



Υ Δ Ρ Α Υ Λ Ι Κ Η
Μ Η Χ Α Ν Ι Κ Η
Ε Υ Α Γ Γ Ε Λ Ο Σ Φ Ι Ν Δ Α Ν Η Σ

ΥΔΡΑΥΛΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΦΙΝΔΑΝΗΣ

Έκδοση 2^η

Θεσσαλονίκη 2019

Στην φωτογραφία εξωφύλλου έχει αποτυπωθεί η τύρβη που σχηματίζει κατά την ροή του ένα ρευστό. Σίγουρα έχετε συναντήσει αυτό το φαινόμενο στην φύση: ο καπνός που βγαίνει από μία καπνοδόχο και το νερό που εκρέει γρήγορα από την βρύση του νιπτήρα αποτελούν δύο απλά παραδείγματα τυρβωδών ροών. Η τύρβη ενός ρευστού συνεπάγεται εμφάνιση έντονων στροβιλισμών εντός της ροής. Άλλωστε δεν είναι τυχαίο ότι η λέξη «τύρβη» σημαίνει κυκλική και ταραχώδη κίνηση.

Η εικόνα εξωφύλλου λήφθηκε από την ιστοσελίδα:
miifotos.com/im%C3%A1genes/turbulence-wallpaper-71.html

.....

Ευάγγελος Π. Φινδανής
Διπλωματούχος Τοπογράφος Μηχανικός
MSc Υδραυλικής Μηχανικής
vangelisfindanis@gmail.com

Copyright © Ευάγγελος Π. Φινδανής, 2019
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All Rights Reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή του παρόντος συγγράμματος, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτού, για εμπορικό σκοπό χωρίς την άδεια του συγγραφέα. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση του συγγράμματος για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Επιμέλεια: Γαϊσίδης Σάββας, Τσεντίδου Αγγελική
ISBN: 978-618-5218-57-7

Πρόλογος

Η υδραυλική μηχανική αντιπροσωπεύει τον κλάδο της εφαρμοσμένης μηχανικής που μελετά τα ρευστά σε ηρεμία και σε κίνηση. Το κύριο υπό μελέτη ρευστό της υδραυλικής μηχανικής είναι το νερό το οποίο είναι αναπόσπαστο τμήμα του περιβάλλοντος και της ζωής. Ένας υδραυλικός μηχανικός καλείται να επιλύσει προβλήματα σχεδιασμού δικτύων ύδρευσης, αποχέτευσης και άρδευσης εφαρμόζοντας τις βασικές αρχές της ρευστομηχανικής. Επιπλέον, στις μέρες μας ιδιαίτερη σημασία έχει η διαχείριση των υδατικών πόρων δεδομένου της συνεχούς ανάγκης για νερό λόγω της αυξητικής τάσης του ανθρώπινου πληθυσμού. Στην Ελλάδα, η συγκεκριμένη επιστήμη διδάσκεται στις πολυτεχνικές σχολές και είναι κλάδος των Τοπογράφων Μηχανικών και των Πολιτικών Μηχανικών.

Ο σκοπός του παρόντος συγγράμματος είναι η παρουσίαση και η ανάλυση των θεωρητικών αρχών της υδραυλικής μηχανικής. Ως εκ τούτου, το σύγγραμμα αυτό απευθύνεται σε προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές πολυτεχνικών σχολών αλλά και σε επαγγελματίες μηχανικούς που ασχολούνται με τον σχεδιασμό υδραυλικών έργων. Επίσης, το παρόν σύγγραμμα μπορούν να το συμβουλευτούν φοιτητές των Θετικών επιστημών και της Γεωπονικής σχολής. Προϋπόθεση για την μελέτη του βιβλίου αυτού είναι η γνώση βασικών στοιχείων φυσικής και μαθηματικών. Ειδικότερα, ο αναγνώστης είναι απαραίτητο να είναι εξοπλισμένος με γνώσεις μηχανικής (mechanics), διανυσματικού, διαφορικού και ολοκληρωτικού λογισμού.

Το παρόν σύγγραμμα χωρίζεται σε οκτώ κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο είναι μία σύντομη εισαγωγή στα ρευστά και σε ορισμένες χρήσιμες έννοιες. Το δεύτερο αφορά την ρευστομηχανική και σε αυτό παρουσιάζονται οι βασικές αρχές που διέπουν την κίνηση των ρευστών. Έπειτα, στο τρίτο θίγεται η μελέτη των ρευστών όταν αυτά βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας. Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνεται έμφαση στην έννοια της παροχής και στην μέτρηση του μεγέθους αυτού με διάφορες διατάξεις. Το πέμπτο μελετά την αλληλεπίδραση των ρευστών και των στερεών σωμάτων, δηλαδή την λεγόμενη υδροδυναμική. Επιπλέον, στο έκτο και στο έβδομο αναλύεται η κίνηση του νερού σε κλειστούς και ανοικτούς αγωγούς αντίστοιχα. Τέλος, στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται ορισμένα συμπληρωματικά θέματα που μπορεί να συναντήσει ένας υδραυλικός μηχανικός κατά τον σχεδιασμό υδραυλικών δικτύων.

Κάθε κεφάλαιο συνίσταται σε ενότητες οι οποίες με την σειρά τους χωρίζονται σε υποενότητες και παραδείγματα. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ύψιστης σημασίας η διακριτοποίηση των ενοτήτων σε υποενότητες έτσι ώστε στον νου του αναγνώστη να αναπτύσσεται μία ορισμένη δομή για την επιστήμη της υδραυλικής μηχανικής. Έπειτα, ο ρόλος των παραδειγμάτων είναι η καλύτερη κατανόηση της θεωρίας και των υπό μελέτη εννοιών. Έτσι σχεδόν πάντα σε κάποια θεωρητική έννοια αντιστοιχεί ένα αριθμητικό παράδειγμα. Σε κάθε ενότητα, τονίσθηκαν με έντονα γράμματα τα διάφορα πορίσματα ώστε ο αναγνώστης να έχει την δυνατότητα να εντοπίσει γρήγορα τα σημαντικότερα σημεία του κειμένου. Η θεωρία και τα παραδείγματα συνοδεύονται από έγχρωμα διαγράμματα ο σκοπός των οποίων είναι να κάνουν το βιβλίο ελκυστικό στον αναγνώστη αλλά και πιο κατανοητό αφού ως γνωστόν μία εικόνα ισούται με χίλιες λέξεις. Επιπρόσθετα, η δομή του βιβλίου είναι σχεδόν γραμμική δηλαδή για ένα κεφάλαιο απαιτούνται γνώσεις από το προηγούμενο.

Εν κατακλείδι, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές οι οποίοι με την διδασκαλία τους διαμόρφωσαν τον τρόπο σκέψης μου. Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει στον εκλιπόντα καθηγητή μου Σάββα Καμπουρόπουλο ο οποίος με την διδασκαλία του με έκανε να αγαπήσω τα μαθηματικά, μία επιστήμη αλληλένδετη με το επάγγελμα του μηχανικού. Ανεκτίμητη ήταν η συνεισφορά του Σάββα Γαϊσίδα και της Αγγελικής Τσεντίδου οι οποίοι αφιέρωσαν χρόνο στην επιμέλεια του βιβλίου και πρότειναν σημαντικές διορθώσεις. Οφείλω να ευχαριστήσω τον παππού μου Δημήτρη Καμαρό του οποίου η βοήθεια ήταν σημαντικότερη για την ολοκλήρωση των σπουδών μου. Τέλος, ευχαριστώ τους γονείς μου και τον αδερφό μου για την υποστήριξη που παρείχαν κατά την διάρκεια της συγγραφής του παρόντος βιβλίου αλλά και την Εύα για την ανεξάντλητη υπομονή της.

Ευάγγελος Π. Φινδανής
Τοπογράφος Μηχανικός MSc

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές έννοιες	7
1.1 Τα ρευστά.....	8
1.2 Χαρακτηριστικά των ρευστών	8
1.3 Μονάδες S.I.....	10
1.4 Ταχύτητα	11
1.5 Σχετική και απόλυτη πίεση	11
Κεφάλαιο 2: Ρευστομηχανική	13
2.1 Μέθοδοι Euler και Lagrange.....	14
2.2 Υλική παράγωγος.....	26
2.3 Γραμμές ροής	35
2.4 Παραμορφώσεις και στροβιλισμός	41
2.5 Η αρχή διατήρησης της μάζας	54
2.6 Τάσεις.....	60
2.7 Η αρχή διατήρησης της ορμής	70
2.8 Οι εξισώσεις Navier-Stokes	76
2.9 Τέλεια ρευστά.....	85
2.10 Ροϊκή συνάρτηση.....	99
2.11 Ροή δυναμικού.....	110
2.12 Στρωτή και τυρβώδης ροή.....	128
Κεφάλαιο 3: Υδροστατική.....	133
3.1 Υδροστατική πίεση.....	134
3.2 Δυνάμεις πάνω σε κεκλιμένες επιφάνειες.....	145
3.3 Δυνάμεις πάνω σε καμπύλες επιφάνειες.....	156
3.4 Άνωση	167
3.5 Ευστάθεια βυθισμένων σωμάτων	180
3.6 Γραμμική επιτάχυνση ρευστών μαζών	184
3.7 Περιστροφή ρευστών μαζών	192
Κεφάλαιο 4: Μετρητές ροής.....	203
4.1 Η εξίσωση της συνέχειας	204

4.2 Εκροή μέσω οπών	212
4.3 Εκχειλιστές λεπτής στέψης	222
4.4 Χρόνος εκκένωσης δεξαμενών	231
4.5 Μέτρηση πιέσεων.....	241
4.6 Σωλήνας Pitot και μετρητής Venturi.....	244
Κεφάλαιο 5: Υδροδυναμική	251
5.1 Συστήματα και όγκοι ελέγχου.....	252
5.2 Ολοκληρωτική μορφή της αρχής διατήρησης της ορμής	262
5.3 Αντίσταση και δυναμική άνοση	278
5.4 Το παράδοξο του d' Alembert	291
5.5 Οριακή στοιβάδα.....	296
Κεφάλαιο 6: Κλειστοί αγωγοί	305
6.1 Στρωτή ροή σε οριζόντιους κλειστούς αγωγούς.....	306
6.2 Τυρβώδης ροή σε κλειστούς αγωγούς	322
6.3 Ειδικά τεμάχια σε σωληνώσεις	345
6.4 Αντλίες	352
6.5 Διατάξεις αγωγών και ισοδύναμοι αγωγοί.....	366
6.6 Δίκτυα διανομής νερού	379
6.7 Το υδραυλικό πλήγμα	398
Κεφάλαιο 7: Ανοικτοί αγωγοί	411
7.1 Υδραυλικά χαρακτηριστικά ενός ανοικτού αγωγού	412
7.2 Είδη ροής σε ανοικτούς αγωγούς και κρίσιμο βάθος	423
7.3 Βασικές εξισώσεις.....	437
7.4 Συνάρτηση ειδικής ενέργειας.....	455
7.5 Συνάρτηση ειδικής ορμής και υδραυλικό άλμα	477
7.6 Κλίση τριβής	497
7.7 Ομοιόμορφη ροή και σχεδιασμός ανοικτών αγωγών.....	507
7.8 Ανομοιόμορφη ροή και προφίλ ροής	521
7.9 Εκχειλιστές ευρείας στέψης	551

Κεφάλαιο 8: Επιπλέον θέματα	555
8.1 Σχεδιασμός δεξαμενών.....	556
8.2 Στροβιλομηχανές.....	564
8.3 Σπηλαίωση.....	571
8.4 Σχεδιασμός αγωγών αποχέτευσης.....	574
8.5 Βελτιστοποίηση συστήματος αγωγού αντλίας.....	580
8.6 Σχεδιασμός λεκανών ηρεμίας.....	585
Παράρτημα	591
Α. Κέντρα μάζας επιφανειών	592
Β. Το πρόσθετο Solver του Excel	598
Γ. Συναρτησιακές επαναλήψεις	601
Βιβλιογραφία	605

Αυτή η σελίδα έμεινε επίτηδες κενή

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγικές έννοιες



Πηγή εικόνας: <http://la.epfl.ch/page-85803-en.html>

Στην καθημερινότητα μας περιβαλλόμαστε από πολλά ρευστά. Δύο από τα ρευστά αυτά είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας που αναπνέουμε και το νερό που πίνουμε. Το νερό και ο αέρας είναι σημαντικά για την ανάπτυξη της ζωής και συνεπώς για την ύπαρξη του ανθρώπου. Η ζωή ξεκίνησε από το νερό και μέχρι σήμερα όλοι οι οργανισμοί πρέπει να ενυδατώνονται για να ζήσουν. Επιπλέον, ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει οξυγόνο το οποίο απαιτείται για την λειτουργία του μεταβολισμού των περισσότερων οργανισμών. Συνεπώς, τα ρευστά και η μελέτη τους έχουν σημαντική επίδραση στην ζωή μας.

1.1 Τα ρευστά

Στο παρόν σύγγραμμα θα μελετήσουμε την επιστήμη της υδραυλικής μηχανικής που ασχολείται με την συμπεριφορά των ρευστών σε κίνηση και ηρεμία. Το ρευστό που θα μας απασχολήσει περισσότερο είναι το νερό. Πριν προχωρήσουμε στα επόμενα κεφάλαια πρέπει να ορίσουμε το τι είναι ένα ρευστό. **Ως ρευστό ορίζεται μία ποσότητα ύλης που παραμορφώνεται συνεχώς όταν σε αυτή ασκηθεί διατμητική τάση οποιασδήποτε έντασης.** Επίσης, τα ρευστά έχουν την χαρακτηριστική ιδιότητα πως όταν περιέχονται σε ένα δοχείο λαμβάνουν το σχήμα του δοχείου αυτού. Κάτι τέτοιο δεν ισχύει για τα στερεά τα οποία έχουν συγκεκριμένο σχήμα.

Τα ρευστά διακρίνονται σε υγρά και αέρια. Αυτές οι δύο υποκατηγορίες των ρευστών παρουσιάζουν τις εξής διαφορές:

1. Τα υγρά είναι πρακτικά ασυμπίεστα ενώ τα αέρια είναι συμπεσστά και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν στην μελέτη τους.
2. Τα υγρά όταν περιέχονται σε ένα δοχείο καταλαμβάνουν ορισμένο όγκο και εμφανίζουν ελεύθερη επιφάνεια. Αντίθετα, ένα αέριο εξαπλώνεται μέχρι να καταλάβει όλο τον όγκο του δοχείου στο οποίο περιέχεται.

Εξαιτίας της συμπίεστότητας που παρουσιάζουν τα αέρια, η μελέτη τους απαιτεί την εμπλοκή των νόμων της θερμοδυναμικής, κάτι το οποίο δεν είναι απαραίτητο για τα υγρά που κινούνται με μικρές ταχύτητες.

1.2 Χαρακτηριστικά των ρευστών

Ένα ρευστό παρουσιάζει ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία θα μελετήσουμε στα επόμενα κεφάλαια. Μερικά από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι: η πυκνότητα, το ειδικό βάρος, το ιξώδες, η τάση ατμών και η επιφανειακή τάση. Παρακάτω θα αναλύσουμε επιγραμματικά τα χαρακτηριστικά αυτά.

Πυκνότητα και ειδικό βάρος

Αρχικά, η πυκνότητα ενός ρευστού είναι η μάζα ανά μονάδα όγκου του ρευστού, ήτοι

$$\rho = \frac{dm}{dV} \quad (1.1)$$

Στην περίπτωση των αερίων η πυκνότητα ρ μπορεί να υπολογιστεί από την καταστατική εξίσωση των τέλειων αερίων

$$\rho = \frac{p}{RT} \quad (1.2)$$

όπου p η (απόλυτη) πίεση υπό την οποία βρίσκεται το αέριο, T η θερμοκρασία του αερίου σε βαθμούς Kelvin και R μία σταθερά που ονομάζεται η παγκόσμια σταθερά

των αερίων. Ένα ρευστό του οποίου η πυκνότητα είναι σταθερή καλείται **ασυμπίεστο** και η ροή του χαρακτηρίζεται ως **ασυμπίεστη** ενώ στην αντίθετη περίπτωση καλείται **συμπιεστό**.

Επιπλέον, συχνά στην μελέτη των ρευστών εμφανίζεται το γινόμενο της πυκνότητας του ρευστού ρ επί την επιτάχυνση της βαρύτητας g . Το γινόμενο αυτό ονομάζεται **ειδικό βάρος** και συμβολίζεται με γ . Δηλαδή ισχύει

$$\gamma = \rho g \quad (1.3)$$

Το ειδικό βάρος έχει μονάδες βάρους ανά όγκο, δηλαδή εκφράζει το βάρος ενός τμήματος ρευστού μοναδιαίου όγκου. Παραδείγματος χάριν, το νερό έχει ειδικό βάρος ίσο με 9810 N/m^3 , που σημαίνει πως 1 m^3 νερού έχει βάρος ίσο με 9810 N . Ο όρος "ειδικό βάρος" θεωρείται άστοχος καθώς στο S.I. το επίθετο "ειδικός" χρησιμοποιείται για μεγέθη ανά μονάδα μάζας και όχι ανά μονάδα όγκου.

Ιξώδες

Το **ιξώδες** (ή **συνεκτικότητα**) ενός ρευστού είναι το μέτρο της αντίστασης του ρευστού σε διατμητικές τάσεις. Το ιξώδες οφείλεται κυρίως σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μορίων του ρευστού. Όσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες ενός ρευστού τόσο πιο "παχύρευστο" είναι το ρευστό. Παραδείγματος χάριν, το μέλι έχει μεγαλύτερο ιξώδες από το νερό και εμφανίζει μεγαλύτερη αντίσταση σε διατμητικές τάσεις. Αντίθετα, το νερό έχει σχετικά πολύ μικρό ιξώδες. Το ιξώδες εξαρτάται σημαντικά από την θερμοκρασία του ρευστού.

Τάση ατμών

Έστω πως έχουμε ένα κλειστό δοχείο που περιέχει ένα υγρό. Εάν αυτό το υγρό εξατμίζεται, η μερική πίεση που δημιουργείται από τα εξατμισμένα μόρια ονομάζεται **τάση ατμών**. Η τάση ατμών είναι αύξουσα συνάρτηση της θερμοκρασίας.

Επιφανειακή τάση

Ας υποθέσουμε πάλι ότι έχουμε ένα δοχείο που περιέχει ένα υγρό. Ένα μόριο που βρίσκεται στο εσωτερικό του ρευστού δέχεται δυνάμεις από τα μόρια που βρίσκονται γύρω του με αποτέλεσμα το μόριο αυτό να δέχεται μηδενική συνισταμένη δύναμη. Αντίθετα, ένα μόριο που βρίσκεται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού δέχεται δυνάμεις από τα μόρια που βρίσκονται από κάτω του και ως εκ τούτου αυτό δέχεται μία συνολική δύναμη προς τα κάτω. Επομένως, αν μετακινήσουμε ένα μόριο από το εσωτερικό του υγρού στην ελεύθερη επιφάνεια, αυτή η κατακόρυφη δύναμη πρέπει να υπερνικηθεί, δηλαδή πρέπει να δαπανηθεί έργο. Η **επιφανειακή τάση** ενός υγρού είναι το έργο που πρέπει να δαπανηθεί για την μεταφορά μορίων στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού έτσι ώστε το εμβαδόν της ελεύθερης επιφάνειας να αυξηθεί κατά μία μονάδα. Συνεπώς, η επιφανειακή τάση

έχει μονάδες ενέργειας προς επιφάνεια ή ισοδύναμα δύναμης προς μήκος. Η επιφανειακή τάση παίζει κυρίως ρόλο στο φαινόμενο της σπηλαιώσης.

Μέτρο ελαστικότητας

Το μέτρο ελαστικότητας εκφράζει την ικανότητα συμπίεσης ενός σώματος (ρευστού ή στερεού). Το μέτρο ελαστικότητας ορίζεται ως ο λόγος της μεταβολής της πίεσης που ενεργεί στο σώμα προς την αντίστοιχη μεταβολή του όγκου του σώματος ανά μονάδα όγκου. Έτσι, αν με E συμβολίσουμε το μέτρο ελαστικότητας έχουμε

$$E = -\frac{dp}{dV/V} \quad (1.4)$$

όπου dp η στοιχειώδης μεταβολής της πίεσης και dV η αντίστοιχη μεταβολή του αρχικού όγκου V του σώματος. Το αρνητικό πρόσημο προκύπτει από το γεγονός πως εάν η μεταβολή της πίεσης είναι θετική, η μεταβολή του όγκου είναι αρνητική.

Ρευστό	ρ (kg/m ³)	γ (kN/m ³)	μ (Pas)	ν (m ² /s)	p_v (Pa)	σ (N/m)	E (GPa)
Νερό	999	9.80	1.12E-3	1.12E-6	1.77E+3	7.34E-2	2.15
Θαλασ. Νερό	1030	10.1	1.20E-3	1.17E-6	1.77E+3	7.34E-2	2.34
Αιθανόλη	789	774	1.19E-3	1.51E-6	5.9E+3	2.28E-2	1.06
Υδράργυρος	13600	133	1.57E-3	1.15E-7	1.6E-1	4.66E-1	28.5
Λάδι SAE 30	912	8.95	3.8E-1	4.2E-4	-	3.6E-2	1.5
Βενζίνη	680	6.67	3.1E-4	4.6E-7	5.5E+4	2.2E-2	1.3
Αέρας	1.23	1.2	1.79E-5	1.46E-5	-	-	1.42E-4

Πίνακας 1.1: Προσεγγιστικές ιδιότητες ορισμένων συνηθισμένων ρευστών σε θερμοκρασία δωματίου: πυκνότητα ρ , ειδικό βάρος γ , δυναμικό ιξώδες μ , κινηματικό ιξώδες ν , τάση ατμών p_v , επιφανειακή τάση σ και μέτρο ελαστικότητας E .

1.3 Μονάδες S.I.

Στην φυσική οι τρεις θεμελιώδεις ποσότητες είναι το μήκος, η μάζα και ο χρόνος. Οι αντίστοιχες μονάδες στο S.I. (International System of Units) είναι το m (μέτρο), το kg (κιλό) και το s (δευτερόλεπτο). Οι μονάδες που έχουν όλα τα υπόλοιπα φυσικά μεγέθη προέρχονται από συνδυασμούς αυτών των τριών μονάδων. Παραδείγματος χάριν το N που είναι η μονάδα μέτρησης της δύναμης στο S.I. είναι ίσο με kgm/s². Ομοίως, η μονάδα μέτρησης του όγκου είναι το κυβικό μέτρο (m³) και η μονάδα μέτρησης της ενέργειας είναι το J που ισούται με kgm²/s². Ένα τελευταίο παράδειγμα είναι η μονάδα μέτρησης της πίεσης που ονομάζεται Pascal (Pa) και είναι ίση με kg/(ms²).

Πολλές φορές στα παραδείγματα που θα ακολουθήσουν και στην καθημερινή πρακτική χρησιμοποιούνται μονάδες που είναι παράγωγα των S.I. μονάδων. Σε αυτή την περίπτωση, οι μονάδες πρέπει να μετατραπούν σε S.I. μονάδες για να επιλυθεί σωστά το πρόβλημα.

1.4 Ταχύτητα

Η ταχύτητα ενός σώματος είναι ένα διάνυσμα με μέτρο τον ρυθμό μεταβολής της θέσης του σώματος αυτού και κατεύθυνση την κατεύθυνση κίνησης του. Ένα σώμα το οποίο κινείται κατά μήκος του άξονα x διανύοντας απόσταση dx μέσα σε χρόνο dt έχει ταχύτητα \vec{V} που δίνεται από την σχέση

$$\vec{V} = \frac{dx}{dt} \vec{i} \quad (1.5)$$

όπου \vec{i} το μοναδιαίο διάνυσμα στην διεύθυνση του x . Η ταχύτητα ενός σώματος που κινείται εντός του τρισδιάστατου χώρου δίνεται από την γενική εξίσωση

$$\vec{V} = \frac{dx}{dt} \vec{i} + \frac{dy}{dt} \vec{j} + \frac{dz}{dt} \vec{k} \quad (1.6)$$

όπου dy και dz οι τιμές της μετατόπισης του σώματος κατά μήκος των αξόνων y και z αντίστοιχα μέσα στο χρονικό διάστημα dt . Επιπλέον, \vec{j} και \vec{k} είναι τα μοναδιαία διανύσματα στις διευθύνσεις των y και z αντίστοιχα. Η ταχύτητα \vec{V} σε ένα σημείο του ρευστού είναι η ταχύτητα μίας πολύ μικρής μάζας ρευστού που διέρχεται από αυτό το σημείο και περιγράφεται από την σχέση (1.6).

1.5 Σχετική και απόλυτη πίεση

Στην καθημερινότητα μας ακούμε για την πίεση που έχουν τα λάστιχα του αυτοκινήτου ή την πίεση που δέχεται ένας δύτης από το νερό. Η πίεση σε κάποιο σημείο ενός τέλει ή ενός ακίνητου ρευστού αποτελεί το μέτρο της ορθής τάσης που δέχεται μία στοιχειώδη επιφάνεια τοποθετημένη μέσα στο ρευστό αυτό (βλέπε ενότητες 2.9 και 3.1). Δηλαδή ισχύει η σχέση

$$p = \frac{dF}{dA} \quad (1.7)$$

Να σημειωθεί πως η πίεση δεν εξαρτάται από την διεύθυνση της στοιχειώδους επιφάνειας πάνω στην οποία ενεργεί.

Ας παρουσιάσουμε μία σύγχυση που δημιουργείται. Πολλές φορές στην βιβλιογραφία αναφέρεται πως η πίεση της ατμόσφαιρας είναι μηδενική ενώ εξ' ορισμού η πίεση της γήινης ατμόσφαιρας είναι ίση με 1 atm (σημειώνεται ότι 1 atm=101325 Pa). Κάτι τέτοιο δεν είναι αντιφατικό;

Δεν είναι αντιφατικό αν λάβουμε υπόψιν μας το ακόλουθο παράδειγμα. Υποθέστε πως φουσκώνουμε ένα λάστιχο με πίεση 3 atm πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση. Τότε λέμε πως: