

## ΠΙΕΣΗ

Όταν μελετούσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο τις δυνάμεις (που όπως γνωρίζουμε προκαλούν αλλαγή στην ταχύτητα ενός σώματος ή την παραμόρφωσή του) θεωρούσαμε ότι τα σώματα στα οποία ασκούνταν δυνάμεις ακουμπούσαν – στηρίζονταν σε σκληρές επιφάνειες. Πχ όταν λέγαμε ότι ένας μαθητής στέκεται όρθιος στο έδαφος, ή ότι ένα βιβλίο ισορροπεί στο θρανίο ή τέλος ότι ένα σώμα ακουμπά στο δάπεδο, θεωρούσαμε ότι το έδαφος, το θρανίο και το δάπεδο αντίστοιχα ήταν **σκληρά και άκαμπτα**, δεν βούλιαζαν και δεν λύγιζαν δηλαδή όταν ακουμπούσαν επάνω τους ο μαθητής, το βιβλίο ή το σώμα.

Τώρα όμως θα λάβουμε υπόψη μας και τη «μαλακότητα» των επιφανειών αυτών. Από εδώ και στο εξής το έδαφος στο οποίο θα στηρίζεται το σώμα μας θα είναι **μαλακό** (όπως είναι η λάσπη και η άμμος δηλαδή) και το σώμα το οποίο θα στηρίζεται πάνω στο έδαφος θα μπορεί να **βουλιάζει** μέσα σε αυτό. Θα μελετήσουμε δηλαδή λίγο περισσότερο την **παραμόρφωση** που παθαίνει μια επιφάνεια όταν ένα σώμα ακουμπά επάνω της καθώς και τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται αυτή η παραμόρφωση.

1. Από την εμπειρία μας ξέρουμε ότι ένας άνθρωπος που φορά κανονικά παπούτσια, όταν περπατά πάνω στο χιόνι βυθίζεται περισσότερο μέσα σε αυτό παρά όταν φορά πέδιλα του σκι. Παρότι το βάρος του ανθρώπου παραμένει το ίδιο, έχει αλλάξει η επιφάνεια επαφής του με το χιόνι όταν φορά τα πέδιλα. Μάλιστα, όσο μεγαλώνει η επιφάνεια επαφής του με το χιόνι, τόσο βυθίζεται λιγότερο μέσα στο χιόνι.
2. Επίσης γνωρίζουμε ότι ένα άδειο κουτάκι αναψυκτικού βυθίζεται λιγότερο στο χιόνι από ένα γεμάτο κουτάκι. Παρότι τώρα η επιφάνεια επαφής του κουτιού με το χιόνι παραμένει η ίδια, έχει αλλάξει το βάρος του κουτιού. Άρα όσο μεγαλύτερο το βάρος (δύναμη) ενός σώματος, τόσο τόσο βυθίζεται περισσότερο μέσα στο χιόνι.

Αν συνδυάσουμε τα δύο προηγούμενα συμπεράσματα, βλέπουμε ότι η παραμόρφωση στο χιόνι:

- ✓ μεγαλώνει όσο μεγαλώνει το βάρος (δύναμη), ενώ
- ✓ μικραίνει όσο μεγαλώνει η επιφάνεια επαφής του σώματος πάνω στο χιόνι.

Το φυσικό μέγεθος που μας διευκολύνει στη μελέτη τέτοιων φαινομένων ονομάζεται **Πίεση** και ορίζεται ως το πηλίκο (τη διαίρεση δηλαδή) της κάθετης δύναμης  $F$  που ασκείται σε μια επιφάνεια  $A$ , διά την επιφάνεια αυτή  $A$ .

Μάλιστα, όσο πιο μεγάλη πίεση ασκείται σε μια επιφάνεια, τόσο πιο μεγάλη παραμόρφωση παθαίνει αυτή η επιφάνεια (αν είναι σχετικά μαλακή βέβαια)

Η Πίεση δηλαδή ορίζεται ως:

Πίεση =	
δύναμη που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια	
εμβαδόν επιφάνειας	

Ο μαθηματικός ορισμός της Πίεσης (που θα τη συμβολίζουμε πλέον με το P) είναι:

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

Από την παραπάνω σχέση βλέπουμε ότι όσο μεγαλώνει η δύναμη F, τόσο μεγαλώνει και η Πίεση P (είναι ποσά ανάλογα δηλαδή)

Επίσης, όσο μεγαλώνει η επιφάνεια A, τόσο μικραίνει η Πίεση P (είναι ποσά αντιστρόφως ανάλογα δηλαδή)

Όπως παρατηρούμε η Πίεση είναι παράγωγο μέγεθος, προκύπτει δηλαδή από τη Δύναμη (F) και από την Επιφάνεια (A). Άρα και οι μονάδες μέτρησής της θα προκύπτουν από τη μαθηματική σχέση που συνδέει την πίεση με τα μεγέθη αυτά

(θυμηθείτε την ταχύτητα  $v = \frac{x}{t}$ , όπου το x το μετράμε σε m και το t σε sec, άρα την ταχύτητα v σε  $\frac{m}{sec}$ ). Έτσι και η Πίεση στο SI θα μετριέται σε  $\frac{N}{m^2}$ , αφού η δύναμη F

μετριέται σε N και η επιφάνεια A σε  $m^2$ . Το  $1 \frac{N}{m^2}$  πολλές φορές το λέμε και 1 Pa (Πασκάλ), προς τιμήν του Μπλαιζ Πασκάλ που μελέτησε ενδελεχώς φαινόμενα πίεσης. Πολλές φορές χρησιμοποιούμε το πολλαπλάσιο του Pa, το kPa = 1.000 Pa.

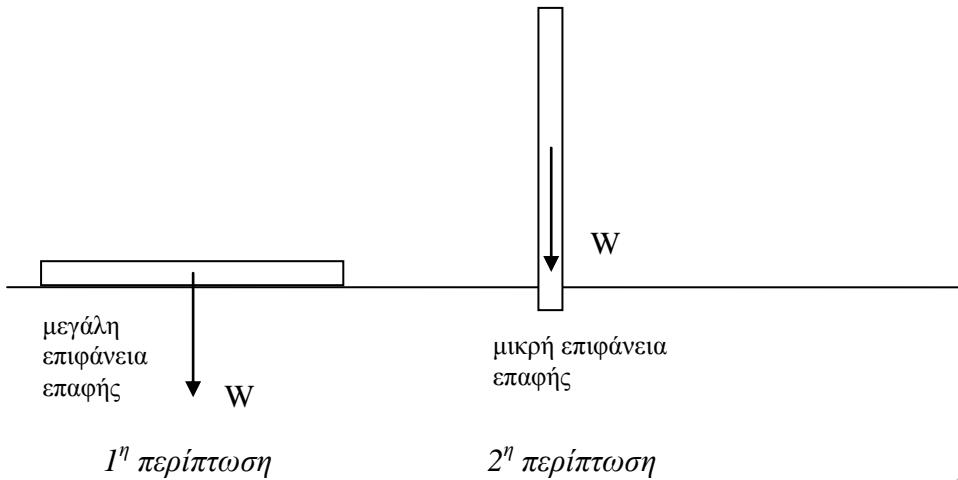
(Για άλλες μονάδες μέτρησης πίεσης που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή, βλέπε παράρτημα στο τέλος των σημειώσεων)

Με την έννοια της πίεσης που μόλις εισάγαμε, μπορούμε να περιγράψουμε και να δικαιολογήσουμε φαινόμενα όπως το γιατί πονάνε τα αυτιά μας όταν βουτάμε στη θάλασσα σε μεγάλο βάθος ή γιατί «βουλώνουν» όταν ανεβαίνουμε σε μεγάλο υψόμετρο, καθώς και τα υψηλά και χαμηλά βαρομετρικά που επηρεάζουν αντίστοιχα τα καιρικά φαινόμενα όπως αναλύονται στα δελτία καιρού, αλλά και πολλά άλλα.

Παρόμοια με το χιόνι παραδείγματα μπορούμε να σκεφτούμε με ένα τρακτέρ μέσα σε ένα λασπωμένο χωράφι, όταν αυτό φορά κανονικά λάστιχα (σαν αυτά που έχουν τα περισσότερα αυτοκίνητα) οπότε έχουμε τότε μεγάλες πιέσεις – παραμορφώσεις στο έδαφος και το τρακτέρ βυθίζεται στη λάσπη, ή όταν φορά τα κανονικά του φαρδιά λάστιχα (μεγάλη επιφάνεια επαφής) οπότε έχουμε τότε μικρότερες πιέσεις – παραμορφώσεις στο έδαφος και το τρακτέρ δεν βυθίζεται στη λάσπη.

Άλλο παράδειγμα εφαρμογής της πίεσης:

Όταν έχουμε μια πλάκα πεζοδρομίου και την ακουμπάμε πάνω σε λασπώδες έδαφος με τους 2 παρακάτω τρόπους, πότε βυθίζεται περισσότερο μέσα σε αυτό;



Από την εμπειρία μας γνωρίζουμε ότι η πλάκα θα βυθιστεί περισσότερο στο έδαφος στη 2<sup>η</sup> περίπτωση. Πώς ερμηνεύεται όμως αυτό με την έννοια της πίεσης;

Το βάρος  $W$  της πλάκας και στις 2 περιπτώσεις είναι βέβαια το ίδιο – αυτό που έχει αλλάξει είναι η επιφάνεια επαφής της πλάκας με το έδαφος. Στη 2<sup>η</sup> περίπτωση η επιφάνεια επαφής είναι πολύ μικρότερη από την 1<sup>η</sup> περίπτωση γι' αυτό και η πίεση (που μετρά παραμόρφωση) στο έδαφος είναι μεγαλύτερη στη 2<sup>η</sup> περίπτωση, άρα και η παραμόρφωση (βύθισμα στο έδαφος) θα είναι μεγαλύτερη στη 2<sup>η</sup> περίπτωση.

### Διαφορές Πίεσης – Δύναμης

Επειδή πολλές φορές δημιουργείται σύγχυση ανάμεσα στα μεγέθη Πίεση και Δύναμη (όπως άλλωστε και μεταξύ Βάρους και Μάζας), επισημαίνουμε εδώ τις σημαντικότερες διαφορές τους

Δύναμη	Πίεση
Είναι διανυσματικό μέγεθος	ΔΕΝ είναι διανυσματικό μέγεθος
Μετριέται σε Newton (N)	Μετριέται σε Pascal ( $\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$ )
Συμβολίζεται με το γράμμα $F$	Συμβολίζεται με το γράμμα $P$
Εκφράζει τη δύναμη (!) που δέχεται ένα σώμα	Εκφράζει τη δύναμη <u>ανά τετραγωνικό μέτρο</u> που δέχεται ένα σώμα

### Πρακτικές συμβουλές για τα προβλήματα – ασκήσεις με Πίεση:

- ✓ Από τα παραπάνω παραδείγματα είδαμε ότι σε προβλήματα με πίεση, η δύναμη  $F$  που ασκείται κάθετα σε μια επιφάνεια  $A$  είναι συνήθως το βάρος  $W$  ενός σώματος. Το βάρος λοιπόν θα το υπολογίζω από τη σχέση  $[W=mg]$
- ✓ Η επιφάνεια  $A$  μπορεί να είναι είτε το εμβαδόν ενός παραλληλογράμμου (οπότε θα το υπολογίζω από τη σχέση:  $[A = \text{βάση} \times \text{ύψος}]$ ) είτε το εμβαδόν ενός κύκλου (οπότε θα το υπολογίζω από τη σχέση:  $[A=\pi r^2]$  όπου  $\pi=3,14$  και  $r$  η ακτίνα του κύκλου)
- ✓ Ειδικά για τον υπολογισμό της επιφάνειας  $A$ , προσοχή πρέπει να δίνουμε στις μονάδες μέτρησης εμβαδού: Για να βγαίνει η πίεση σε Πασκάλ – Pa, θα πρέπει τα εμβαδά να είναι μετρημένα στο SI, δηλαδή σε τετραγωνικά μέτρα  $\text{m}^2$ . Αν λοιπόν μας δίνονται τετραγωνικά εκατοστά ή τετραγωνικά χιλιοστά τα μετατρέπουμε σε τετραγωνικά μέτρα με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα:

<b>Πίνακας μετατροπών μέτρων(m) – εκατοστών(cm) – χιλιοστών(mm):</b>			
1 m	είναι	100 cm	η 1.000 mm
1 m <sup>2</sup>	είναι	100 <sup>2</sup> cm <sup>2</sup> = 10.000 cm <sup>2</sup>	η 1.000 <sup>2</sup> mm <sup>2</sup> = 1.000.000 mm <sup>2</sup>
1 m <sup>3</sup>	είναι	100 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> = 100.000 cm <sup>3</sup>	η 1.000 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup> = 1.000.000.000 mm <sup>3</sup>

## Πίεση Ρευστών

Όπως γνωρίζουμε ήδη, οι καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί ένα σώμα είναι 3: Στερεή, υγρή και αέρια. Τα υγρά και τα αέρια σώματα τα καλούμε με ένα όνομα ρευστά. Γενικότερα, ρευστά ονομάζουμε τα σώματα που δεν έχουν σταθερό σχήμα, αλλά παίρνουν το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται. Επίσης τα ρευστά έχουν την ιδιότητα να ρέουν. Τα ρευστά τα οποία θα μελετήσουμε εμείς εδώ είναι το νερό και ο αέρας.

Εύκολα καταλαβαίνουμε ότι το νερό έχει όγκο και βάρος. Καμιά φορά όμως δυσκολευόμαστε να καταλάβουμε το ίδιο και για τον αέρα, ο οποίος, παρότι είναι αόρατος, έχει και αυτός όγκο και κάποιο βάρος. Αυτό το βάρος  $W$  του νερού ή του αέρα που θα ασκείται στον πυθμένα ενός δοχείου (στην επιφάνεια  $A$  του πυθμένα) θα προκαλεί και την αντίστοιχη πίεση του ρευστού.

Η πίεση που ασκεί ένα υγρό που ισορροπεί (δεν κουνιέται δηλαδή) ονομάζεται **υδροστατική πίεση** και μετριέται με ειδικά όργανα που λέγονται **μανόμετρα**.

Η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας όταν ισορροπεί (δεν φυσάει δηλαδή) ονομάζεται **ατμοσφαιρική πίεση** και μετριέται με ειδικά όργανα που λέγονται **βαρόμετρα**.

### 4.2 Υδροστατική πίεση

Που οφείλεται όμως η υδροστατική πίεση; Ένα υγρό που βρίσκεται μέσα σε ένα δοχείο, λόγω του βάρους του πιέζει τον πυθμένα του δοχείου. Έτσι αν  $W$  το βάρος του υγρού και  $A$  η επιφάνεια του πυθμένα, τότε  $p=W/A$

Το υγρό όμως δεν ασκεί πίεση μόνο στον πυθμένα του δοχείου αλλά και σε κάθε σημείο του δοχείου σε οποιοδήποτε βάθος

Τα υγρά σκούν πίεση προς κάθε κατεύθυνση (όχι μόνο προς τα κάτω δηλαδή!) και μάλιστα, η πίεση αυτή – για δεδομένο=σταθερό βάθος μέσα στο υγρό – είναι ανεξάρτητη του προσανατολισμού. Αν  $\pi_x$  σε βάθος 3μέτρων μέσα στη θάλασσα δύνης δέχεται πίεση 20 Πασκάλ, τότε θα δέχεται πίεση 20 πασκάλ και στην πλάτη του και το θώρακά του και στα χέρια του – παντού 20 πασκάλ!

Η υδροστατική πίεση αυξάνεται ανάλογα με το βάθος, δηλαδή όσο μεγαλώνει το βάθος του υγρού, τόσο μεγαλώνει και η πίεση που υπάρχει. Αυτό είναι λογικό αν σκεφτούμε ότι όσο πιο βαθειά κατεβαίνουμε μέσα σε ένα δοχείο με υγρό, τόσο πιο πολύ υγρό θα υπάρχει από πάνω από αυτό το βάθος, άρα και πιο πολύ βάρος υγρού, άρα και περισσότερη πίεση.

Η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της πυκνότητας του υγρού. Αν έχουμε δηλαδή ένα «βαρύ»-πυκνό υγρό,  $\pi_x$  υδράργυρο και ένα «ελαφρύ» -αραιό υγρό,  $\pi_x$  οινόπνευμα, ( $\rho_{υδραργύρου} > \rho_{οινοπνεύματος}$ ) τότε στο ίδιο βάθος η πίεση θα είναι μεγαλύτερη στο πυκνό υγρό γιατί πάλι θα υπάρχει περισσότερο βάρος πάνω από αυτό το βάθος, άρα περισσότερη πίεση σε σχέση με το αραιότερο υγρό.

Τέλος, η υδροστατική πίεση είναι ανάλογη της επιτάχυνσης της βαρύτητας g. Αυτό μπορούμε να το αντιληφθούμε μόνο αν κάνουμε μέτρηση υδροστατικής πίεσης στο ίδιο

υγρό και στο ίδιο βάθος αλλά σε άλλο πλανήτη. Και πάλι είναι λογικό να το σκεφτούμε, αν φέρουμε στο νου μας ότι το  $g$  ενός πλανήτη εκφράζει το πόσο «δυνατά» έλκει ένα σώμα (μεγάλο  $g$  – μεγάλη έλξη στα σώματα του πλανήτη). Οι πλανήτες με μεγάλα  $g$  δηλαδή θα έλκουν με μεγαλύτερη δύναμη- βάρος τα υγρά, άρα θα προκαλούν και μεγαλύτερες υδροστατικές πίεσεις μέσα σε αυτά

Τα παραπάνω συνοψίζονται στο Νόμο της Υδροστατικής Πίεσης:  
 $p=\rho gh$ , όπου  $\rho$  σε  $\text{kg/m}^3$ ,  $g$  σε  $\text{m/s}^2$  και  $h$  σε  $\text{m}$

Αξίζει να σημειωθεί ότι η υδροστατική πίεση δεν εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου ή τον όγκο του νερού.

## Παράρτημα

Άλλες μονάδες μέτρησης της πίεσης είναι:

### Pressure Units

	<u>pascal</u> (Pa)	<u>bar</u> (bar)	<u>technical</u> <u>atmosphere</u> (at)	<u>atmosphere</u> (atm)	<u>torr</u> (Torr)	<u>pound-</u> <u>force per</u> <u>square inch</u> (psi)
<b>1 Pa</b>	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	$10^{-5}$	$1.0197 \times 10^{-5}$	$9.8692 \times 10^{-6}$	$7.5006 \times 10^{-3}$	$145.04 \times 10^{-6}$
<b>1 bar</b>	100,000	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	1.0197	0.98692	750.06	14.504
<b>1 at</b>	98,066.5	0.980665	$\equiv 1 \text{ kgf/cm}^2$	0.96784	735.56	14.223
<b>1 atm</b>	101,325	1.01325	1.0332	$\equiv 1 \text{ atm}$	760	14.696
<b>1 torr</b>	133.322	$1.3332 \times 10^{-3}$	$1.3595 \times 10^{-3}$	$1.3158 \times 10^{-3}$	$\equiv 1 \text{ Torr};$ $\approx 1 \text{ mmHg}$	$19.337 \times 10^{-3}$
<b>1 psi</b>	6,894.76	$68.948 \times 10^{-3}$	$70.307 \times 10^{-3}$	$68.046 \times 10^{-3}$	51.715	$\equiv 1 \text{ lbf/in}^2$

**Παράδειγμα:**  $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar} = 10.197 \times 10^{-6} \text{ atm} = 9.8692 \times 10^{-6} \text{ atm}$ , κλπ.

**Σημειώσεις:**

- ✓ Το mmHg είναι συντόμευση των χιλιοστών Υδραργύρου.
- ✓ Η μονάδα πίεσης bar προέρχεται από την ελληνική λέξη «Βάρος»
- ✓ Η μονάδα πίεσης Torr ονομάστηκε προς τιμήν του Ιταλού φυσικού Evangelista Torricelli που πρώτος υπολόγισε την ατμοσφαιρική πίεση με τη στήλη υδραργύρου.