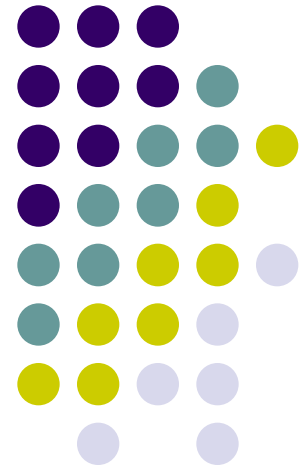


Συστήματα Βιομηχανικών Διεργασιών

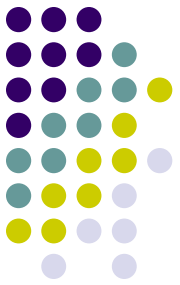
6ο εξάμηνο

Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

2^ο μάθημα

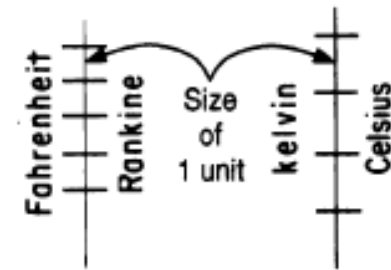
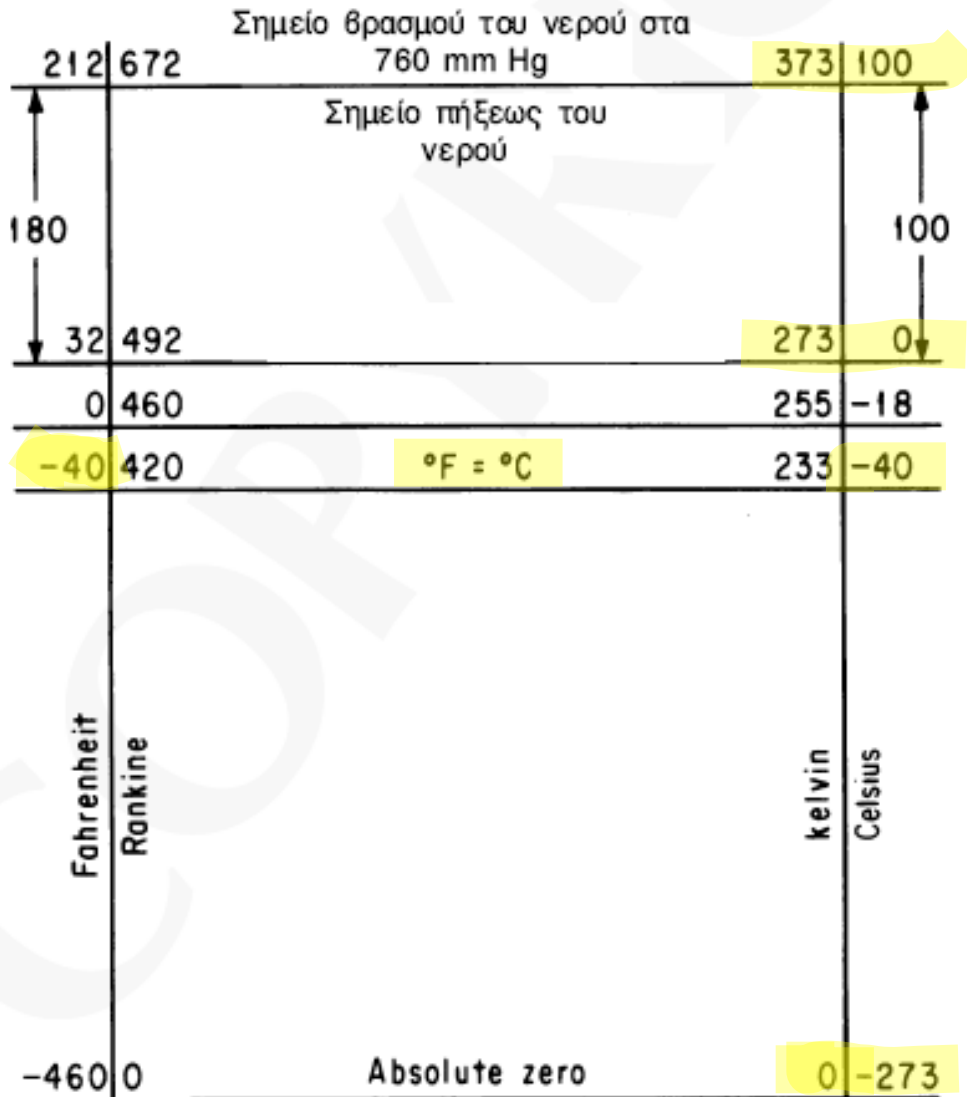
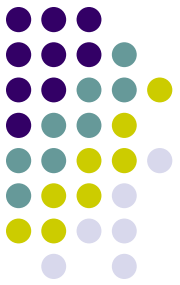


ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

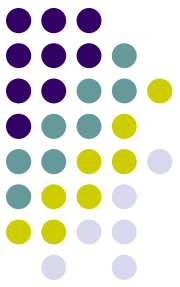


- Θερμοκρασία είναι η μέτρηση της ενέργειας των μορίων ενός συστήματος.
- Θερμοκρασία είναι η ιδιότητα της κατάστασης θερμικής ισορροπίας ενός συστήματος σε σχέση με άλλα συστήματα (ικανότητα ενός συστήματος να μεταφέρει ενέργεια με τη μορφή θερμότητας)

Κλίμακες Θερμοκρασιών



Θερμοκρασία και Διαφορά Θερμοκρασίας



Αν $\Delta^{\circ}\text{F}$ είναι η μονάδα διαφοράς θερμοκρασιών στην κλίμακα Fahrenheit, $\Delta^{\circ}\text{R}$ είναι η διαφορά θερμοκρασίας στην κλίμακα Rankine και $\Delta^{\circ}\text{C}$ και ΔK είναι οι αντίστοιχες μονάδες στις δύο άλλες κλίμακες, τότε προφανώς θα ισχύει:

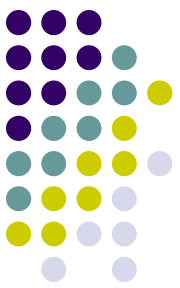
$$\Delta^{\circ}\text{F} = \Delta^{\circ}\text{R}$$

$$\Delta^{\circ}\text{C} = \Delta\text{K}$$

Επίσης, αν σκεφτείτε ότι η διαφορά $\Delta^{\circ}\text{C}$ είναι μεγαλύτερη από την $\Delta^{\circ}\text{F}$

$$\frac{\Delta^{\circ}\text{C}}{\Delta^{\circ}\text{F}} = 1.8 \quad \text{ή} \quad \Delta^{\circ}\text{C} = 1.8 \Delta^{\circ}\text{F}$$

$$\frac{\Delta\text{K}}{\Delta^{\circ}\text{R}} = 1.8 \quad \text{ή} \quad \Delta\text{K} = 1.8 \Delta^{\circ}\text{R}$$



Μετατροπή θερμοκρασιών

Έστω ότι έχουμε την σχέση

$$T_{\circ\text{F}} = a + bT_{\circ\text{C}}$$

Ποιες είναι οι μονάδες των a και b ; Με βάση τα όσα μάθαμε στο Κεφάλαιο 1 οι μονάδες του a θα πρέπει να είναι $^{\circ}\text{F}$ για λόγους ομοιομορφίας. Είναι οι μονάδες του b ίσες με τις μονάδες του πηλίκου $T_{\circ\text{F}}/T_{\circ\text{C}}$; Όχι, γιατί τα σημεία αναφοράς των $^{\circ}\text{C}$ και $^{\circ}\text{F}$ διαφέρουν. Το πηλίκο $T_{\circ\text{F}}/T_{\circ\text{C}}$ δεν είναι αξιόπιστος παράγοντας μετατροπής. Οι σωστές μονάδες του b πρέπει να περιέχουν τον παράγοντα μετατροπής ($1.8 \Delta^{\circ}\text{F}/\Delta^{\circ}\text{C}$), τον παράγοντα που μετατρέπει το μέγεθος διαστήματος από τη μία κλίμακα θερμοκρασιών σε μία άλλη:

$$T_{\circ\text{F}} = a_{\circ\text{F}} + \left(\frac{1.8 \Delta^{\circ}\text{F}}{\underbrace{\Delta^{\circ}\text{C}}_b} \right) T_{\circ\text{C}}$$

Δυστυχώς, οι μονάδες του b συνήθως αγνοούνται.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 4.1 Μετατροπή θερμοκρασίας

Μετατρέψτε $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ σε (α) K, (β) $^{\circ}\text{F}$ και (γ) $^{\circ}\text{R}$.

Λύση:

$$(α) (100 + 273)^{\circ}\text{C} \frac{1 \Delta\text{K}}{1 \Delta^{\circ}\text{C}} = 373 \text{ K}$$

ή με παράλειψη του συμβόλου Δ ,

$$(100 + 273)^{\circ}\text{C} \frac{1 \text{ K}}{1^{\circ}\text{C}} = 373 \text{ K}$$

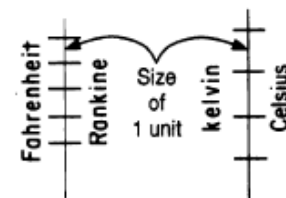
$$(β) (100^{\circ}\text{C}) \frac{1.8 \Delta^{\circ}\text{F}}{1 \Delta^{\circ}\text{C}} + 32^{\circ}\text{F} = 212^{\circ}\text{F}$$

$$(γ) (212 + 460)^{\circ}\text{F} \frac{1 \Delta^{\circ}\text{R}}{1 \Delta^{\circ}\text{F}} = 672^{\circ}\text{R}$$

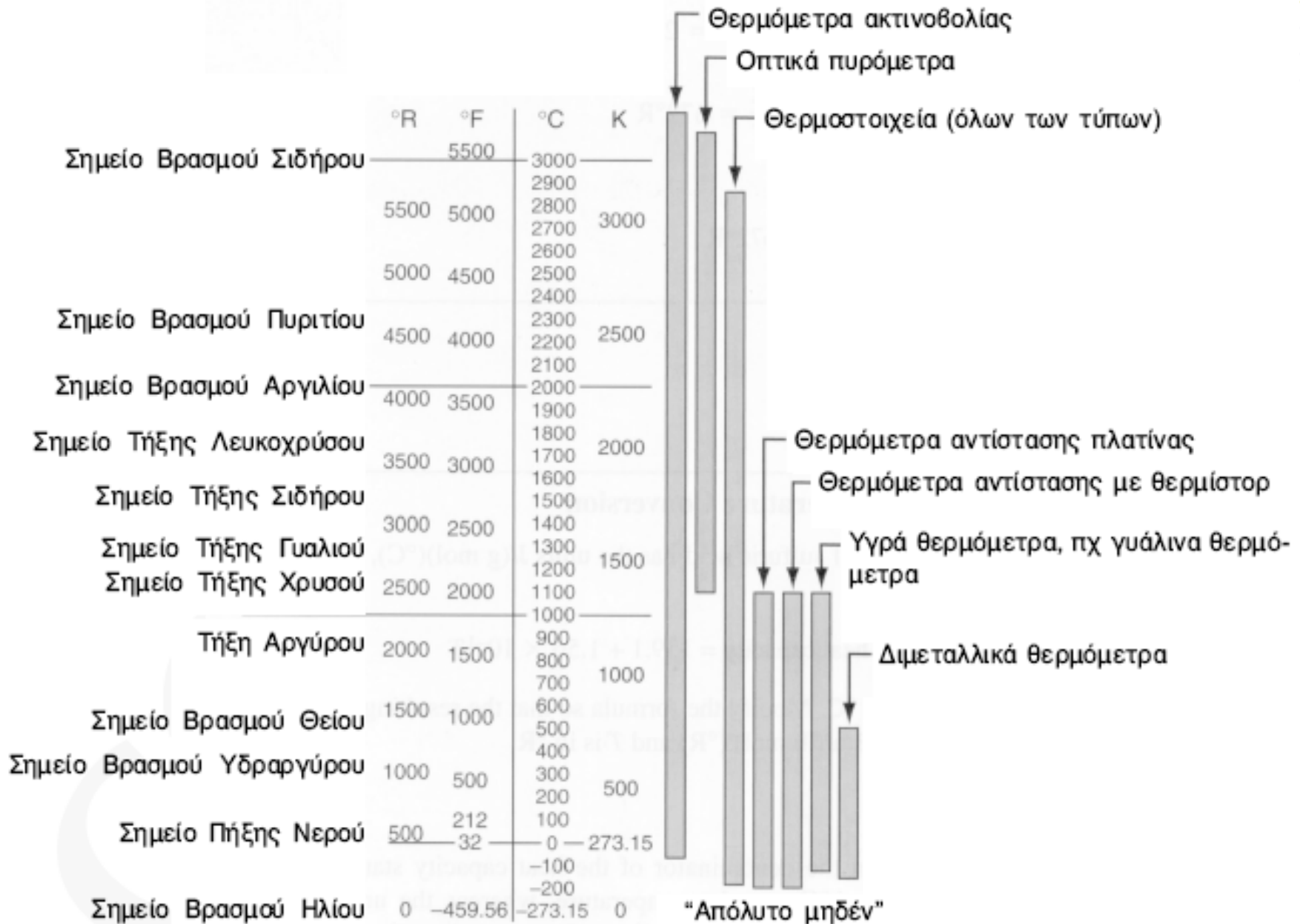
ή

$$(373 \text{ K}) \frac{1.8 \Delta^{\circ}\text{R}}{1 \Delta\text{K}} = 672^{\circ}\text{R}$$

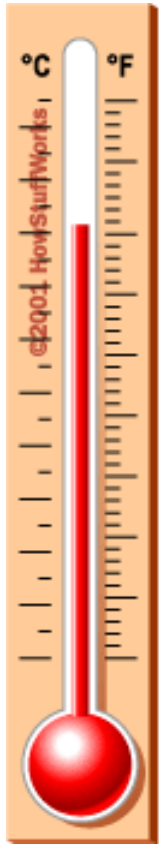
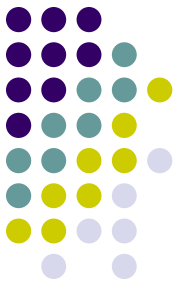
	212	672	Σημείο βρασμού του νερού στα 760 mm Hg	373	100
	↑		Σημείο πήξεως του νερού		↑
	180				100
	↓				↓
	32	492		273	0
	0	460		255	-18
			$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C}$		
	-40	420		233	-40
	-460	0	Absolute zero	0	-273
	Fahrenheit	Rankine		kelvin	Celsius



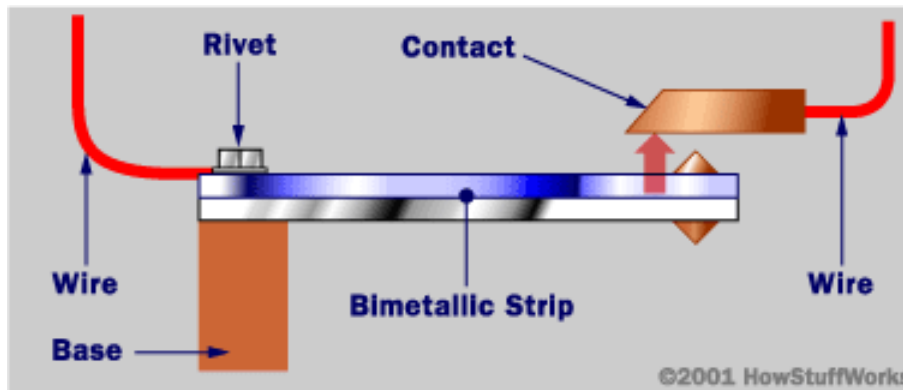
Μέτρηση Θερμοκρασίας



Είδη θερμομέτρων



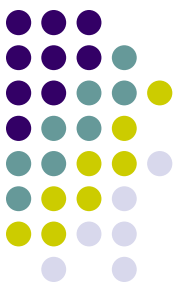
Thermistors



Bimetallic
thermometers
(φούρνοι, ψυγεία, κτλ.)

Bulb thermometer

Προβλήματα



Σε μία αναφορά του *Chemical and Engineering News* σχετική με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες που παρατηρούνται στην Ανταρκτική, λέγεται ότι “ο υδράργυρος έπεσε στους -76°C . Πως είναι αυτό δυνατό; Ο υδράργυρος πήζει στους -39°C .

Έστω ότι ένα θερμόμετρο αλκοόλης και ένα θερμόμετρο υδραργύρου δίνουν ένδειξη 0°C για το σημείο πήξης και 100°C για το σημείο βρασμού. Η απόσταση μεταξύ των δύο σημείων διαιρείται σε 100 ίσα μέρη και στα δύο θερμόμετρα. Πιστεύετε ότι τα θερμόμετρα αυτά θα δώσουν την ίδια ένδειξη σε θερμοκρασία, πχ 60°C ; Εξηγήστε.

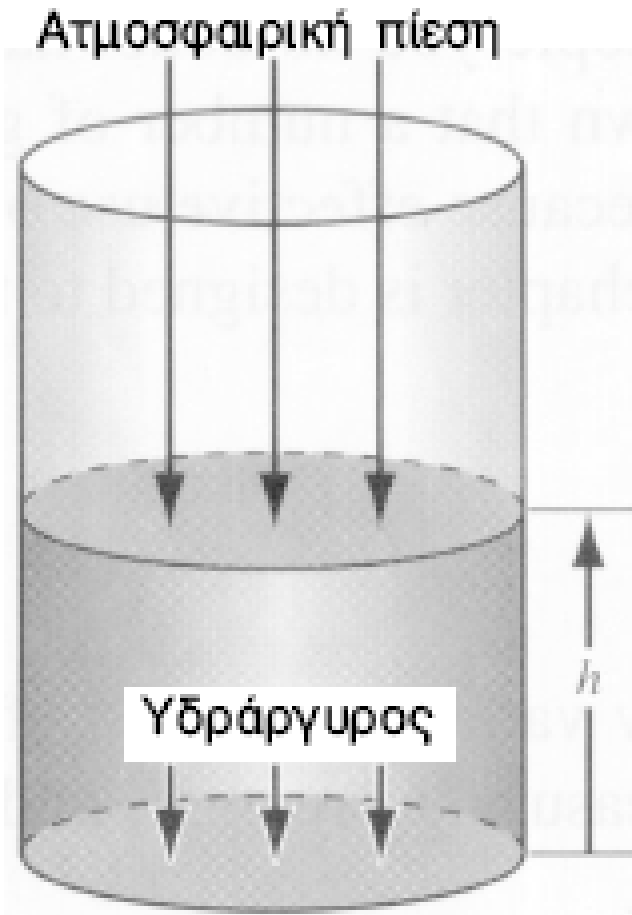
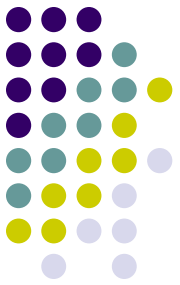
<http://www.santesson.com/engtemp.html>

<http://www.sciencemadesimple.net/temperature.html>

<http://www.inidata.ucar.edu/staff/blynds/tmp.html>

<http://www.temperatures.com>

ΠΙΕΣΗ



$$P = F/A = \rho gh + p_0$$

Όπου p = πίεση στο κάτω μέρος της στήλης του υγρού

F = δύναμη

A = επιφάνεια

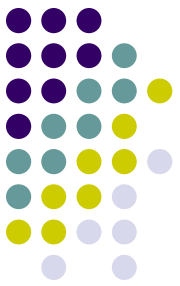
ρ = πυκνότητα του υγρού

g = επιτάχυνση της βαρύτητας

h = ύψος της στήλης του υγρού

p_0 = πίεση στο επάνω μέρος της στήλης του υγρού

Μονάδες Πίεσης



Οι πιο συνηθισμένες παραλλαγές μονάδων μέτρησης πίεσης στο σύστημα είναι:

α. Bars (bar): $100 \text{ kPa} = 1 \text{ bar}$

β. Kilograms (δύναμη) ανά τετραγωνικό εκατοστό (kg_f/cm^2)*, μία πολύ συνηθισμένη μονάδα του SI, όχι όμως πρότυπη (συχνά αναφέρεται και ως “kilos”)

γ. Torr (Torr): $760 \text{ Torr} = 1 \text{ atm}$

Στο Αμερικανικό Πρακτικό Σύστημα μονάδων η πίεση μπορεί να εκφραστεί με πολλούς τρόπους όπως:

α. Χιλιοστά υδραργύρου (mm Hg)

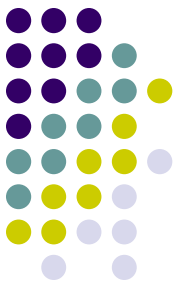
β. Ίντσες υδραργύρου (in. Hg)

γ. Πόδια νερού (ft H_2O)

δ. Ατμόσφαιρες (atm)

ε. Λίβρες (δύναμη) ανά τετραγωνική ίντσα (συχνά ονομάζεται απλά “λίβρα”) (psi)

Πρόβλημα

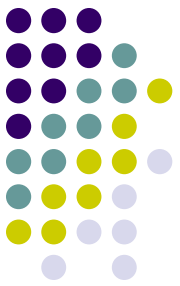


Αν η πυκνότητα του Hg είναι 13.55 g/cm^3 και το ύψος της στήλης Hg στο δοχείο είναι 50 cm , υπολογίστε τη δύναμη που ασκείται σε 1 cm^2 της επιφάνειας του κυλίνδρου.

$$F = \frac{13.55 \text{ g}}{\text{cm}^3} \left| \frac{980 \text{ cm}}{\text{s}^2} \right| \frac{50 \text{ cm}}{1 \text{ cm}^2} \left| \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \right| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \left| \frac{1(\text{N})(\text{s}^2)}{1(\text{kg})(\text{m})} \right|$$
$$= 6.64 \text{ N}$$

$$p = \frac{6.64 \text{ N}}{1 \text{ cm}^2} \left| \left(\frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \right)^2 \right| \frac{(1 \text{ m}^2)(1 \text{ Pa})}{(1 \text{ N})} \left| \frac{1 \text{ kPa}}{1000 \text{ Pa}} \right| + p_0 = 66.4 \text{ kPa} + p_0$$

Προβλήματα

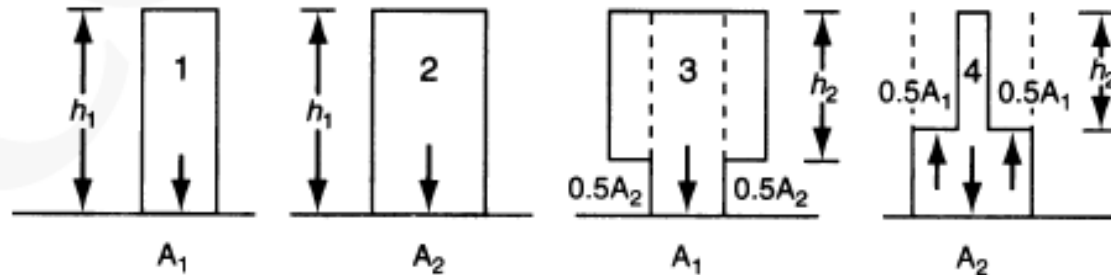


Το σχήμα SAT5.1Q1 αναπαριστά δύο δοχεία με καφέ πάνω σε ένα τραπέζι. Και τα δύο είναι κυλινδρικά και έχουν την ίδια επιφάνεια διατομής. Σε ποιο από τα δοχεία μπορεί να χωρέσει μεγαλύτερη ποσότητα καφέ;



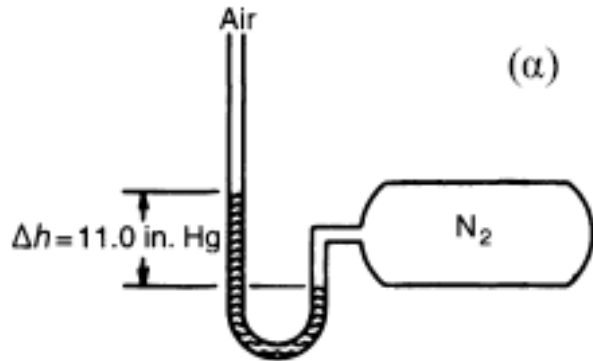
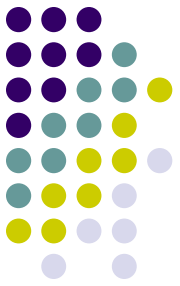
Σχήμα SAT5.1Q1

Το σχήμα SAT5.1Q2 απεικονίζει δύο δοχεία εντελώς γεμάτα με νερό. Βάλτε τα δοχεία σε σειρά με βάση την πίεση που εξασκούν στις αντίστοιχες βάσεις τους ξεκινώντας από την μικρότερη πίεση.



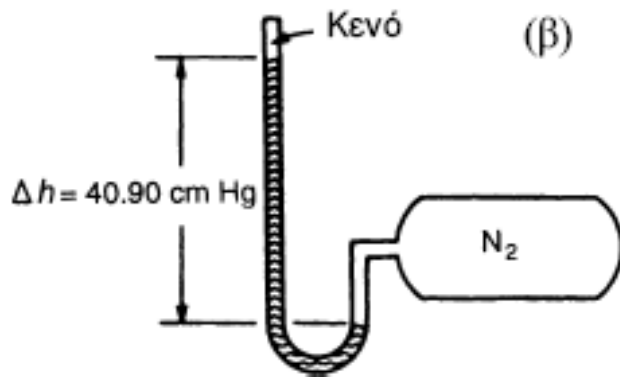
Σχήμα SAT5.1Q2

Μέτρηση της πίεσης



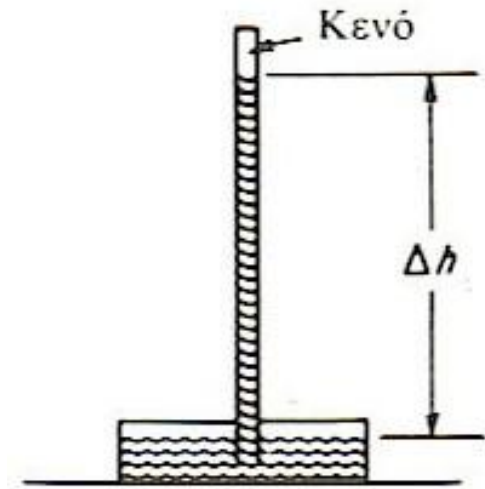
(α)

(α). Μανόμετρο ανοικτού σωλήνα που δείχνει μια πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική.



(β)

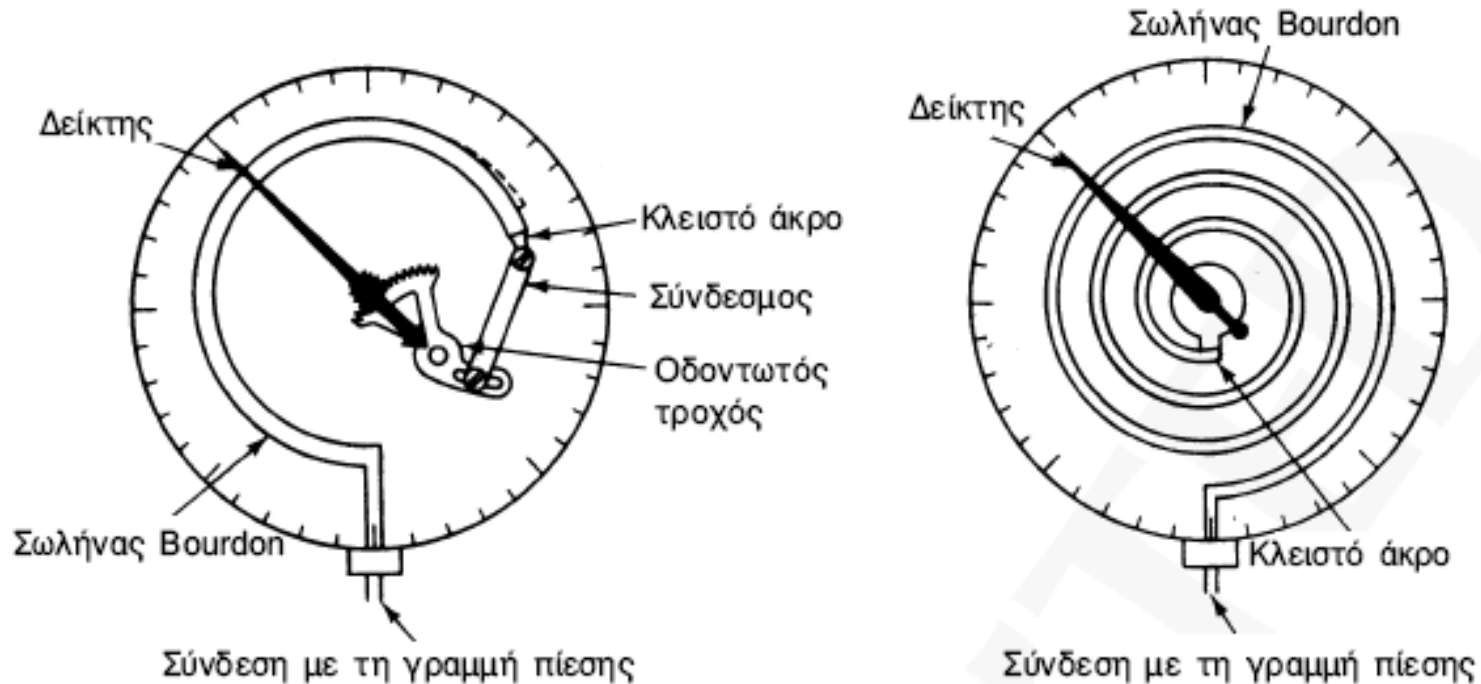
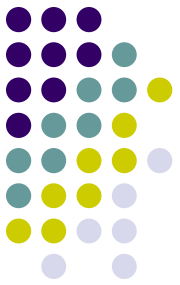
(β). Μανόμετρο μέτρησης απόλυτης πίεσης.



Σχήμα

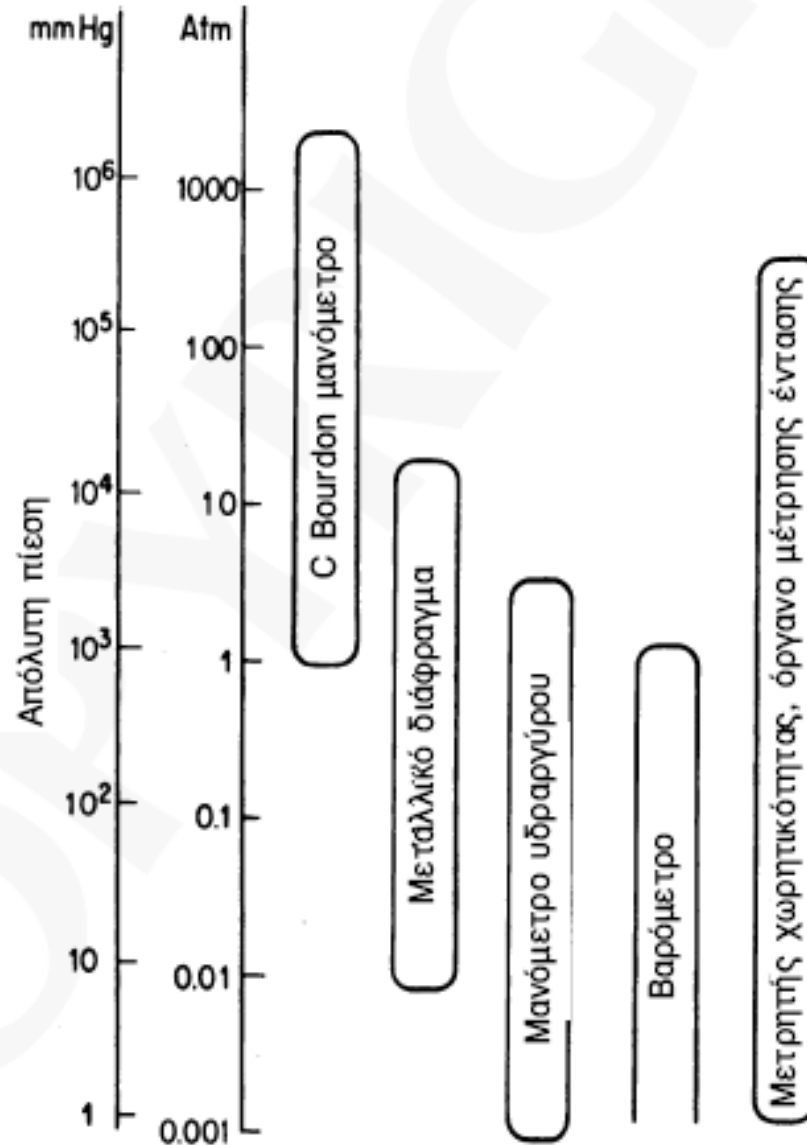
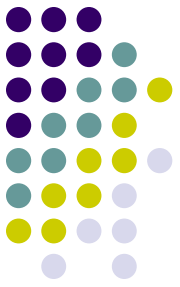
Βαρόμετρο.

Μανόμετρο Bourdon

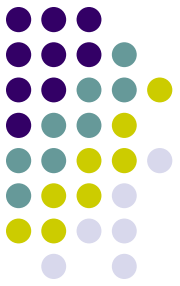


Το μανόμετρο **Bourdon** συνήθως μετρά σχετική (μανομετρική) πίεση αλλά όχι πάντα. Η διάταξη που είναι ευαίσθητη στις μεταβολές της πίεσης είναι ένας λεπτός μεταλλικός σωλήνας με ελλειπτική διατομή, κλειστός στο ένα άκρο, το οποίο έχει καμφθεί σε σχήμα τόξου. Καθώς η πίεση αυξάνει στο ανοιχτό άκρο του σωλήνα, αυτός τείνει να ισιώσει και η κίνηση αυτή του σωλήνα μετατρέπεται σε κίνηση ενός δείκτη πάνω σε βαθμονομημένο δίσκο, με τη βοήθεια μοχλών και τροχών.

Περιοχές εφαρμογών των οργάνων μέτρησης της πίεσης



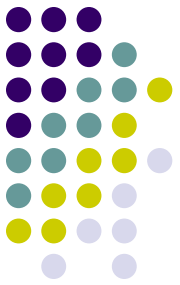
Σχέση



$$\begin{aligned} & \text{Μανομετρική πίεση (σχετική πίεση)} \\ & + \\ & \text{Βαρομετρική πίεση (ατμοσφαιρική πίεση)} \\ & = \\ & \text{Απόλυτη πίεση} \end{aligned}$$

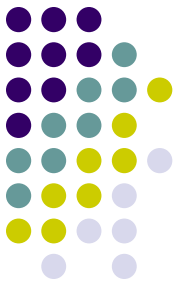
*Σημ. : Βαρομετρική πίεση \neq κανονικής
ατμόσφαιρας*

Μονάδες Πίεσης



	<u>Pascal</u> (Pa)	<u>Bar</u> (bar)	<u>Atmosphere</u> (atm)	<u>Torr</u> (mmHg)	<u>Pound-force</u> <u>per</u> <u>square inch</u> (psi)
1 Pa	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	10^{-5}	9.8692×10^{-6}	7.5006×10^{-3}	145.04×10^{-6}
1 bar	100 000	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	0.98692	750.06	14.504
1 atm	101 325	1.01325	$\equiv 1 \text{ atm}$	760	14.696
1 torr	133.322	1.3332×10^{-3}	1.3158×10^{-3}	$\equiv 1 \text{ mmHg}$	19.337×10^{-3}
1 psi	6 894.76	68.948×10^{-3}	68.046×10^{-3}	51.715	$\equiv 1 \text{ lbf/in}^2$

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



Σύγκριση πιέσεων όταν η ένδειξη του βαρομέτρου είναι 29.1 in. Hg

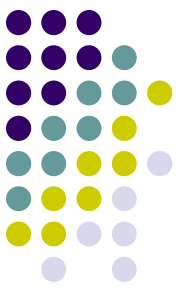
	Pounds/in ²		mm Hg		In Hg		N/m ²	
Πίεση μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική	5.0	19.3	259	998	39.3	10.2	0.34×10^5	1.33×10^5
Κανονική ατμόσφαιρα	0.4	14.7	20.7	760	29.92	0.82	0.028×10^5	1.013×10^5
Βαρομετρική πίεση	0.0	14.3	0.0	740	29.1	0	0.00	0.985×10^5
Πίεση μικρότερη της ατμοσφαιρικής	2.45	11.85	2.45		24.1	-5.0	-0.17×10^5	0.82×10^5
Τέλειο κενό	-14.3	0.0	14.3	0	0	-29.1	-0.985×10^5	0.00

Μανομετρική πίεση
Απόλυτη πίεση

Μανομετρική πίεση
Απόλυτη πίεση

Μανομετρική πίεση
Απόλυτη πίεση

Μανομετρική πίεση
Απόλυτη πίεση



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.1 Μετατροπή Πίεσης

Η σύνθεση και η μεταβολή της δομής των κεραμικών υλικών καθορίζουν την αντοχή των υλικών στην νανοτεχνολογία. Τα νανο-υλικά είναι περισσότερο εύκαμπτα από τα συνηθισμένα σύνθετα υλικά, επειδή κάθε νανο-κρυσταλλίτης (σωματίδιο) μπορεί να κινείται το ένα δίπλα στο άλλο, έτσι ώστε να παρατηρείται ευλυγισία. Ωστόσο, τα νανοςωματίδια μπορούν να αυξήσουν την σκληρότητα. Οι κρυσταλλίτες συσσωρεύονται κατά μήκος των ορίων των μακροκρυσταλλιτών, παρεμποδίζοντας την ευκινησία της δομής. Για παράδειγμα, οι νανοκρύσταλλοι του νιτρώδους τιτανίου σε λεπτά στρώματα νιτριδίου του πυριτίου εμφανίζουν σκληρότητα ίση με 60 gigapascals. Η σκληρότητα καθορίζεται από την πίεση που απαιτείται για την χάραξη της επιφάνειας ενός υλικού (τα διαμάντια εμφανίζουν σκληρότητα μεγαλύτερη από 100 Gpa).

Πόση είναι η πίεση των 60 GPa σε:

- (α) ατμόσφαιρες
- (β) psia
- (γ) in Hg
- (δ) mm Hg



Λύση

Βάση : 60 GPa

$$(\alpha) \frac{60 \text{ GPa}}{1 \text{ GPa}} \left| \frac{10^6 \text{ kPa}}{1 \text{ GPa}} \right| \frac{1 \text{ atm}}{101.3 \text{ kPa}} = 0.59 \times 10^6 \text{ atm}$$

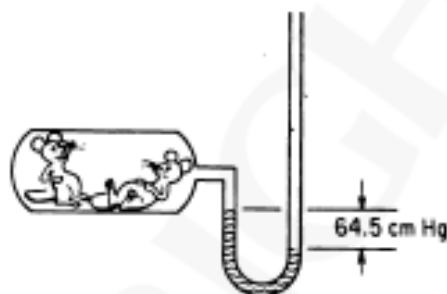
$$(\beta) \frac{60 \text{ GPa}}{1 \text{ GPa}} \left| \frac{10^6 \text{ kPa}}{1 \text{ GPa}} \right| \frac{14.696 \text{ psia}}{101.3 \text{ kPa}} = 8.70 \times 10^6 \text{ psia}$$

$$(\gamma) \frac{60 \text{ GPa}}{1 \text{ GPa}} \left| \frac{10^6 \text{ kPa}}{1 \text{ GPa}} \right| \frac{29.92 \text{ in. Hg}}{101.3 \text{ kPa}} = 1.77 \times 10^7 \text{ in. Hg}$$

$$(\delta) \frac{60 \text{ GPa}}{1 \text{ GPa}} \left| \frac{10^6 \text{ kPa}}{1 \text{ GPa}} \right| \frac{760 \text{ mm Hg}}{101.3 \text{ kPa}} = 4.50 \times 10^8 \text{ mm Hg}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.3 Μέτρηση Πίεσης Κενού

Διάφορα μικρά ζώα, όπως οι ποντικοί, μπορούν να ζήσουν (αν και όχι άνετα) σε συνθήκες ελαττωμένης πίεσης αέρα, μέχρι 20 kPa (απόλυτη πίεση). Σε ένα πείραμα, ένα μανόμετρο υδραργύρου που συνδέεται με ένα δοχείο, όπως φαίνεται στο Σχήμα E5.3, δείχνει πίεση 64.5 cm Hg και το βαρόμετρο δείχνει 100 kPa. Θα επιζήσουν τα ποντίκια;



Σχήμα E5.3

Λύση:

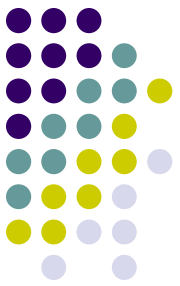
Αρχικά διαβάστε το πρόβλημα. Από το σχήμα μπορείτε να καταλάβετε ότι το δοχείο βρίσκεται κάτω από την ατμοσφαιρική πίεση αφού το αριστερό μέρος του μανομέτρου βρίσκεται ψηλότερα από το δεξιό το οποίο είναι ανοικτό στην ατμόσφαιρα. Συνεπώς για να υπολογίσετε την απόλυτη πίεση πρέπει να αφαιρέσετε τα 64.5 cm Hg από την ένδειξη του βαρομέτρου.

Αγνοούμε τις διορθώσεις της πυκνότητας του υδραργύρου καθώς και την πυκνότητα του αερίου πάνω από το μανομετρικό υγρό αφού αυτή είναι πολύ χαμηλότερη από την πυκνότητα του υδραργύρου. Επειδή η ένδειξη του κενού στο δοχείο είναι 64.5 cm Hg κάτω από την ατμοσφαιρική, η απόλυτη πίεση στο δοχείο είναι

$$100 \text{ kPa} - \frac{64.5 \text{ cm Hg}}{76.0 \text{ cm Hg}} \left| \frac{101.3 \text{ kPa}}{76.0 \text{ cm Hg}} \right. = 100 - 86 = 14 \text{ kPa απόλυτη}$$



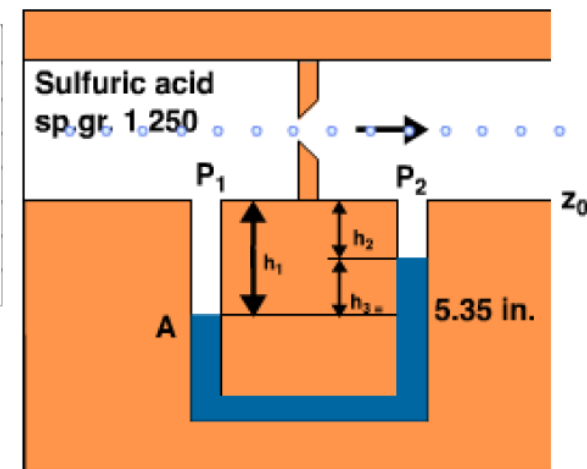
Ερώτηση κρίσεως



Σε ένα μαγικό τρικ, γεμίζουμε ένα ποτήρι με νερό, τοποθετούμε ένα κομμάτι χαρτί πάνω από το ανοιχτό άκρο του ποτηριού, και το κρατάμε στη θέση αυτή καθώς αναποδογυρίζουμε το ποτήρι κατά 180° . Όταν σταματήσουμε να συγκρατούμε το χαρτί, δεν τρέχει καθόλου νερό. Σε πολλά βιβλία διαβάζουμε ότι το ποτήρι θα πρέπει να είναι τελείως γεμάτο με νερό χωρίς καθόλου φυσαλίδες αέρα. Τότε η πίεση του εξωτερικού αέρα είναι αντίθετη με το βάρος του νερού στο ανεστραμμένο ποτήρι. Ωστόσο το πείραμα λειτουργεί και εξίσου καλά και όταν το ποτήρι είναι μισογεμάτο. Δεν λειτουργεί όμως αν αντικαταστήσουμε το κομμάτι χαρτί με ένα γυάλινο πιάτο. Μπορείτε να εξηγήσετε γιατί;

Problem 1.6 B

A U-tube manometer is used to determine the pressure drop across an orifice meter. The liquid flowing in the pipe line is a sulfuric acid solution having a specific gravity (60°/60°) of 1.250. The manometer liquid is mercury, with a specific gravity (60°/60°) of 13.56. The manometer reading is 5.35 inches, and all parts of the system are at a temperature of 60°F. What is the pressure drop across the orifice meter in psi.



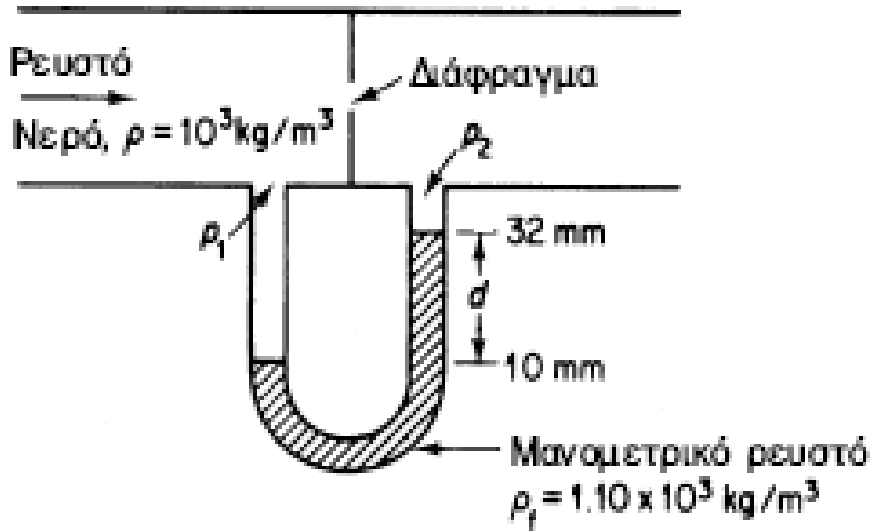
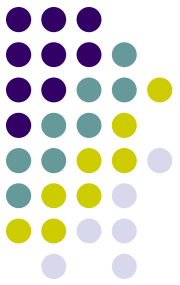
$$\rho_{\text{acid}} = \frac{1.250}{1} \left| \frac{62.4 \text{ lb/ft}^3}{1.728 \times 10^3 \text{ in}^3} \right| = 0.0451 \text{ lb/in}^3$$

$$\rho_{\text{Hg}} = \frac{13.56}{1} \left| \frac{62.4 \text{ lb/ft}^3}{1.728 \times 10^3 \text{ in}^3} \right| = 0.490 \text{ lb/in}^3$$

<i>left column</i>	<i>right column</i>
At z_0 $p_1 + \rho_a h_1 g$	$= p_2 + \rho_a h_2 g + \rho_{\text{Hg}} h_3 g$
$p_1 - p_2 + \rho_a (h_1 - h_2) g$	$= \rho_{\text{Hg}} h_3 g$
$p_1 - p_2 + \rho_a h_3 g$	$= \rho_{\text{Hg}} h_3 g$
$p_1 - p_2$	$= (\rho_{\text{Hg}} - \rho_a) h_3 g$

$$p_1 - p_2 = \frac{(0.490 - 0.0451) \text{ lb}_f}{\text{in}^2} \left| \frac{(5.35) \text{ in}}{32.174 \text{ (ft)(lb}_m\text{)/(s}^2\text{)(lb}_f\text{)}} \right| = 2.38 \text{ lb}_f/\text{in}^2 \text{ (psi)}$$

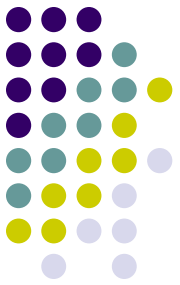
Υπολογισμός διαφοράς πίεσης



Υπολογίστε την πτώση πίεσης μέσα στον αγωγό εξαιτίας της ύπαρξης του διαφράγματος

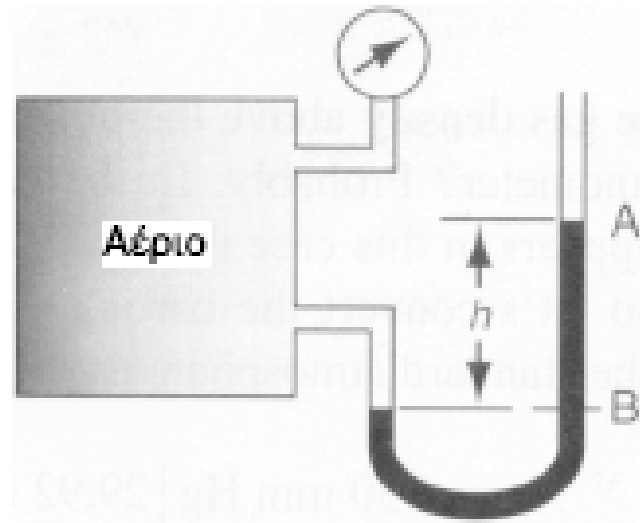
$$p_1 - p_2 = (\rho_f - \rho)gd$$
$$= \frac{(1.10 - 1.00)10^3 \text{ kg}}{\text{m}^3} \left| \frac{9.807 \text{ m}}{\text{s}^2} \right| \frac{(22)(10^{-3})\text{m}}{\text{m}^3} \left| \frac{1(\text{N})(\text{s}^2)}{(\text{kg})(\text{m})} \right| \frac{1(\text{Pa})(\text{m}^2)}{1(\text{N})}$$
$$= 21.6 \text{ Pa}$$

Πρόβλημα



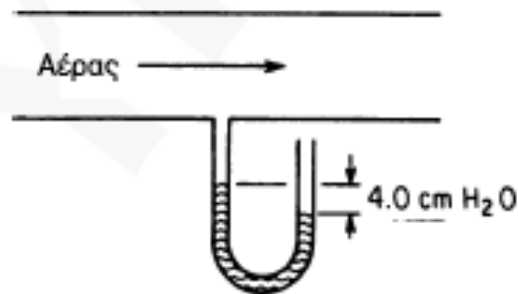
Αν η ένδειξη στο μανόμετρο πίεσης είναι 85 kPa πόσο είναι το h σε cm Hg ?

Απάντηση: περίπου cm



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 5.5 Μετατροπή Πίεσης

Η ροή αέρα σε έναν αγωγό πραγματοποιείται σε συνθήκες υποπίεσης 4.0 cm H₂O. Το βαρόμετρο μας δείχνει ότι η ατμοσφαιρική πίεση είναι 730 mm Hg. Ποια είναι η απόλυτη πίεση του αέρα σε ίντσες υδραργύρου; Βλέπε σχήμα E5.5.



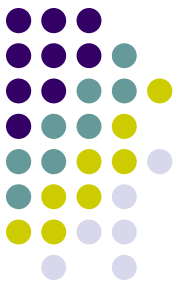
$$\text{Ατμοσφαιρική πίεση} = \frac{730 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} \left| \frac{29.92 \text{ in. Hg}}{1} \right| = 28.7 \text{ in. Hg}$$

Στη συνέχεια μετατρέψτε τα 4.0 cm H₂O σε in. Hg

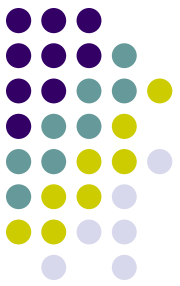
$$\frac{4.0 \text{ cm H}_2\text{O}}{2.54 \text{ cm}} \left| \frac{1 \text{ in.}}{1} \right| \left| \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in.}} \right| \left| \frac{29.92 \text{ in. Hg}}{33.91 \text{ ft H}_2\text{O}} \right| = 0.12 \text{ in. Hg}$$

Επειδή η ένδειξη της υποπίεσης είναι 4.0 cm H₂O, η απόλυτη ένδειξη σε ομοιογενείς μονάδες είναι:

$$28.7 \text{ in. Hg} - 0.12 \text{ in. Hg} = 28.6 \text{ in. Hg} \text{ απόλυτη}$$



Συμπληρώστε ...

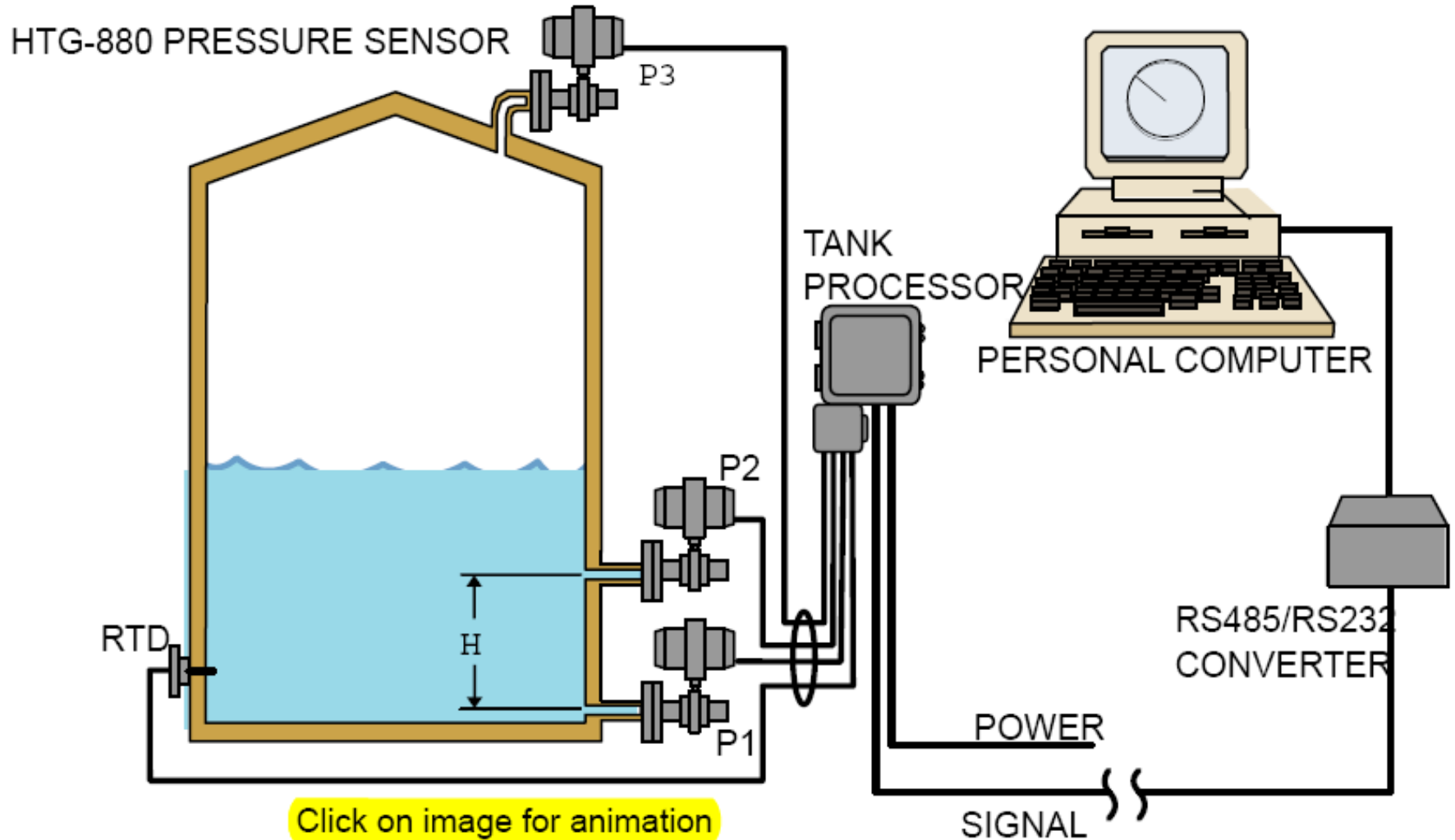
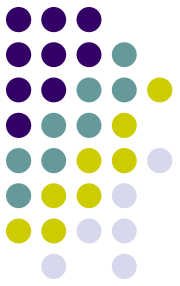


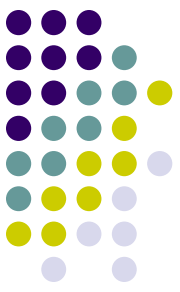
$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	K	$^{\circ}\text{R}$
- 40.0	-----	-----	-----
-----	77.0	-----	-----
-----	-----	698	-----
-----	-----	-----	69.8

$^{\circ}\text{F}$	=	1.8 $^{\circ}\text{C}$	+	32
K	=	$^{\circ}\text{C}$	+	273
$^{\circ}\text{R}$	=	$^{\circ}\text{F}$	+	460
$^{\circ}\text{R}$	=	1.8 K		

$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	K	$^{\circ}\text{R}$
- 40.0	- 40.0	233	420
25.0	77.0	298	437
425	797	698	1257
- 235	-390	38.4	69.8

Μέτρηση πίεσης για υπολογισμό ύψους, δηλ. όγκου





Problem 5.1

A solvent storage tank, 15.0 m high contains liquid styrene (sp. gr. 0.909). A pressure gauge is fixed at the base of the tank to be used to determine the level of styrene.

- Determine the gage pressure when the tank is full of styrene.
- If the tank is to be used for storage of liquid hexane (sp. gr. 0.659), will the same pressure gage calibration be adequate? What is the risk in using the same calibration to determine the level of hexane in the tank.
- What will be the new pressure with hexane to indicate that the tank is full.

$$p = h \rho g$$

$$\begin{aligned} &= 15.0 \text{ m} \frac{0.909 \text{ g styrene/cm}^3}{1.0 \text{ g H}_2\text{O/cm}^3} \left| \frac{1.0 \text{ g H}_2\text{O/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3} \right| \left| \frac{10^3 \text{ kg/m}^3}{1 \text{ g/cm}^3} \right| \left| \frac{9.80 \text{ m/s}^2}{1 \text{ (kg)(m)}^{-1}\text{(s)}^{-2}} \right| \frac{1 \text{ Pa}}{1 \text{ (kg)(m)}^{-1}\text{(s)}^{-2}} \\ &= 134 \times 10^3 \text{ Pa} = \mathbf{134 \text{ kPa gage}} \end{aligned}$$

Hexane is a liquid of specific gravity lower than that of styrene; therefore a tank full of hexane would exert a proportionally lower pressure. If the same calibration is used the tank may overflow while the pressure gage was indicating only a partially full tank.

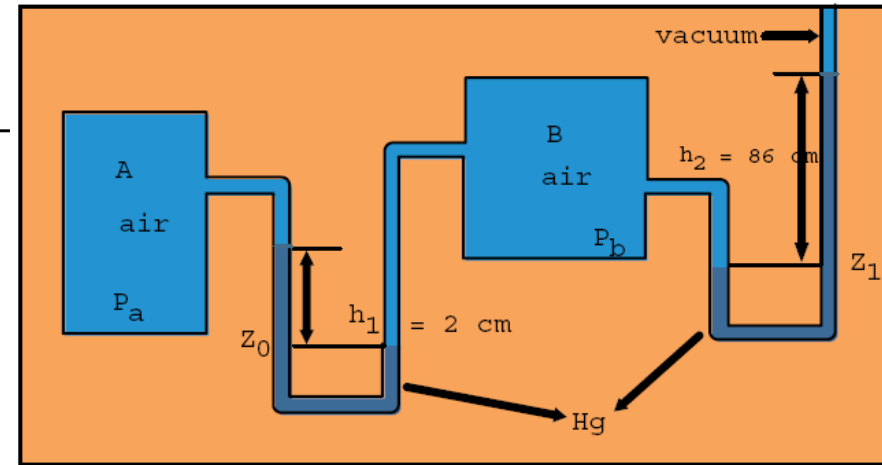
$$\begin{aligned} &= 15.0 \text{ m} \frac{0.659 \text{ g hexane/cm}^3}{1.0.0 \text{ g H}_2\text{O/cm}^3} \left| \frac{1.0 \text{ g H}_2\text{O/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3} \right| \left| \frac{10^3 \text{ kg/m}^3}{1 \text{ g/cm}^3} \right| \left| \frac{9.8 \text{ m/s}^2}{1 \text{ (kg)(m)}^{-1}\text{(s)}^{-2}} \right| \frac{1 \text{ Pa}}{1 \text{ (kg)(m)}^{-1}\text{(s)}^{-2}} \\ &= 96900 \text{ Pa} = \mathbf{96.9 \text{ kPa}} \end{aligned}$$



Problem 5.3

The pressure difference between two air tanks A and B is measured by a U - tube manometer, with mercury as the manometer liquid. The barometric pressure is 700 mm Hg.

- What is the absolute pressure in the tank A ?
- What is the gauge pressure in the tank A ?



a. At Z_0 $p_a + h_1 \rho_{\text{Hg}} g = p_b$ (neglecting the effect of air in the U - tube) (1)

at Z_1 $p_b = h_2 \rho_{\text{Hg}} g$ (2)

Eliminate p_b from the equations

$$p_a + h_1 \rho_{\text{Hg}} g = h_2 \rho_{\text{Hg}} g$$

$$p_a = (h_2 - h_1) \rho_{\text{Hg}} g$$

$$= 840 \text{ mm Hg absolute}$$

The pressure measured by this manometer system is the absolute pressure because the reference (pressure above the mercury) in the vertical tube is a vacuum.

b. $p_a = 840 - 700 = 140 \text{ mm Hg}$