

Μετρήσεις πυκνότητας και πίεσης

Οι διαφάνειες αποτελούν υλικό του βιβλίου:

Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου ***Τεχνολογία μετρήσεων***

2η Αναθεωρημένη Έκδοση

Κωδικός Βιβλίου στον Εύδοξο: 22694842

Έκδοση: 2η Έκδοση/2013

ISBN: 978-960-418-386-9

Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ



ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Ορισμός της πίεσης

Πίεση είναι το πηλίκο της ασκούμενης δύναμης (F) που δρα σε μια επιφάνεια δια του εμβαδού (S) της επιφάνειας αυτής.

$$p = \frac{dF}{ds}$$

p : πίεση,

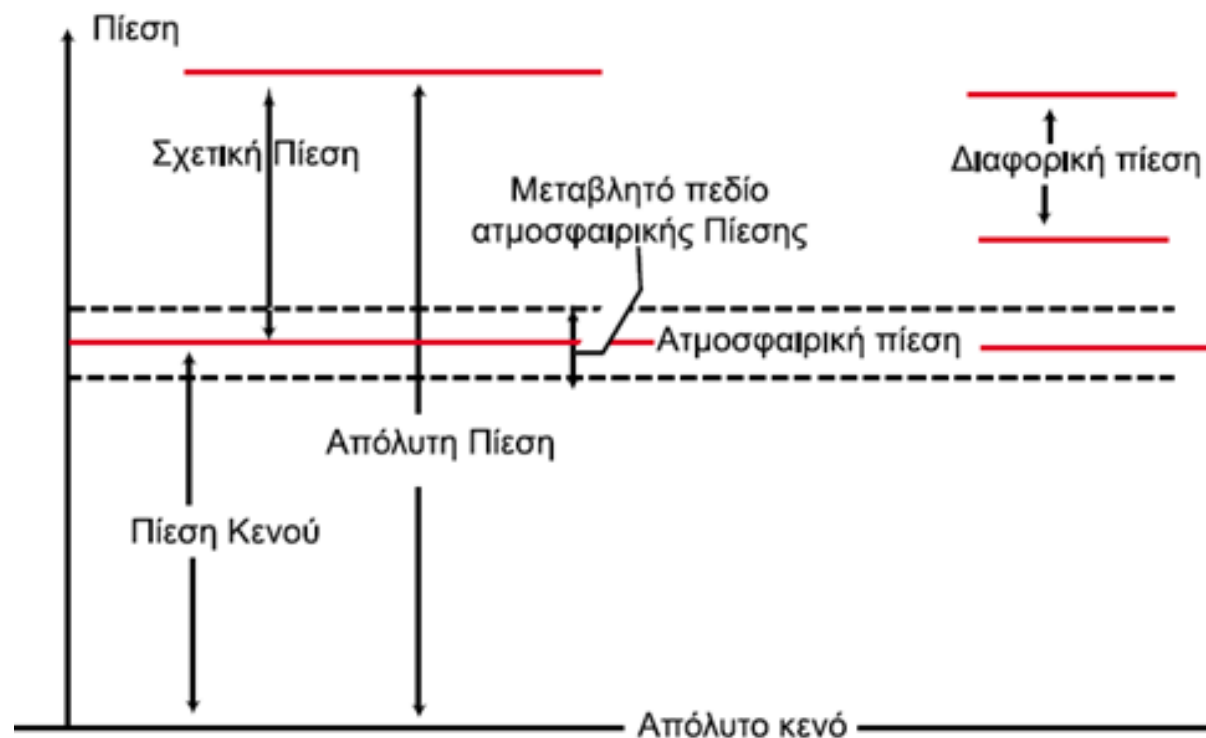
F : κάθετη δύναμη, και

s : το εμβαδόν της επιφάνεια

Η επιφάνεια μπορεί να είναι κάποιο στερεό ή ρευστό που έρχεται σε επαφή με την ασκούμενη δύναμη σε αυτό

Ορισμοί της πίεσης

- απόλυτη πίεση
- ατμοσφαιρική πίεση
- σχετική ή μανομετρική πίεση
- διαφορική πίεση.



Συντελεστές μετατροπής μονάδων πίεσης

Πίνακας μετατροπής μονάδων πίεσης

	Bar	Pa	MPa	Kg/cm²	atm	psi	mm Hg
Bar	1	1×10^5	1×10^{-1}	1,0197	0,987	14,504	$7,5006 \times 10^2$
Pa	1×10^{-5}	1	1×10^{-6}	$1,0197 \times 10^{-5}$	$0,987 \times 10^{-5}$	$14,504 \times 10^{-5}$	$7,5006 \times 10^{-3}$
MPa	10	1×10^6	1	10,197	9,87	145,04	$7,5006 \times 10^{-9}$
Kg/cm²	0,980	$0,980 \times 10^5$	0,0980	1	0,9678	14,223	$7,35 \times 10^4$
atm	1,013	$1,013 \times 10^5$	0,0103	1,033	1	14,696	$7,60 \times 10^2$
psi	0,0689	$0,0689 \times 10^5$	0,00689	0,0703	0,0680	1	$0,2539 \times 10^2$
mm Hg	$0,133 \times 10^{-2}$	$0,133 \times 10^3$	$0,133 \times 10^{-3}$	$0,136 \times 10^{-4}$	$0,131 \times 10^{-2}$	$3,937 \times 10^{-2}$	1

Για παράδειγμα:

$$2(\text{Atm}) \cdot 7,60 \cdot 10^2 = 1520 \text{mmHg}$$

Πυκνότητα

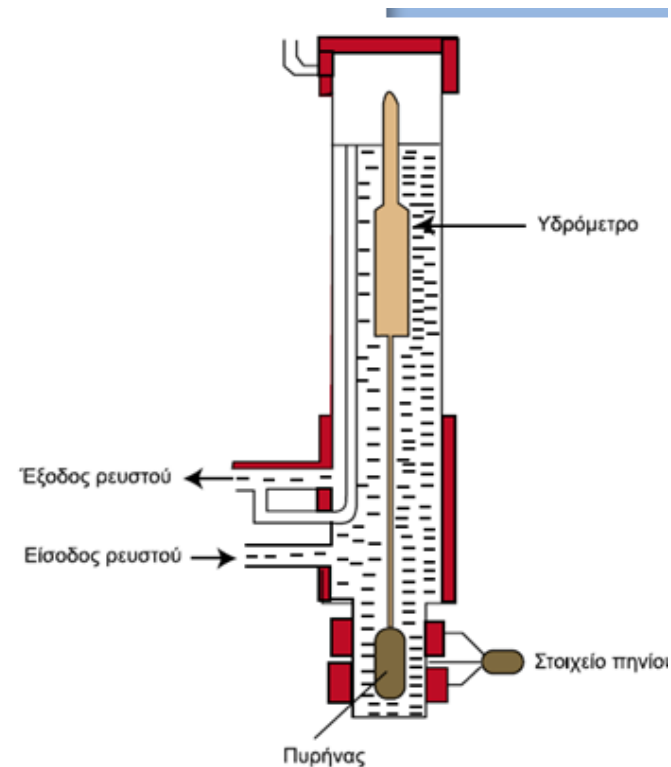
Ως πυκνότητα (ρ) ορίζεται το πηλίκο μάζας (m) του σώματος ανά μονάδα όγκου (V):

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

Μονάδα μέτρησης της πυκνότητας στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων είναι το

$$1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Για τη μέτρηση της πυκνότητας υγρών χρησιμοποιούνται ειδικά όργανα και διατάξεις που καλούνται αραιόμετρα ή πυκνόμετρα ή και υδρόμετρα (hydrometer)

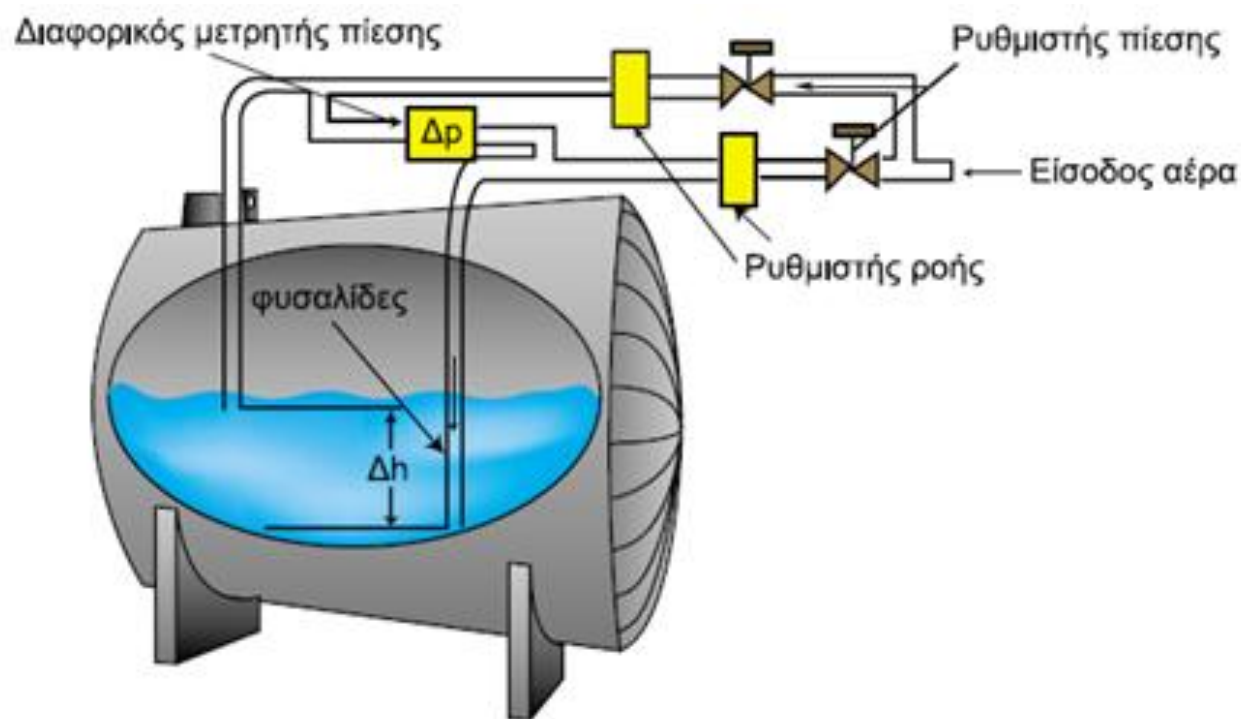


Μέτρηση πυκνότητας με τεχνική φυσαλίδων

Η τεχνική παραγωγής των φυσαλίδων σε δεξαμενή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσουν την πυκνότητα του υγρού. Η διαφορά στις πιέσεις του αέρα μεταξύ των δύο τροφοδοσιών σχετίζεται με την πυκνότητα του υγρού από την ακόλουθη εξίσωση:

$$\rho = \frac{\Delta p}{g \cdot \Delta h}$$

Δp : η διαφορά στις πιέσεις,
 Δh : η διαφορά στο ύψος των
 δύο σωλήνων.



Υδροστατική πίεση

Ως υδροστατική πίεση p_g ορίζεται η πίεση που ασκεί ένα ακίνητο ρευστό σε μία στη βάση στήλης υγρού, λόγω του βάρους του, και δίνεται από την εξίσωση:

$$p_g = \rho gh$$

ρ : η πυκνότητα του υγρού

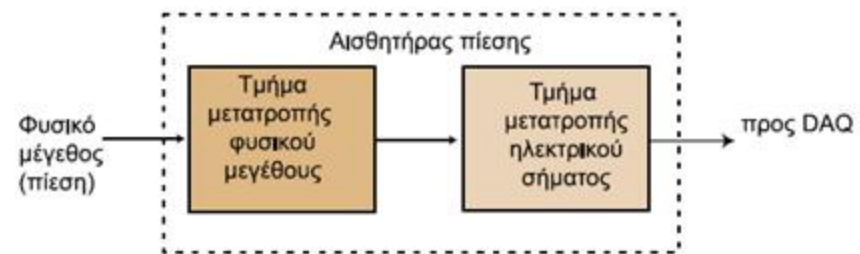
g : η επιτάχυνση της βαρύτητας

h : το ύψος της στήλης του υγρού

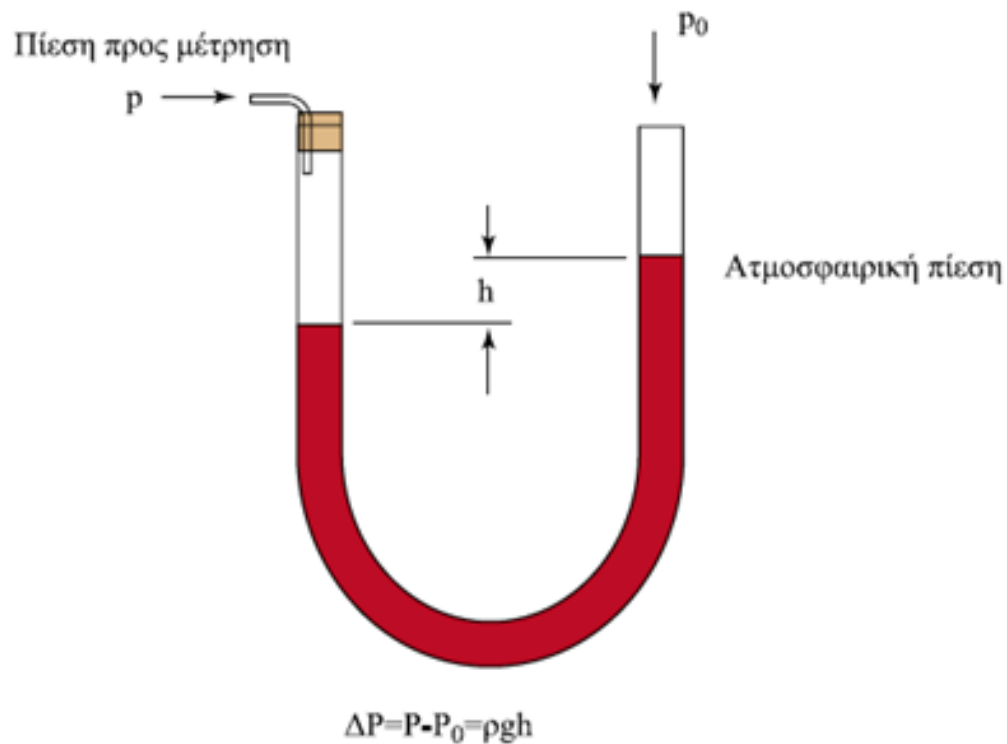
Η υδροστατική πίεση σε μία δεξαμενή είναι ανάλογη της πυκνότητας του ρευστού και της στάθμης του σε αυτή.

Αισθητήρες πίεσης

- Το πρώτο τμήμα του αισθητήρα πίεσης περιλαμβάνει το τμήμα μετατροπής του φυσικού μεγέθους της πίεσης σε μεταβολή δευτερογενή φυσικού μεγέθους που είναι δυνατό να μετρηθεί, όπως για παράδειγμα, της μηχανικής μετατόπισης.
- Το δεύτερο τμήμα της διάταξης του αισθητήρα μετατρέπει τη μεταβολή του δευτερογενή μεγέθους σε ηλεκτρικό σήμα για τη μέτρηση της μεταβολής του μεγέθους.



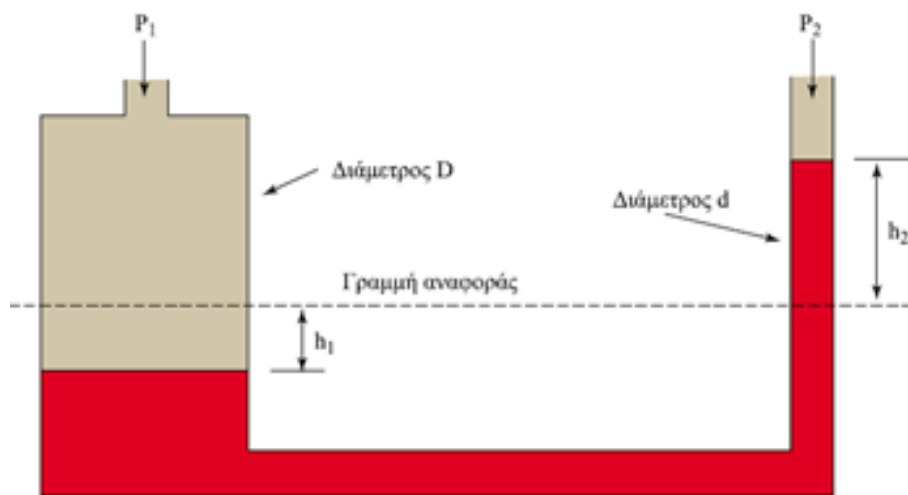
Μανόμετρα υοειδούς σωλήνα ή τύπου U



$$\Delta p = p - p_0 = \rho gh$$

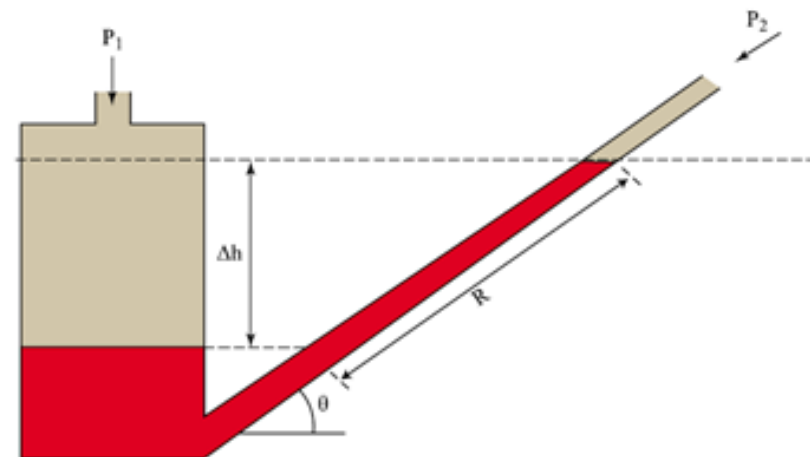
Μανόμετρα δεξαμενής και κεκλιμένου επιπέδου

Μανόμετρο δεξαμενής



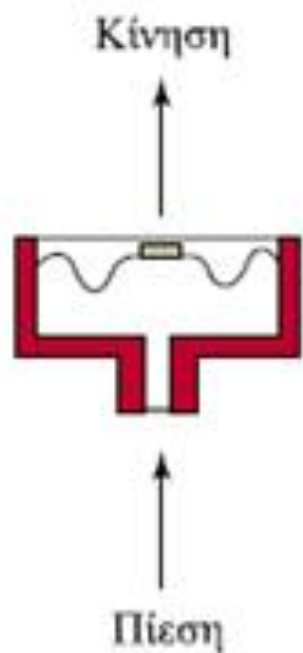
Η μετρήσιμη διαφορά πίεσης δίνεται:

$$p_1 - p_2 = \rho g h$$



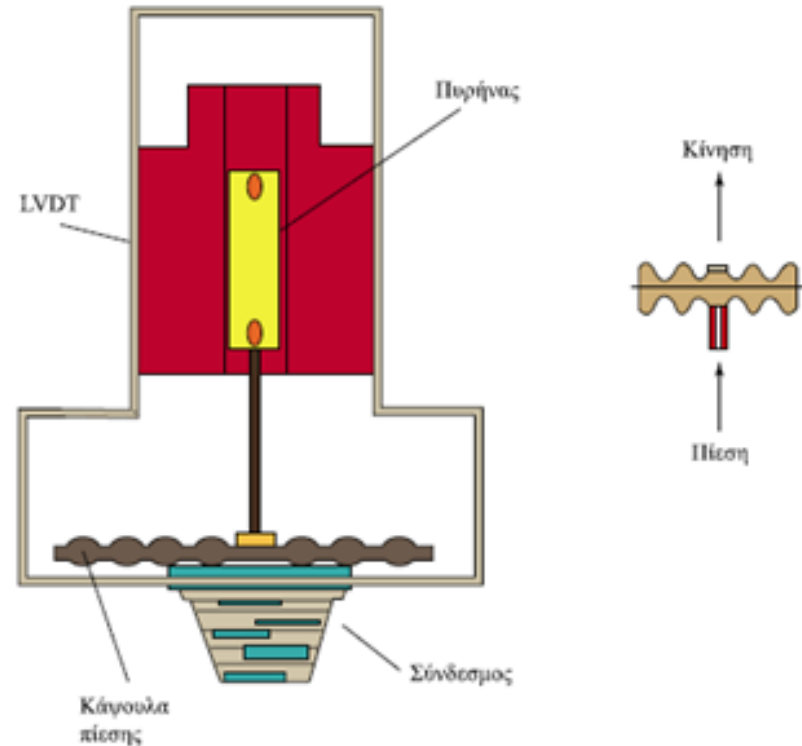
Μανόμετρο κεκλιμένου σωλήνα

Μέτρηση πίεσης με διάφραγμα



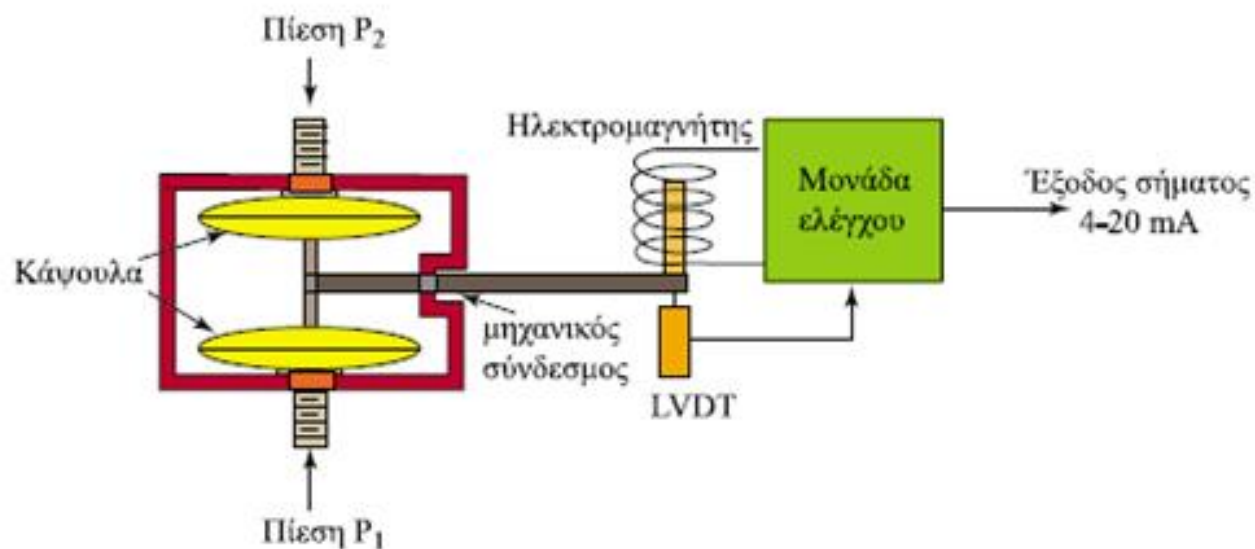
Μέτρηση πίεσης με κάψουλες

- ❑ Οι κάψουλες πίεσης είναι δύο διαφράγματα ενωμένα μεταξύ τους ώστε να σχηματίζουν ένα θάλαμο, συνήθως ελλειψοειδούς σχήματος
- ❑ Η παραμόρφωση της κάψουλας μπορεί να συζευχθεί κατάλληλα με μηχανικά στοιχεία για να δημιουργηθεί μία μετρητική διάταξη
- ❑ Η παραμόρφωση, δηλαδή η μετατόπιση που προκαλεί η πίεση σε μια κάψουλα, εξαρτάται:
 - από τις διαστάσεις της,
 - το σχήμα της,
 - το πάχος του υλικού
 - από τις ελαστικές ιδιότητες του υλικού που χρησιμοποιείται στην κατασκευή της.



Μέτρηση πίεσης με δύο κάψουλες

Για τη μέτρηση διαφορικής πίεσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο κάψουλες, μια για κάθε πίεση. Οι κάψουλες διασυνδέονται μηχανικά ώστε να μετράται η διαφορική πίεση.



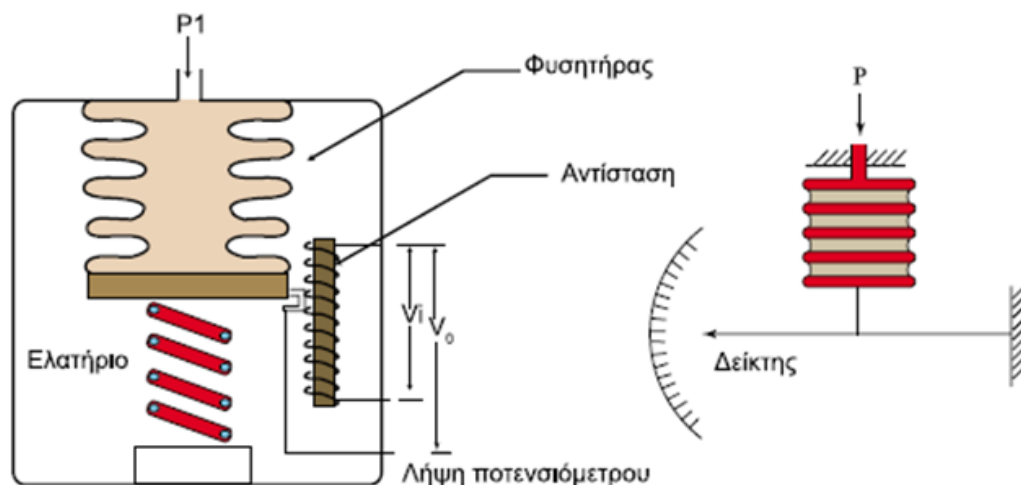
Μέτρηση πίεσης με θαλάμους

Οι θάλαμοι είναι διαφράγματα να ενώνονται μεταξύ τους σε ένα κυλινδρικό σχήμα, διαχωρίζονται από έναν κυματοειδή σωλήνα ή από έναν σωλήνα με σπειρώματα. Όταν εφαρμόζεται πίεση στους θαλάμους τα διαφράγματα επιμηκύνονται τεντώνοντας τα σπειρώματα του θαλάμου

Η πίεση που ασκείται σε ένα θάλαμο ισούται με

$$p = \frac{d}{S} \lambda$$

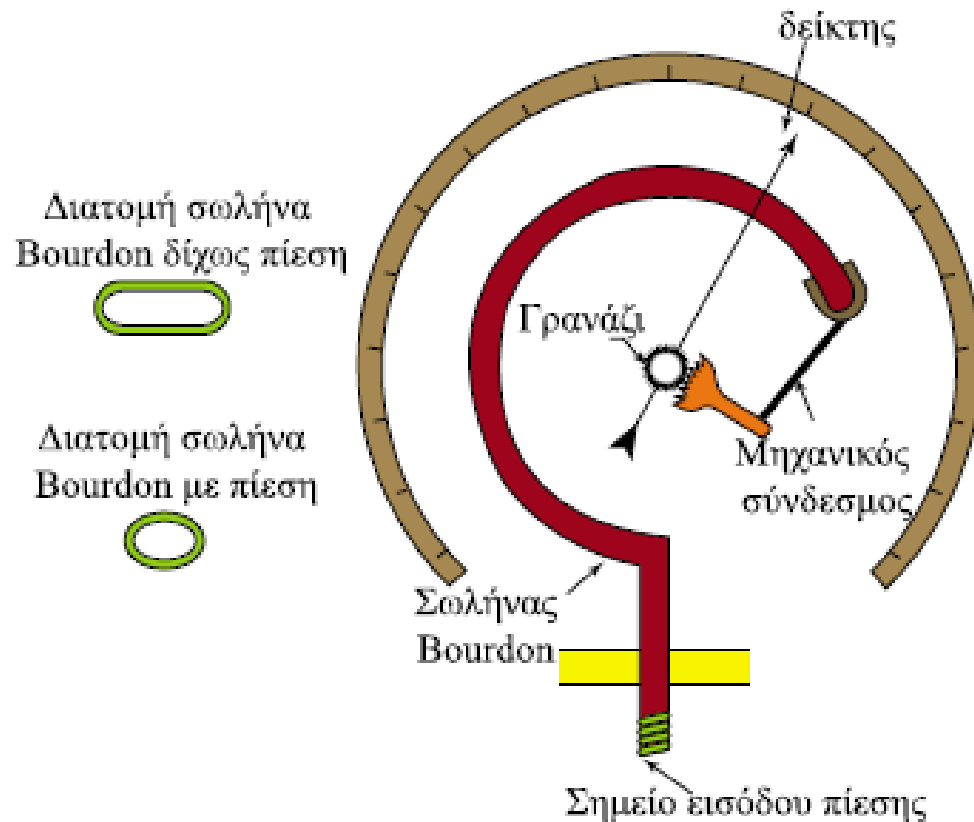
d : η μετατόπιση του φουσητήρα,
 S : η επιφάνεια του φουσητήρα, και
 λ : η σταθερά ελαστικότητας του φουσητήρα εκφραζόμενη σε Nm^{-1}



Μέτρηση πίεσης με σωλήνες Bourdon

Σωλήνας Bourdon - κυλινδρικός σωλήνας που το ένα άκρο του είναι ερμητικά κλειστό, ενώ στο ανοικτό άκρο του μπορεί να εφαρμοστεί πίεση.

Οι σωλήνες Bourdon που έχουν ελικοειδή ή σπειροειδή σχήματα αυξάνουν το εύρος της μέτρησης.



Μέτρηση πίεσης με χωρητικούς αισθητήρες

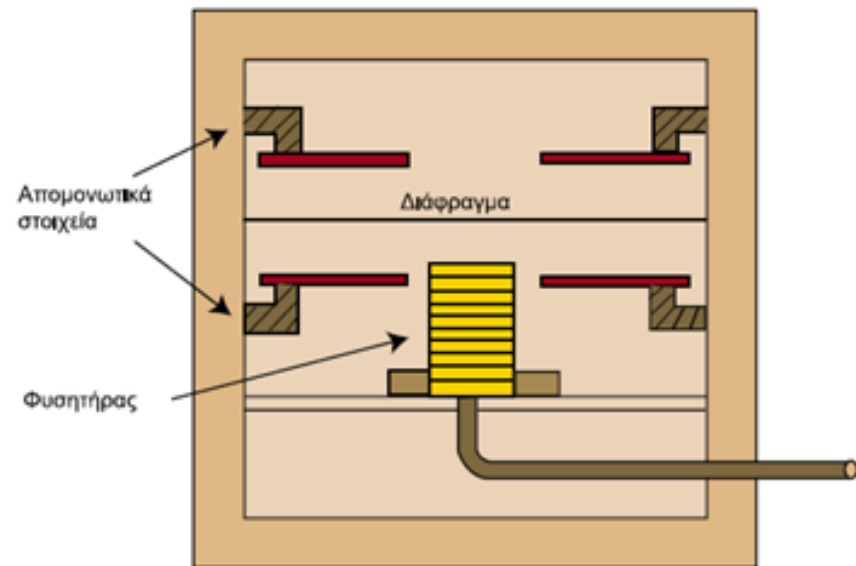
Οι χωρητικοί αισθητήρες πίεσης, χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό ενός διαφράγματος και μίας χωρητικής διάταξης για να μετρήσουν την πίεση

Οι αισθητήρες αυτοί δημιουργούν ένα πυκνωτή μεταβλητής χωρητικότητας

Το τυπικό πεδίο τιμών της μεταβολή χωρητικότητας σε μια τέτοια διάταξη κυμαίνεται από 50-100 pF. Η χωρητικότητα μεταξύ των δύο οπλισμών δίνεται από τη σχέση:

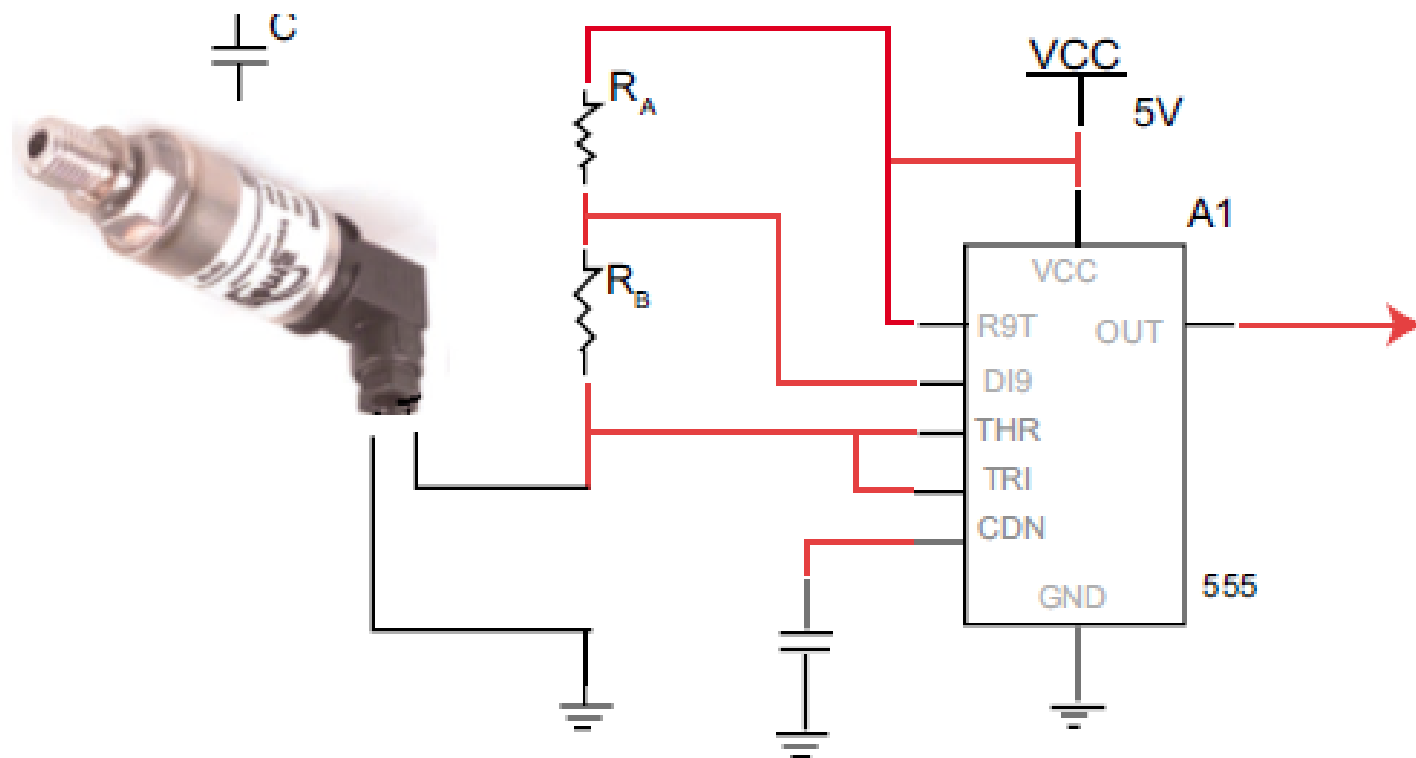
$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

ε : η διηλεκτρική σταθερά του υλικού μεταξύ των οπλισμών,
 A : η επιφάνεια των οπλισμών, και
 d : το διάστημα μεταξύ των οπλισμών.



Μέτρηση πίεσης με χωρητικούς αισθητήρες

Για τη μέτρηση της χωρητικότητας χρησιμοποιούνται κυκλώματα χρονισμού η έξοδος των οποίων μεταβάλλεται από το χρόνο φόρτισης/εκφόρτισης του προς μέτρηση πυκνωτή .



Η μετατροπή του μέτρου της χωρητικότητας σε συχνότητα δίνεται από τη σχέση:

$$f = \frac{1,44}{(R_A + 2R_B) \cdot C}$$

Πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης

Οι πιεζοηλεκτρικοί αισθητήρες πίεσης αξιοποιούν την ιδιότητα κρυσταλλικών υλικών να μεταβάλλουν τη συχνότητα συντονισμού τους όταν μεταβάλλεται η γεωμετρία τους εξαιτίας της άσκησης κάποιας δύναμης (πίεσης) πάνω τους.

$$p = A\left(1 - \frac{T_0}{T}\right) - B\left(1 - \frac{T_0}{T^2}\right)$$

T_0 : η περίοδος της συχνότητας συντονισμού υπό μηδενική πίεση (χωρίς γεωμετρική παραμόρφωση),

T : η περίοδος της συχνότητας συντονισμού υπό πίεση, και

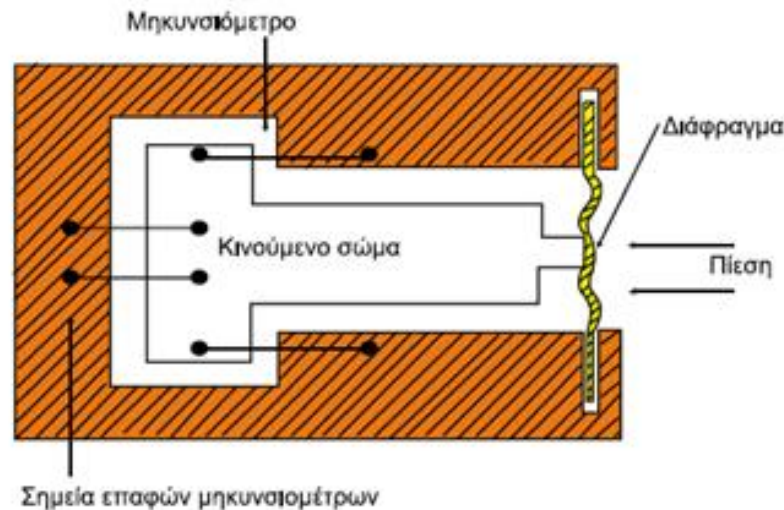
A, B: οι συντελεστές βαθμονόμησης που εξαρτώνται από τις ιδιότητες του κρυστάλλου.

Μέτρηση πίεσης με μηκυνσιόμετρα

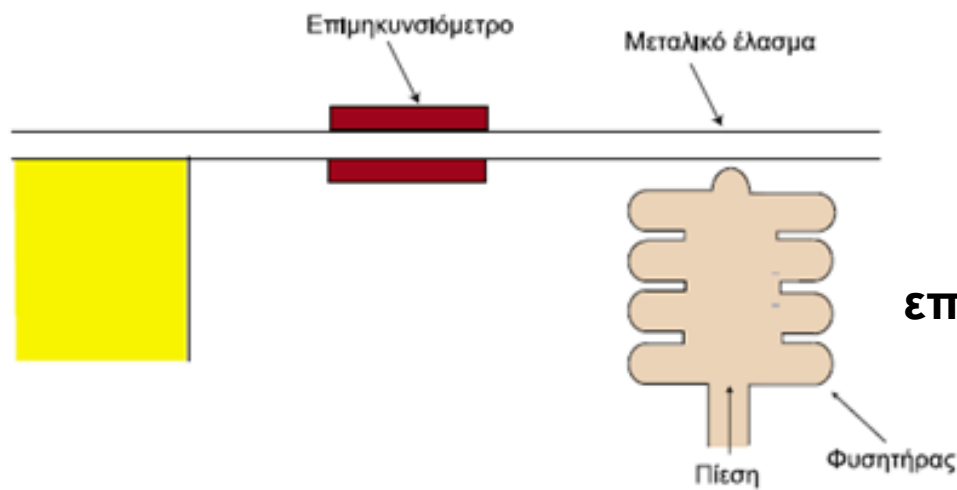
Οι αισθητήρες πίεσης με μηκυνσιόμετρο (strain gauge) στηρίζουν την αρχή λειτουργίας τους στο φαινόμενο της μήκυνσης ή παραμόρφωσης (strain) που προκαλείται σε ένα σώμα όταν σε αυτό ασκηθεί πίεση.

Στη κατηγορία των αισθητήρων πίεσης με μηκυνσιόμετρα διακρίνουμε δύο τύπους σε σχέση με τη τεχνική χρήσης των μηκυνσιομέτρων:

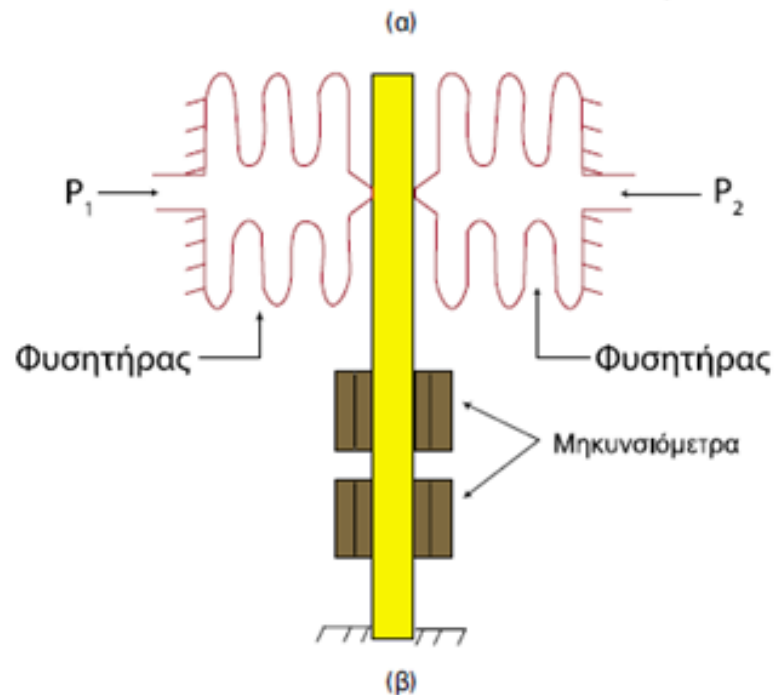
- ❑ τους αισθητήρες πίεσης με μηκυνσιόμετρα συγκολλημένου τύπου ή επαφής (bonded)
- ❑ τους αισθητήρες πίεσης με μηκυνσιόμετρα μη συγκολλημένου τύπου ή μη επαφής (unbonded)



Μέτρηση πίεσης με μηκυνσιόμετρα



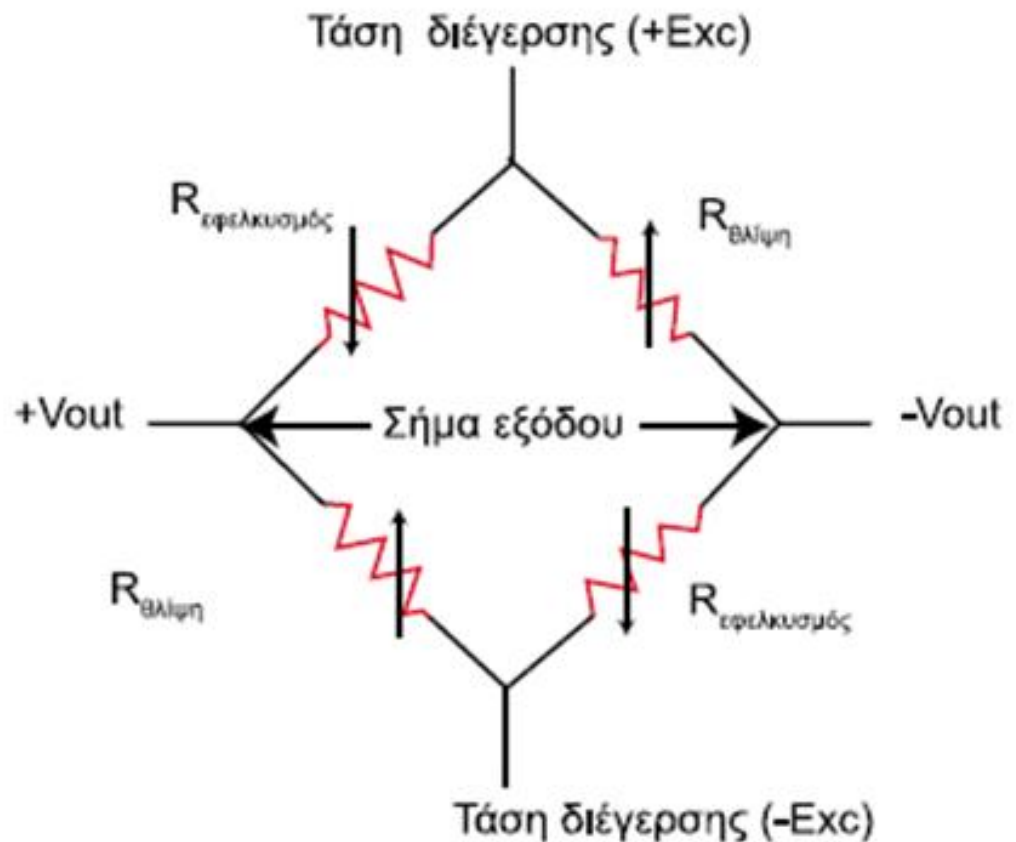
(α) Μέτρηση πίεσης με επιμηκυνσιόμετρο και θάλαμο πίεσης



β) διαφορικός μετρητής πίεσης με μηκυνσιόμετρα

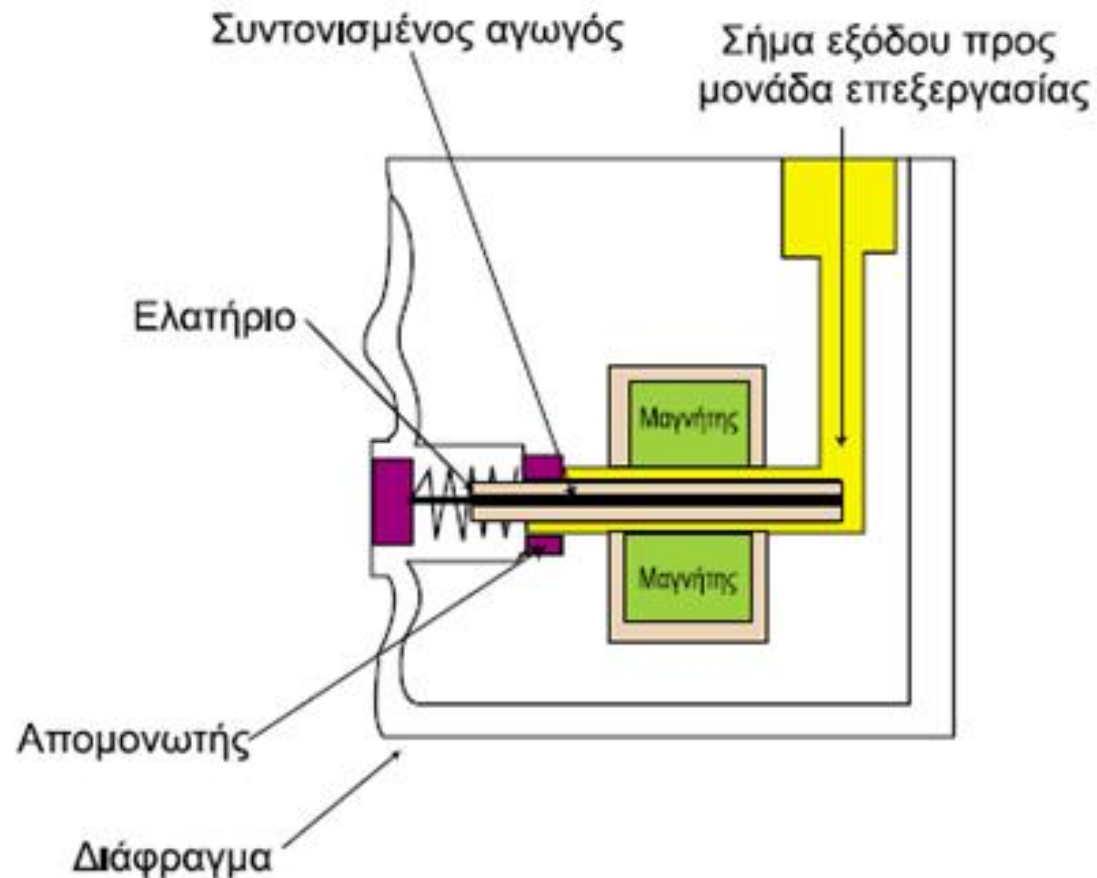
Μέτρηση πίεσης με μηκυνσιόμετρα

Αξιοποιώντας τη μεταβολή της αντίστασης σε διάταξη γέφυρας Wheatstone, είναι δυνατό να μετρηθεί η πίεση σε σχέση με την τάση εξόδου της γέφυρας.



Μέτρηση πίεσης με αισθητήρα συντονισμένου αγωγού

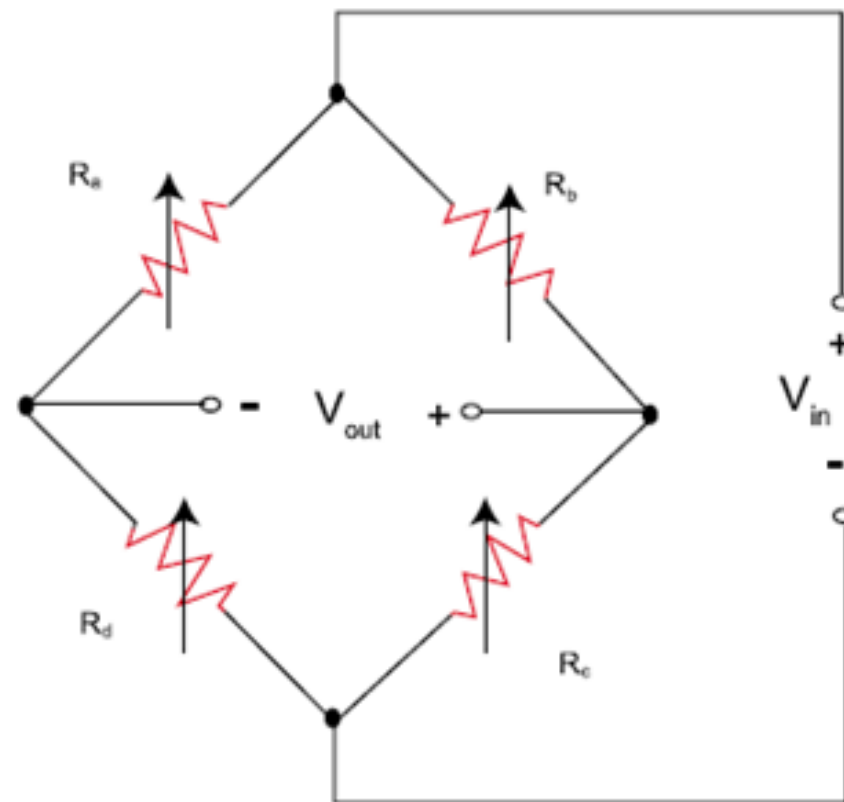
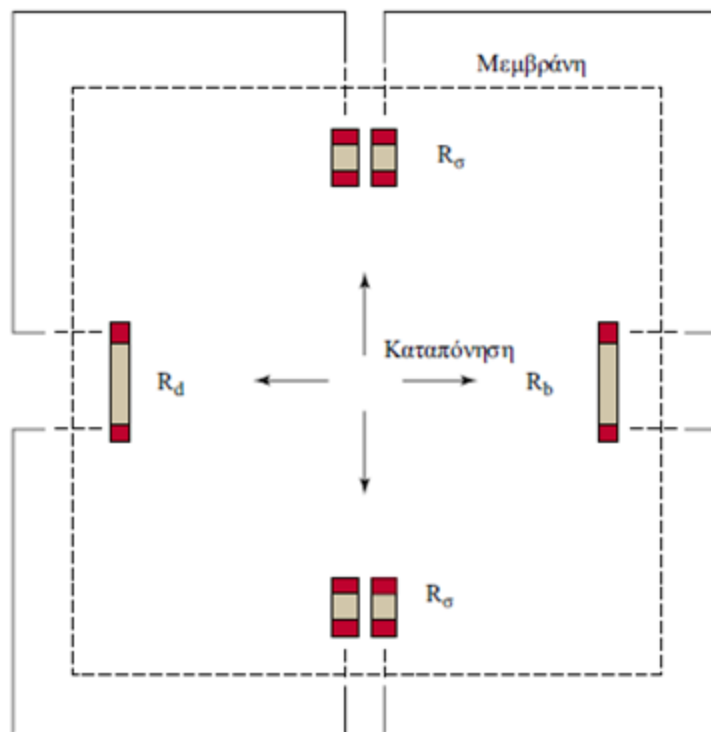
- ✓ αγωγός προσαρτά σταθερά και ακλόνητα το ένα άκρο του στο πλαίσιο της διάταξης
- ✓ το άλλο άκρο του προσαρτάται πάνω σε διάφραγμα που μεταβάλλεται σε σχέση με την εφαρμοζόμενη πίεση
- ✓ χωρίς την εφαρμογή κάποιας πίεσης στο διάφραγμα, ο αγωγός συντονίζεται και ταλαντώνεται μηχανικά υπό την επίδραση του μαγνητικού πεδίου μόνιμου μαγνήτη του υπάρχει στη διάταξη.



Μέτρηση πίεσης με πιεζοαντιστάσεις

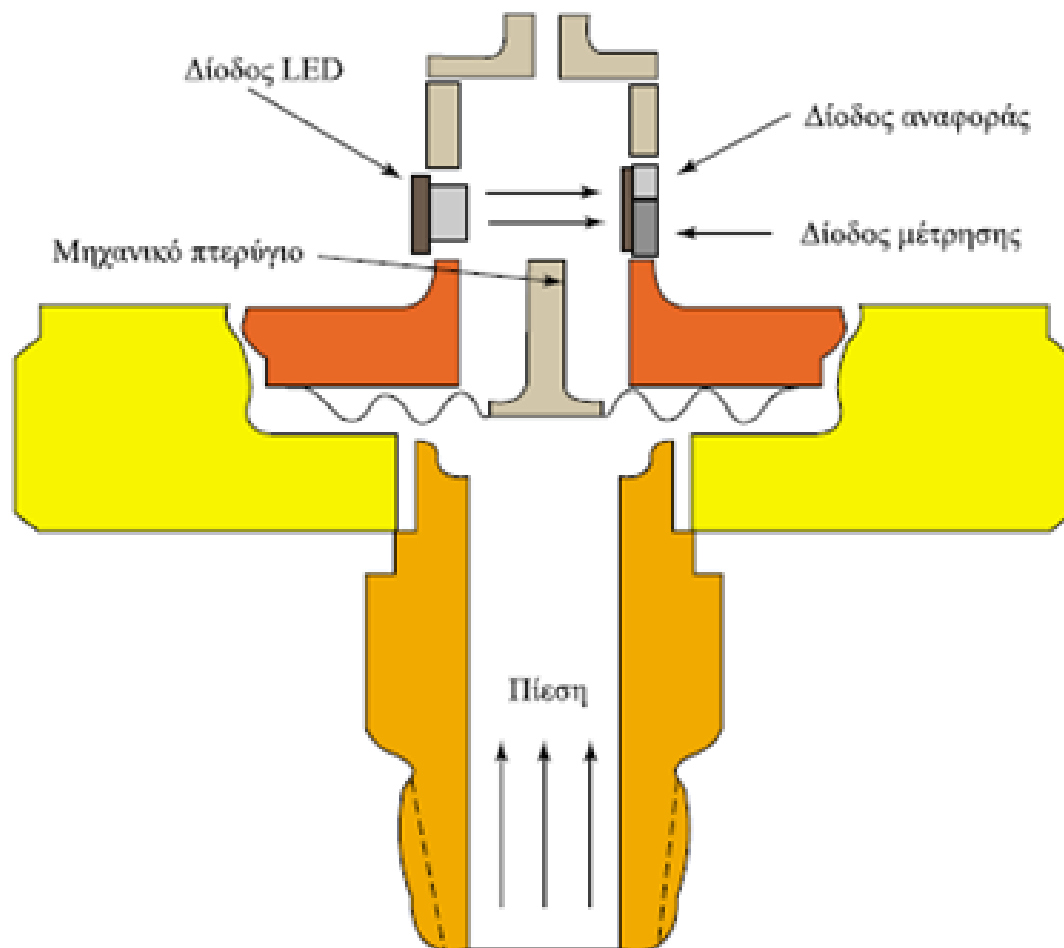
Τα στοιχεία των πιεζοαντιστάσεων συνδέονται σε συνδεσμολογία γέφυρας Wheatstone δίνοντας έτσι μία τάση σε σχέση με την εφαρμοζόμενη πίεση

$$U_{out} = U_{in} \left(\frac{R_c}{R_b + R_c} - \frac{R_d}{R_a + R_d} \right)$$



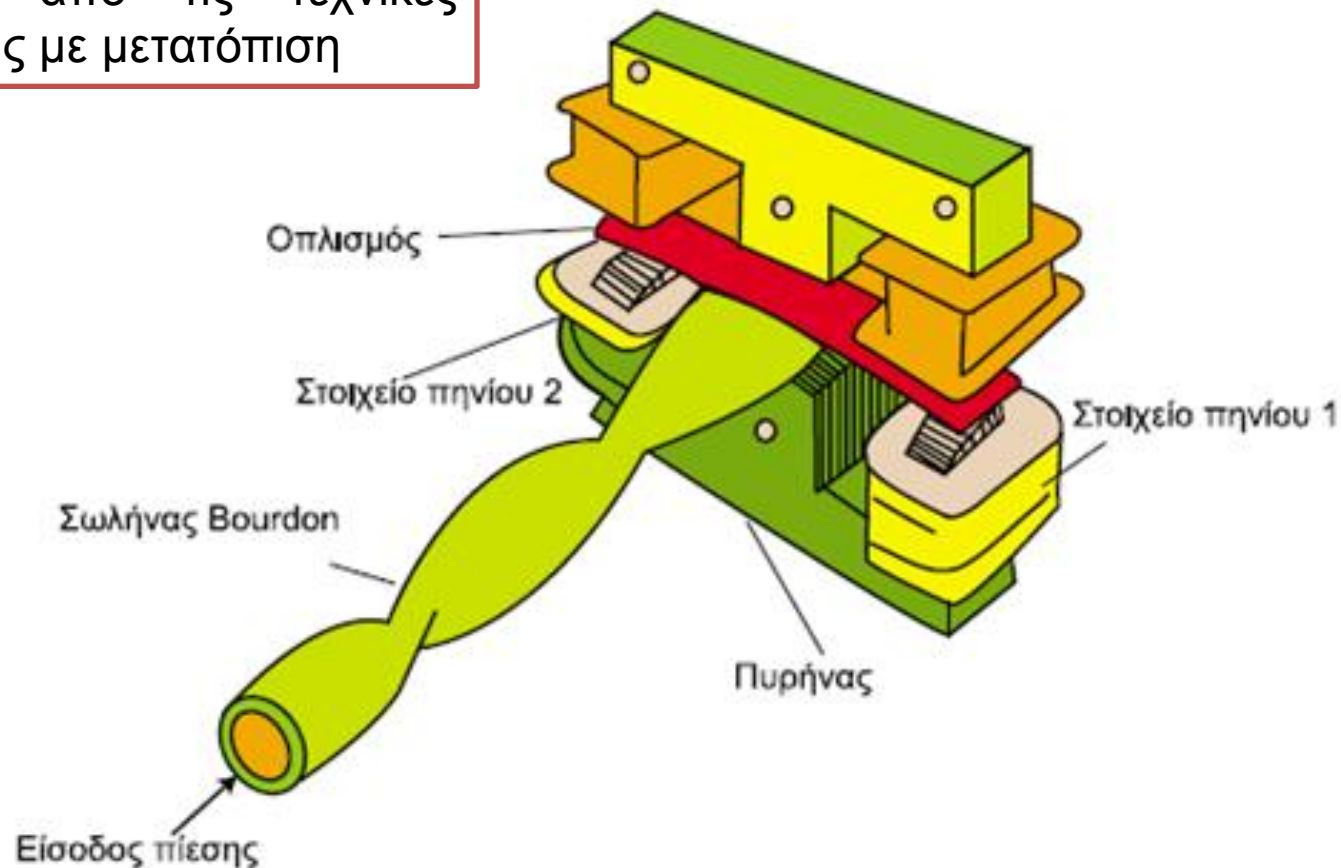
Μέτρηση πίεσης με οπτικούς αισθητήρες

Χρησιμοποιούν διαφράγματα και ανιχνεύουν τη μετατόπισή τους με οπτικούς αισθητήρες.



Μέτρηση πίεσης με αισθητήρες μαγνητικής ροής

Αποτελούνται από ένα μετασχηματιστή όπου τμήμα του πυρήνα του είναι αποσπώμενο και μπορεί να μετακινείται από την μετατόπιση που μπορεί να προκαλέσει κάποια από τις τεχνικές μετατροπής της πίεσης με μετατόπιση

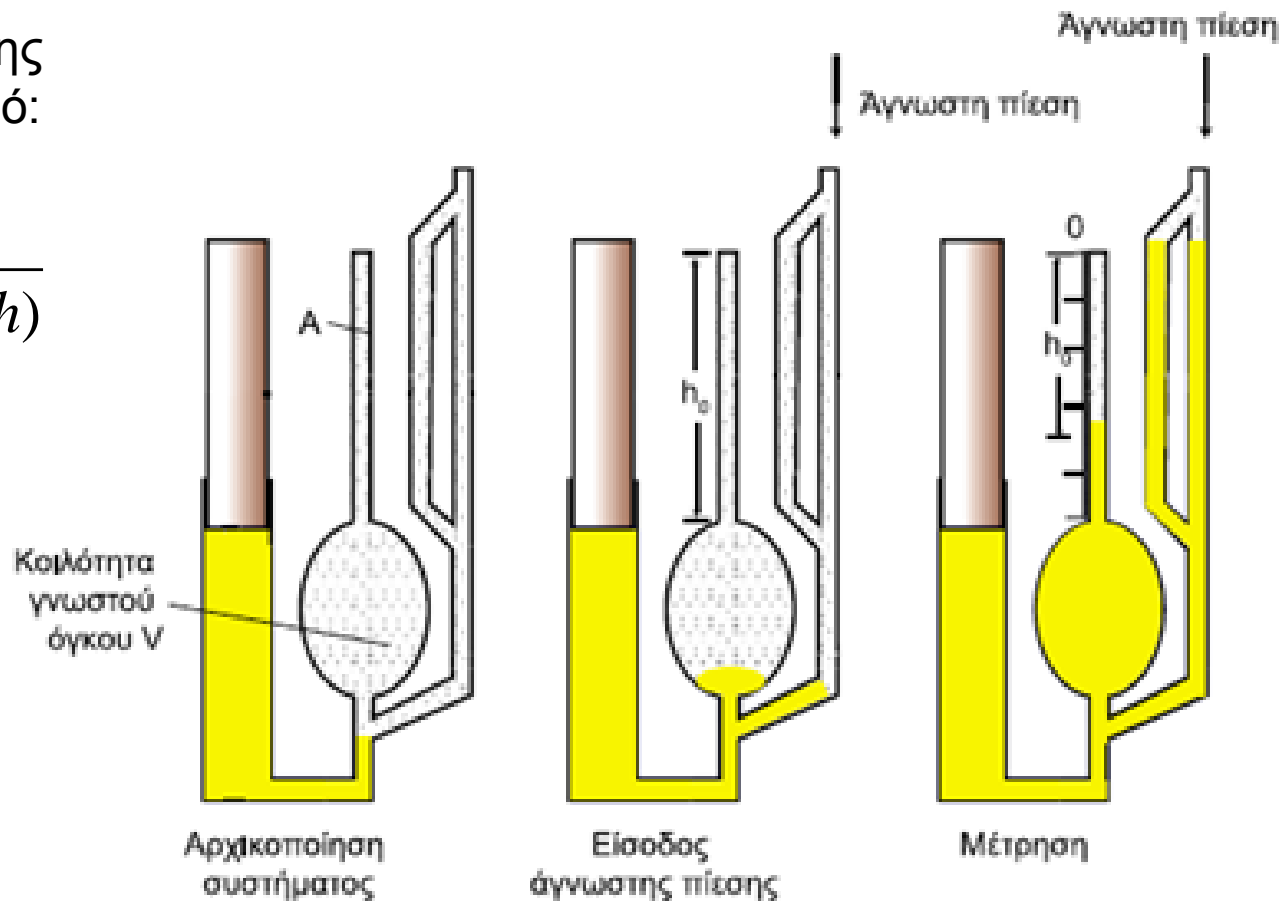


Μανόμετρο McLeod

Χρησιμοποιείται για την μέτρηση του κενού στο οποίο η πίεση είναι κάτω από 10^{-4} mmHg

Η μέτρηση πίεσης υπολογίζεται από:

$$p = \frac{\rho g h^2}{V + A(h_0 - h)}$$



Ερωτήσεις

