό ρεύμα	αμπέρ (ampere, A)
Ποσότητα φωτός	κηρίον (candela, cd)
Ποσότητα ύλης	γραμμομόριο (mole, mol)

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Τάξη μεγέθους

Τα τυποποιημένα προθέματα που χρησιμοποιούνται στο S.I για να εκφράσουν τα πολλαπλάσια των διαφόρων μονάδων.

Πολλαπλάσια			Υποπολλαπλάσια		
Πρόθεμα	Σύμβολο	Συντελεστής	Πρόθεμα	Σύμβολο	Συντελεστής
deca	da	10^1	deci	d	10^{-1}
hecto	h	10^2	centi	c	10^{-2}
kilo	k	10^3	milli	m	10^{-3}
mega	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
giga	G	10^9	nano	n	10^{-9}
tera	T	10^{12}	pico	p	10^{-12}
			femto	f	10^{-15}
			atto	a	10^{-18}

Το S.I. βασίζεται σε μια δεκαδική συσχέτιση μεταξύ των μονάδων.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Τι εννοούμε με τη τάξη μεγέθους ? Παραδείγματα

- Η απόσταση της γης από τον ήλιο 149.597.890 km
- Η απόσταση της γης από τη σελήνη 384.400 km
- Η περίμετρος της γης στον Ισημερινό 40.066 km
- Η απόσταση Αθήνας - Νέας Υόρκης 7.941 km
- Η απόσταση Θεσσαλονίκης- Αθήνας 550 km
- Το μήκος ενός γηπέδου ποδοσφαίρου 110 m
- Το μέσο μήκος ενός αυτοκινήτου 4,5 m
- Η μεγάλη διάσταση μιας σελίδας A4 29 cm
- Το πάχος μιας μύτης μολυβιού 5 mm
- Το μέγεθος ενός ανθρώπινου κυττάρου 1-10 μm
- Το μέγεθος ενός ιού 10-50 nm

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Ομοιογένεια διαστάσεων

- Στην επιστήμη της μηχανικής η κάθε εξίσωση πρέπει να είναι διαστατικά ομοιογενής:

Κάθε όρος της εξίσωσης θα πρέπει να μετράται στην ίδια μονάδα με όλους τους υπόλοιπους.

- Ο διαστατικός έλεγχος μπορεί να αποτελέσει πολύτιμο εργαλείο για τον εντοπισμό σφαλμάτων:

Εάν, σε κάποιο ενδιάμεσο στάδιο της ανάλυσης, βρεθούμε να προσθέτουμε δύο ποσότητες οι οποίες έχουν διαφορετικές μονάδες μέτρησης (π.χ. *Μήκος με Εμβαδό*), τότε αυτό αποτελεί ξεκάθαρη ένδειξη ότι έχουμε υποπέσει σε σφάλμα σε κάποια από τις προηγούμενες φάσεις της ανάλυσης.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Παραδείγματα:

1.1. Ποιο είναι το σύνηθες εμβαδόν διατομής ενός νεροπότηρου ($d=60\text{mm}$);

- a) 28.26 cm^3
- b) 28.26 cm^2
- c) $0,2826\text{ m}$
- d) 282.6 m^2

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Παραδείγματα:

1.2. Δίνεται ένας συντελεστής $k=2 \text{ day}^{-1}$. Ποια είναι η τιμή του σε s^{-1} ;

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Η Σημασία των Διαστάσεων και των Μονάδων

Παραδείγματα:

1.3. Η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας της γης σχετίζεται με το υψόμετρο με τη βοήθεια της σχέσης:

$$T_{\text{ατμ}} = \alpha - \beta \cdot z$$

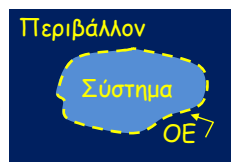
όπου $T_{\text{ατμ}}$ η θερμοκρασία σε K και z το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας σε km. Τι μονάδες έχουν οι συντελεστές α και β ; Αν οι τιμές των α και β είναι 288.15 και 6.5, αντίστοιχα, να υπολογιστεί η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας στο εξωτερικό αεροπλάνου που πετά σε ύψος 12000 m.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου

Σύστημα: Μία ποσότητα της ύλης ή μια περιοχή του χώρου που επιλέγεται προς μελέτη.

Περιβάλλον: Οι μάζες ή οι περιοχές που βρίσκονται εκτός του συστήματος.



Οριακή επιφάνεια ή Όριο: Η πραγματική ή φανταστική επιφάνεια που διαχωρίζει το σύστημα από το περιβάλλον του.

- Μπορεί να είναι σταθερή ή μετακινούμενη
- Έχει **μηδενικό πάχος** και επομένως ούτε περιέχει κάποια μάζα αλλά ούτε και καταλαμβάνει όγκο στο τρισδιάστατο χώρο

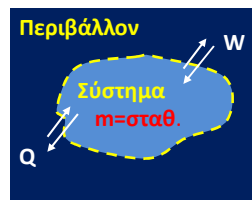
Τα συστήματα μπορούν να θεωρηθούν ως **κλειστά** ή **ανοικτά**, ανάλογα με το εάν έχει επιλεγεί προς μελέτη μια σταθερή ποσότητα μάζας ή ένας σταθερός όγκος στο χώρο.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Κλειστό Σύστημα (ή Μάζα Ελέγχου): Αποτελείται από μια σταθερή ποσότητα μάζας και δεν είναι επιτρεπτή η μεταφορά μάζας διαμέσου της οριακής επιφάνειας του συστήματος.

- Η **ενέργεια** μπορεί να διαπεράσει την οριακή επιφάνεια με τη μορφή θερμότητας ή έργου.
- Ο **όγκος** ενός κλειστού συστήματος δεν είναι απαραίτητο να παραμένει σταθερός.



Η οριακή επιφάνεια ενός κλειστού συστήματος είναι αδιαπέραστη από μάζα αλλά περατή από ενέργεια.

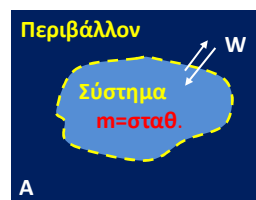
Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Ειδικές περιπτώσεις Κλειστών Συστημάτων:

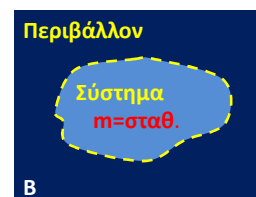
A. Αδιαβατική Οριακή Επιφάνεια

Το σύστημα μπορεί να ανταλλάσσει μόνο έργο με το περιβάλλον.



B. Απομονωμένο σύστημα

Το σύστημα δεν μπορεί να ανταλλάσσει ούτε ενέργεια με το περιβάλλον



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Ανοικτό Σύστημα (ή Όγκος Ελέγχου): Μια κατάλληλα επιλεγμένη περιοχή του χώρου που περικλείει συνήθως μια συσκευή που εμπεριέχει ροή μάζας (π.χ. αεροσυμπιεστής, στρόβιλος, ακροφύσιο κ.λ.π.).



- Η μάζα του συστήματος **δεν** είναι σταθερή
- Το σύστημα μπορεί να ανταλλάσσει θερμότητα και έργο με το περιβάλλον

Η ποσότητα ύλης του συστήματος μπορεί να :

- παραμένει σταθερή
- αυξάνεται με τον χρόνο
- μειώνεται με τον χρόνο

αλλά σε κάθε χρονική στιγμή θα είναι διαφορετική μάζα.

Οι οριακές επιφάνειες ενός όγκου ελέγχου ονομάζονται **επιφάνειες ελέγχου** και μπορούν είτε να είναι πραγματικές είτε φανταστικές.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Ειδικές περιπτώσεις Ανοιχτών Συστημάτων:

Αδιαβατική Οριακή Επιφάνεια

Το σύστημα μπορεί να ανταλλάσσει μόνο έργο και μάζα με το περιβάλλον.

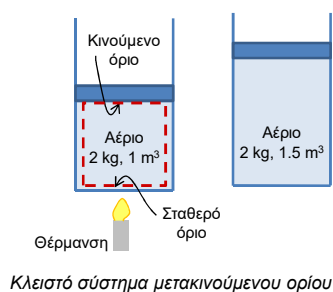
Θερμότητα μπορεί να μεταφέρεται από ή προς το σύστημα μόνο ως θερμικό περιεχόμενο της μάζας που εισέρχεται στο σύστημα ή εκρέει από το σύστημα.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Παράδειγμα Κλειστού Συστήματος-Έμβολο-Κύλινδρος



Κλειστό σύστημα μετακινούμενου ορίου

Σύστημα: Αέριο.

Οριακή Επιφάνεια: Οι εσωτερικές επιφάνειες του εμβόλου και του κυλίνδρου.

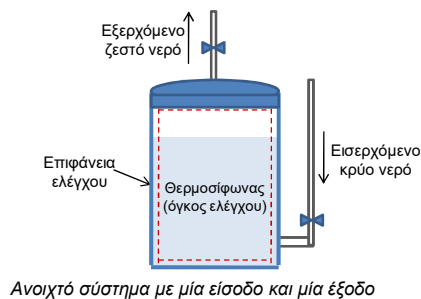
Περιβάλλον Συστήματος: Οτιδήποτε εκτός της μάζας του αερίου (έμβολο, κύλινδρος).

- Η ενέργεια (με τη μορφή θερμότητας) μπορεί να διαπερνά το όριο.
- Μέρος του ορίου (η εσωτερική επιφάνεια του εμβόλου) μπορεί να μεταβάλλει τη θέση του

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Παράδειγμα Ανοικτού Συστήματος- Θερμοσίφωνας



Πόση θερμότητα θα πρέπει να μεταφέρουμε στο νερό που βρίσκεται στο θερμοσίφωνα ώστε να δίνει μια σταθερή παροχή θερμού νερού;

Σύστημα: Όγκος που περικλείεται από τις εσωτερικές επιφάνειες του δοχείου.

Επιφάνεια Ελέγχου: Εσωτερικές επιφάνειες του δοχείου.

Μάζα Συστήματος: Ροές θερμού και κρύου νερού που διαπερνούν την επιφάνεια ελέγχου.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Παραδείγματα:

- 1.4 Κατατάξτε τα ακόλουθα συστήματα (το σύστημα είναι υπογραμμισμένο) σε Κλειστά (ΚΣ) και Ανοικτά (ΑΣ):
- (α) Μια σταγόνα υδραργύρου πάνω σε μια γυάλινη επιφάνεια
 - (β) Ένα αναβράζον δισκίο Depon σε ένα ποτήρι καθαρό νερό
 - (γ) το ψυγείο ενός κινούμενου αυτοκινήτου
 - (δ) ένα ψυγείο οικιακής χρήσης σε λειτουργία
 - (ε) μια χύτρα ταχύτητας που περιέχει φαγητό σε 85°C
 - (στ) ένας άνθρωπος που κοιμάται
 - (ζ) ένα ποτήρι που περιέχει ασετόν
 - (η) μια φιάλη οξυγόνου ενός δύτε σε βάθος 50 m
 - (θ) ένα μπαλόνι με ήλιο που ξέφυγε από το χέρι του παιδιού κι ανεβαίνει στον ουρανό.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Συστήματα και Όγκοι Ελέγχου-Είδη Συστημάτων

Παραδείγματα:

1.5 Όταν η ποσότητα ύλης ενός συστήματος δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο τότε μιλάμε για κλειστό σύστημα. Σωστό ή Λάθος;

Λάθος. Η ποσότητα ύλης ενός συστήματος μπορεί να παραμένει σταθερή και στην περίπτωση του ανοικτού συστήματος όταν έχουμε μόνιμη κατάσταση, δηλ. η συσσώρευση είναι μηδενική.

1.6. Παγωμένο νερό σε κλειστό δοχείο Dewar μπορεί να θεωρηθεί απομονωμένο σύστημα. Σωστό ή Λάθος;

Σωστό. Αν ορίσουμε ως σύστημα το νερό εντός του δοχείου αυτό δεν μπορεί να ανταλλάξει με το περιβάλλον του ούτε μάζα (κλειστό δοχείο) ούτε θερμότητα εφόσον το δοχείο είναι θερμομονωμένο (αδιαβατικό).

1.7. Το ενεργειακό περιεχόμενο ενός αδιαβατικού κλειστού συστήματος δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο. Σωστό ή Λάθος;

Λάθος. Το ενεργειακό περιεχόμενο του αδιαβατικού κλειστού συστήματος μπορεί να μεταβληθεί με την ανταλλαγή έργου με το περιβάλλον του.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ιδιότητες Συστήματος

Οποιοδήποτε χαρακτηριστικό ενός συστήματος ονομάζεται **ιδιότητα**:

- Πίεση
- Θερμοκρασία
- Όγκος
- Μάζα
- Πυκνότητα
- Ιξώδες ρευστού
- Θερμική αγωγιμότητα, k
- Συντελεστής θερμικής διαστολής
- Ηλεκτρική αντίσταση
- Ταχύτητα
- Υψομετρική θέση

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ιδιότητες Συστήματος

Με τον όρο **ιδιότητα** εννοούμε κάθε μακροσκοπικό χαρακτηριστικό του συστήματος

Η τιμή μίας ιδιότητας μπορεί να είναι:

- Άμεσα μετρήσιμη (π.χ. T)
- Μαθηματικός συνδυασμός άλλων ιδιοτήτων (π.χ. $\rho = m/V$)
- Ορισμένη από τους νόμους της Θερμοδυναμικής (π.χ. $H = U + PV$)

Η τιμή κάθε ιδιότητας :

- Είναι μοναδική
- Καθορίζεται από την κατάσταση του συστήματος τη δεδομένη χρονική στιγμή

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ιδιότητες Συστήματος

Εντατικές ιδιότητες: Οι ιδιότητες που είναι ανεξάρτητες από τη μάζα του συστήματος (π.χ. Θερμοκρασία, Πίεση, Πυκνότητα)

- Οι τιμές τους μπορεί να μεταβάλλονται όχι μόνο με τον χρόνο αλλά και με τη θέση εντός του συστήματος την ίδια χρονική στιγμή.
- Δεν είναι αθροιστικές ιδιότητες. Αναφερόμενοι σε αυτές μιλάμε για «μέσες τιμές».

π.χ. η θερμοκρασία πήξης του πάγου είναι $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, τόσο για ένα παγάκι όσο και για ένα παγόβουνο, κοινώς η θερμοκρασία είναι ανεξάρτητη της έκτασης του πάγου.

Εκτατικές ιδιότητες: Οι ιδιότητες των οποίων οι τιμές εξαρτώνται από το μέγεθος (ή την έκταση) του συστήματος (π.χ. η συνολική μάζα, ο συνολικός όγκος, η ολική ορμή).

- Οι τιμές τους μπορεί να μεταβάλλονται με τον χρόνο
- Είναι αθροιστικές ιδιότητες, δηλ. αν διπλασιαστεί η έκταση ή η μάζα του συστήματος θα διπλασιαστεί και η τιμή τους. Αναφερόμενοι σε αυτές μιλάμε για «ποσότητες».

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ιδιότητες Συστήματος

Οι εκτατικές ιδιότητες ανά μονάδα μάζας ονομάζονται ειδικές ιδιότητες (π.χ. ειδικός όγκος, $v=V/m$, ειδική ολική ενέργεια, $e=E/m$):

$$y = \frac{Y}{m}$$

Όπου m η μάζα του συστήματος και Y μια εκτατική ιδιότητα του συστήματος.

Όταν το σύστημα είναι ομοιογενές, οι τιμές των ειδικών ιδιοτήτων για κάθε τμήμα του συστήματος αλλά και για το σύστημα ως σύνολο είναι παντού οι ίδιες. Δηλ. οι ειδικές ιδιότητες ανήκουν στην κατηγορία των εντατικών.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ιδιότητες Συστήματος

Οι εκτατικές ιδιότητες ανά μονάδα γραμμομορίων ονομάζονται γραμμομοριακές ιδιότητες (π.χ. γραμμομοριακός όγκος, $v=V/n$):

$$\bar{y} = \frac{Y}{n}$$

Όπου n ο ολικός αριθμός γραμμομορίων του συστήματος και Y μια εκτατική ιδιότητα του συστήματος.

Όταν το σύστημα είναι ομοιογενές, οι τιμές των γραμμομοριακών ιδιοτήτων για κάθε τμήμα του συστήματος αλλά και για το σύστημα ως σύνολο είναι παντού οι ίδιες. Δηλ. οι γραμμομοριακές ιδιότητες ανήκουν στην κατηγορία των εντατικών.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πυκνότητα

Η **πυκνότητα** ορίζεται ως η μάζα ανά μονάδα όγκου:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (kg / m^3)$$

Ο **ειδικός όγκος** ορίζεται ως ο όγκος ανά μονάδα μάζας:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad (m^3 / kg)$$

- Η πυκνότητα μιας ουσίας εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη πίεση.
- Η πυκνότητα των περισσοτέρων αερίων είναι ανάλογη της πίεσης και αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας.
- Τα υγρά και τα στερεά είναι ουσιαστικά ασυμπίεστες ουσίες και η μεταβολή της πυκνότητάς τους με τη πίεση συνήθως θεωρείται αμελητέα (π.χ. για $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $\rho_{H_2O}=998\text{ kg/m}^3$ σε $P=1\text{ atm}$ ενώ $\rho_{H_2O}=1003\text{ kg/m}^3$ σε $P=100\text{ atm}$).
- Αντιθέτως η πυκνότητα των υγρών και των στερεών εξαρτάται ισχυρά από τη θερμοκρασία (π.χ. για $P=1\text{ atm}$: $\rho_{H_2O}=998\text{ kg/m}^3$ σε $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ενώ $\rho_{H_2O}=975\text{ kg/m}^3$ σε $T=75\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πυκνότητα

Ισόθερμος συντελεστής συμπίεστότητας (k): εκφράζει τη σχετική μεταβολή της πυκνότητας ρ μιας ουσίας λόγω μεταβολής της πίεσης P σε σταθερή θερμοκρασία T .

$$k = \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial P} \right)_T \quad \text{SI: } k [=] \text{ Pa}^{-1}$$

Συντελεστής κυβικής διαστολής (β): εκφράζει τη σχετική μεταβολή της πυκνότητας ρ μιας ουσίας λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας T σε σταθερή πίεση P .

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_P \quad \text{SI: } \beta [=] \text{ K}^{-1}$$

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ειδική Βαρύτητα

Η **ειδική βαρύτητα** (ή **σχετική πυκνότητα**) ορίζεται ως ο λόγος της πυκνότητας μιας ουσίας ως προς τη πυκνότητα κάποιας πρότυπης ουσίας, σε μια ορισμένη θερμοκρασία (συνήθως νερό στους 4 °C, για το οποίο είναι $\rho_{\text{H}_2\text{O}}=1000 \text{ kg/m}^3=1 \text{ g/cm}^3=1 \text{ kg/L}$).

$$EB = \frac{\rho}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad [\text{αδιάστατη ποσότητα}]$$

Ειδικές βαρύτητες ορισμένων ουσιών στους 0 °C

Ουσία	ΕΒ
Νερό	1.0
Θαλασσινό νερό	1.025
Βενζίνη	0.7
Αιθυλική αλκοόλη	0.79
Υδράργυρος	13.6
Ελαιόλαδο	0.9
Πάγος	0.92

Οι ουσίες με ειδική βαρύτητα μικρότερη της μονάδας είναι ελαφρύτερες από το νερό, και επομένως θα επιπλέουν σε αυτό.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Ειδικό Βάρος

Το βάρος μιας ουσίας ανά μονάδα όγκου ονομάζεται **ειδικό βάρος** και εκφράζεται ως:

$$\gamma_s = \rho \cdot g \quad [\text{N/m}^3]$$

Όπου g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας.

Οι πυκνότητες των υγρών παραμένουν πρακτικά σταθερές, και επομένως τα υγρά μπορούν συχνά να θεωρηθούν ως ασυμπίεστες ουσίες κατά τη διάρκεια πολλών διεργασιών, χωρίς να επέρχεται σφάλμα στους υπολογισμούς μας.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πυκνότητα

Παραδείγματα:

- 1.8. Πόσος είναι ο ειδικός όγκος μιας ουσίας που έχει ειδικό βάρος 14.7 N/m^3 ($g=9.81 \text{ m/s}^2$);

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πυκνότητα

Παραδείγματα:

- 1.9. Αν σε ένα δοχείο που περιέχει δύο μη αναμείξιμα υγρά A (σχετικής πυκνότητας 1.45) και B (πυκνότητας 800 kg/m^3) βυθιστεί ένα σφαιρίδιο (ακτίνας 1 cm και μάζας 3.8 g) τι από τα τρία θα συμβεί: (α) το σφαιρίδιο θα επιπλέει στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού (A ή B) (b) Το σφαιρίδιο θα πλέει στη διεπιφάνεια που χωρίζει τα A και B (c) το σφαιρίδιο θα σταματήσει στον πυθμένα του δοχείου.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πυκνότητα

Παραδείγματα:

- 1.10. Ένα αερόστατο που μεταφέρει δύο ανθρώπους είναι αρχικά δεμένο στο έδαφος. Η ακτίνα του αερόστατου είναι 6 m και το μέσο βάρος κάθε ανθρώπου είναι 85 kg. Να υπολογισθεί πόση θα είναι η επιτάχυνση του αερόστατου τη στιγμή που θα αφηθεί ελεύθερο. Δίνεται ότι η πυκνότητα του αέρα είναι $\rho_{\text{air}}=1.16 \text{ kg/m}^3$ και ότι η πυκνότητα του He είναι το 1/7 της πυκνότητας του αέρα. Υποθέτουμε ότι το βάρος των σχοινιών και του κλωβού που μεταφέρει τους ανθρώπους είναι αμελητέο.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Κατάσταση και Ισορροπία

Η θερμοδυναμική ασχολείται με **καταστάσεις ισορροπίας**. Με τον όρο ισορροπία εννοούμε μία κατάσταση στην οποία ένα σύστημα (που είναι απομονωμένο από το περιβάλλον του) δεν υφίσταται μεταβολές.

Σε μια κατάσταση ισορροπίας, όλες οι ιδιότητες ενός συστήματος έχουν σταθερές τιμές.

Τύποι Ισορροπίας:

- Θερμική ισορροπία – Η θερμοκρασία είναι η ίδια σε κάθε σημείο του συστήματος.
- Μηχανική ισορροπία – Η πίεση δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή με το χρόνο σε κανένα σημείο του συστήματος.
- Ισορροπία φάσεως – Εάν ένα σύστημα εμπεριέχει δύο φάσεις, η μάζα της κάθε φάσης καταλήγει σε επίπεδο ισορροπίας και παραμένει σε αυτό.
- Χημική ισορροπία – Η χημική σύσταση του συστήματος δεν μεταβάλλεται με το χρόνο, δηλ. δεν συμβαίνουν χημικές αντιδράσεις.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Κατάσταση και Ισορροπία

Το πλήθος των ιδιοτήτων που απαιτούνται για το καθορισμό της κατάστασης του συστήματος δίνεται από την Καταστατική Αρχή:

Η κατάσταση ενός απλού συμπίεστου συστήματος καθορίζεται πλήρως από δύο ανεξάρτητες μεταξύ τους εντατικές ιδιότητες.

Δύο ιδιότητες είναι μεταξύ τους ανεξάρτητες, εάν η μία από αυτές μπορεί να μεταβάλλεται ενώ η άλλη διατηρείται σταθερή.

Παραδείγματα:

- Η θερμοκρασία και ο ειδικός όγκος, είναι ιδιότητες ανεξάρτητες μεταξύ τους και μαζί μπορούν να καθορίσουν πλήρως τη κατάσταση ενός συμπίεστου συστήματος
- Η θερμοκρασία και η πίεση, είναι ανεξάρτητες ιδιότητες για συστήματα μιας φάσης, αλλά είναι εξαρτημένες ιδιότητες για πολυφασικά συστήματα.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Διεργασία

Ονομάζεται οποιαδήποτε μεταβολή οδηγεί ένα σύστημα από μία κατάσταση ισορροπίας σε κάποια άλλη.

Διαδρομή διεργασίας: η ακολουθία των καταστάσεων από τις οποίες περνά ένα σύστημα κατά τη διάρκεια μιας διεργασίας



Για να περιγραφεί πλήρως μια διεργασία θα πρέπει να καθορίσουμε:

1. Την αρχική και τη τελική της κατάσταση
2. Τη διαδρομή που ακολουθεί
3. Τις αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον.

Μια διεργασία μεταξύ των καταστάσεων 1 και 2, και η διαδρομή της.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Διεργασία

Οιονεί (ψευδο) στατική ή διεργασία οιονεί (ψευδο) ισορροπίας: λέγεται μια διεργασία η οποία εξελίσσεται με τέτοιο τρόπο, ώστε το σύστημα σε κάθε χρονική στιγμή να παραμένει απειροελάχιστα κοντά σε μια κατάσταση ισορροπίας.

- Δεν υπάρχουν τριβές
- Οι ιδιότητες του συστήματος είναι ομοιόμορφες κάθε χρονική στιγμή (για Κλειστά συστήματα)
- Οι ιδιότητες του συστήματος μεταβάλλονται με τον ίδιο ρυθμό σε όλα τα σημεία του συστήματος (για Κλειστά συστήματα).

(α) Ταχύτατη συμπίεση (μη ψευδοστατική)

Τα μόρια δεν έχουν αρκετό χρόνο ώστε να αποδράσουν κι έτσι συγκεντρώνονται σε μια μικρή περιοχή κοντά στην επιφάνεια του εμβόλου, δημιουργώντας μια περιοχή υψηλής πίεσης.



(α) Ταχύτατη συμπίεση (μη ψευδοστατική)

(β) Αργή συμπίεση (ψευδοστατική)

Τα μόρια έχουν στη διάθεση τους τον απαιτούμενο χρόνο, ώστε να ανακατανομηθούν και δεν παρατηρείται συγκέντρωση τους στη περιοχή κοντά στην επιφάνεια του εμβόλου. Η πίεση στο εσωτερικό του κυλίνδρου είναι πάντοτε σχεδόν ομοιόμορφη.



(β) Αργή συμπίεση (οιονεί ισορροπίας)

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Διεργασία

Οιονεί (ψευδο) στατική ή διεργασία οιονεί (ψευδο) ισορροπίας: λέγεται μια διεργασία η οποία εξελίσσεται με τέτοιο τρόπο, ώστε το σύστημα σε κάθε χρονική στιγμή να παραμένει απειροελάχιστα κοντά σε μια κατάσταση ισορροπίας.

- Δεν υπάρχουν τριβές
- Οι ιδιότητες του συστήματος είναι ομοιόμορφες κάθε χρονική στιγμή (για Κλειστά συστήματα)
- Οι ιδιότητες του συστήματος μεταβάλλονται με τον ίδιο ρυθμό σε όλα τα σημεία του συστήματος (για Κλειστά).

Οι μηχανικοί ενδιαφέρονται για τις ψευδοστατικές διεργασίες γιατί:

- (α) είναι εύκολο να αναλυθούν
- (β) οι συσκευές παραγωγής έργου αποδίδουν το μεγαλύτερο ποσοστό έργου όταν λειτουργούν με ψευδοστατικές διεργασίες

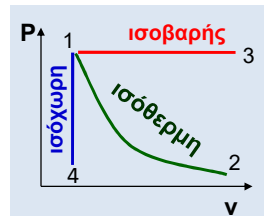
Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Διεργασία

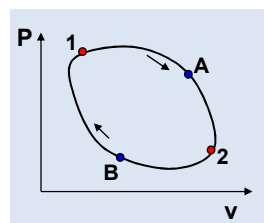
Ισόθερμη διεργασία: Η θερμοκρασία παραμένει σταθερή

Ισοβαρής διεργασία: Η πίεση παραμένει σταθερή

Ισόχωρη διεργασία: Ο ειδικός όγκος παραμένει σταθερός



Κυκλική διεργασία: Το σύστημα επιστρέφει στην αρχική κατάσταση στο τέλος της διαδρομής της διεργασίας (διατρέχει ένα κύκλο). Η αρχική και η τελική κατάσταση του συστήματος ταυτίζονται μεταξύ τους.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Διεργασία

Παραδείγματα:

1.11. Ένα απομονωμένο σύστημα βρίσκεται πάντοτε σε ισορροπία. Σωστό ή λάθος;

Απάντηση:

Λάθος, γιατί μπορεί σε δεδομένη στιγμή να πραγματοποιείται χημική αντίδραση.

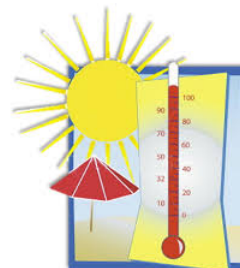
Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοκρασία

Αν και είμαστε εξοικειωμένοι με την έννοια της θερμοκρασίας, ως μέτρο του «ζεστού» και του «κρύου», δεν είναι εύκολο να δώσουμε έναν επακριβή ορισμό της.

Ευτυχώς, αρκετές ιδιότητες των υλικών μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία με ένα επαναλαμβανόμενο και προβλέψιμο τρόπο και αυτό αποτελεί τη βάση για ακριβείς θερμοκρασιακές μετρήσεις.

Παράδειγμα: Η αρχή λειτουργίας του ευρέως χρησιμοποιούμενου γυάλινου θερμομέτρου στήλης υδραργύρου στηρίζεται στη διαστολή του υδραργύρου με την αύξηση της θερμοκρασίας.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοκρασία

Ως γνωστόν, αν αφήσουμε μία κούπα ζεστού καφέ πάνω στο τραπέζι τελικά θα κρυώσει και αν βγάλουμε ένα κρύο αναψυκτικό από το ψυγείο τελικά θα ζεσταθεί.

Όταν ένα σώμα έρθει σε επαφή με ένα άλλο, που βρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία, η θερμότητα μεταφέρεται από το σώμα υψηλής θερμοκρασίας προς αυτό με τη χαμηλότερη, μέχρις ότου και τα δύο σώματα επιτύχουν την ίδια θερμοκρασία.

Στη κατάσταση αυτή, η μεταφορά θερμότητας σταματά, και τα δύο σώματα λέγεται ότι έχουν φτάσει σε **θερμική ισορροπία**.

Ο **μηδενικός νόμος της θερμοδυναμικής** δηλώνει ότι εάν δύο σώματα βρίσκονται το καθένα σε θερμική ισορροπία με ένα τρίτο σώμα, τότε θα βρίσκονται και μεταξύ τους σε θερμική ισορροπία.

Κλίμακες θερμοκρασίας:

1. Κλίμακα Κελσίου (σύστημα SI)
2. Κλίμακα Fahrenheit (Αγγλικό σύστημα)
3. Κλίμακα Kelvin (σύστημα SI)
4. Κλίμακα Rankine (Αγγλικό σύστημα)

Βασίζονται σε καταστάσεις που αναπαράγονται

Κλίμακες των δύο σημείων, λόγω ανάθεσης τιμών σε δύο διαφορετικά σημεία, **πάγου** (0°C, 32°F) και **βρασμού** (100°C, 212°F)

Θερμοδυναμικές κλίμακες θερμοκρασίας ανεξάρτητες από τις ιδιότητες οποιασδήποτε ουσίας.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοκρασία - Κλίμακες θερμοκρασιών:

Κλίμακα Fahrenheit

$$T [^{\circ}\text{F}] = 1.8 \cdot T [^{\circ}\text{C}] + 32$$

Κλίμακα Kelvin

$$T[\text{K}] = T[^{\circ}\text{C}] + 273$$

Κλίμακα Rankine

$$T[\text{R}] = T[^{\circ}\text{F}] + 460$$

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Θερμοκρασία

Παράδειγμα:

1.12 Η θερμοκρασία ενός συστήματος είναι 20 °C. Ποια είναι η θερμοκρασία του σε K, °F και R;

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που συνδέουν τους βαθμούς °C με τους βαθμούς K, °F και R, προκύπτουν αντίστοιχα:

$$T(K) = T(^{\circ}\text{C}) + 273 = 20 + 273 \Rightarrow T(K) = 293\text{K}$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8 \times T(^{\circ}\text{C}) + 32 = 1.8 \times 20 + 32 \Rightarrow T(^{\circ}\text{F}) = 68^{\circ}\text{F}$$

$$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 460 = 68 + 460 \Rightarrow T(\text{R}) = 528\text{R}$$

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πίεση

Ορίζεται ως η κάθετη δύναμη που ασκείται από ένα ρευστό (αέριο ή υγρό) σε μια επιφάνεια, ανά μονάδα της επιφάνειας αυτής.

Το αντίστοιχο μέγεθος στα στερεά είναι η κάθετη τάση.

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

Μονάδες πίεσης: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$

$1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$

$1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$

Η πραγματική τιμή της πίεσης σε μία συγκεκριμένη θέση ονομάζεται απόλυτη πίεση και μετράται σε σχέση με το απόλυτο κενό (δηλ. σε σχέση με το απόλυτο μηδέν).

Ωστόσο, τα περισσότερα όργανα μέτρησης πίεσης, έχουν βαθμονομηθεί έτσι ώστε η ένδειξη «μηδέν» σε αυτά να αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση, και επομένως δείχνουν τη διαφορά μεταξύ της απόλυτης πίεσης και της τοπικής ατμοσφαιρικής πίεσης. Η διαφορά αυτή αποκαλείται **σχετική πίεση**.



Μετρητής πίεσης

Πίεσεις με τιμές μικρότερες της ατμοσφαιρικής πίεσης, ονομάζονται πιέσεις κενού και μετρώνται με μετρητές κενού, που δείχνουν τη διαφορά μεταξύ της ατμοσφαιρικής και της απόλυτης πίεσης.

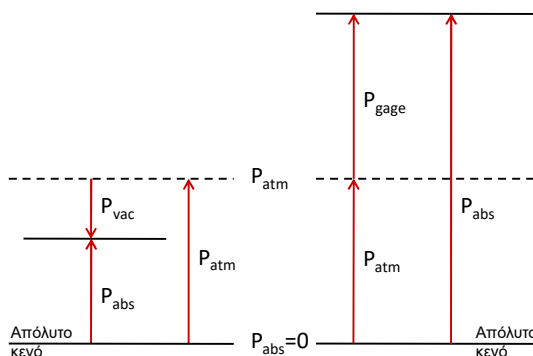
Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πίεση

Η απόλυτη, η σχετική και η πίεση κενού είναι όλες θετικές ποσότητες και σχετίζονται μεταξύ τους με τις σχέσεις:

$$P_{\text{gage}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}} \quad (1)$$

$$P_{\text{vac}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}} \quad (2)$$



Απόλυτη πίεση, σχετική πίεση και πίεση κενού.

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πίεση

Η απόλυτη, η σχετική και η πίεση κενού είναι όλες θετικές ποσότητες και σχετίζονται μεταξύ τους με τις σχέσεις:

$$P_{\text{gage}} = P_{\text{abs}} - P_{\text{atm}} \quad (1)$$

$$P_{\text{vac}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}} \quad (2)$$

Παράδειγμα:

1.13 Σε μια γεωγραφική θέση όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι 100 kPa, ένας μετρητής κενού, συνδέεται σε ένα θάλαμο, με ένδειξη 40 kPa. Να προσδιορίσετε την απόλυτη πίεση εντός του θαλάμου.

Απάντηση:

Δίνεται η σχετική πίεση του θαλάμου και πρέπει να προσδιοριστεί η απόλυτη πίεση εντός του θαλάμου. Χρησιμοποιώντας τη Εξίσωση (2) μπορούμε να υπολογίσουμε την απόλυτη πίεση:

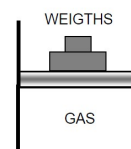
$$P_{\text{vac}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{abs}} \Rightarrow P_{\text{abs}} = P_{\text{atm}} - P_{\text{vac}} = 100\text{kPa} - 40\text{kPa} = 60\text{kPa}$$

Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Πίεση

Παράδειγμα:

1.14 Μια διάταξη εμβόλου κυλίνδρου περιέχει ένα αέριο σε πίεση 100 kPa. Αν στην επιφάνεια του κυλίνδρου τοποθετηθούν μερικά βάρη η πίεση του αερίου θα αυξηθεί. Να υπολογισθεί (α) η τοπική ατμοσφαιρική πίεση και (β) η μάζα που πρέπει να έχουν τα βάρη ώστε να διπλασιαστεί η πίεση του αερίου. Δίνονται η μάζα του εμβόλου $m_{\text{piston}}=5\text{kg}$, η διάμετρος του κυλίνδρου $d=0.12\text{ m}$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g=9.81\text{ m/s}^2$.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

Υδροστατική Πίεση

Η υδροστατική πίεση οφείλεται, αποκλειστικά, στο πεδίο βαρύτητας της γης και αφορά τα υγρά που βρίσκονται σε κατάσταση στατικής ισορροπίας.

Θεωρούμε ένα υγρό ειδικού βάρους γ σε στατική ισορροπία μέσα σε μια δεξαμενή ανοιχτή στην ατμόσφαιρα. Για να βρούμε τη πίεση στο σημείο M θεωρούμε μια υποθετική κυλινδρική στήλη υγρού βάσης A και ύψους h .

Στη στήλη ασκούνται τρεις δυνάμεις:

- (i) $B = m \cdot g = \rho \cdot V \cdot g = \rho \cdot g \cdot A \cdot h = \gamma \cdot A \cdot h$, το βάρος
- (ii) $F = P \cdot A$, η δύναμη που ασκεί το υγρό στη βάση της στήλης
- (iii) $F_o = P_o \cdot A$, η δύναμη που ασκεί η ατμόσφαιρα στη κορυφή της στήλης

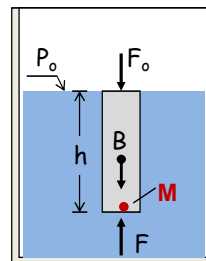
Η συνισταμένη των τριών δυνάμεων πρέπει να είναι μηδέν:

$$F - B - F_o = 0 \Rightarrow P A - \gamma A h - P_o A = 0 \Rightarrow$$

$$P = P_o + \gamma h$$

Θεμελιώδης αρχή της υδροστατικής

Η διαφορά πίεσης $P - P_o = \gamma h$ ονομάζεται **υδροστατική πίεση**.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες

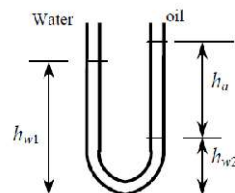
Υδροστατική Πίεση

Παράδειγμα:

1.15 Ένας σωλήνας τύπου U περιέχει στην αριστερή πλευρά νερό και στη δεξιά πλευρά λάδι και νερό. Το ύψος της στάθμης του νερού στην αριστερή πλευρά είναι 0.7 m και ο λόγος του ύψους της στάθμης του λαδιού προς το ύψος της στάθμης του νερού στη δεξιά πλευρά του σωλήνα είναι ίσος με 4.

Να υπολογισθεί το ύψος της στάθμης του κάθε ρευστού στη δεξιά πλευρά του σωλήνα.

Δίνονται η πυκνότητα του λαδιού $\rho_a = 790 \text{ kg/m}^3$ και η πυκνότητα του νερού $\rho_w = 1000 \text{ kg/m}^3$.



Εισαγωγή στη Θερμοδυναμική - Βασικές Έννοιες**Παράδειγμα:**

1.16 Η ατμοσφαιρική πίεση στο ανώτερο και στο κατώτερο σημείο ενός κτιρίου μετρήθηκε με τη βοήθεια ενός βαρομέτρου και βρέθηκε ίση με 96 kPa και 98 kPa, αντίστοιχα. Αν η πυκνότητα του αέρα είναι 1 kg/m^3 , πόσο είναι το ύψος του κτιρίου;