

Ιδιότητες της ύλης

Πολύ πυκνή ύλη: Ισχυρές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δομικών υλικών

Συμπυκνωμένη ύλη: Στερεά και ρευστά με ηλεκτρομαγνητικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δομικών υλικών

Πολύ αραιή ύλη: Ηλεκτρομαγνητικές και βαρυτικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των δομικών υλικών

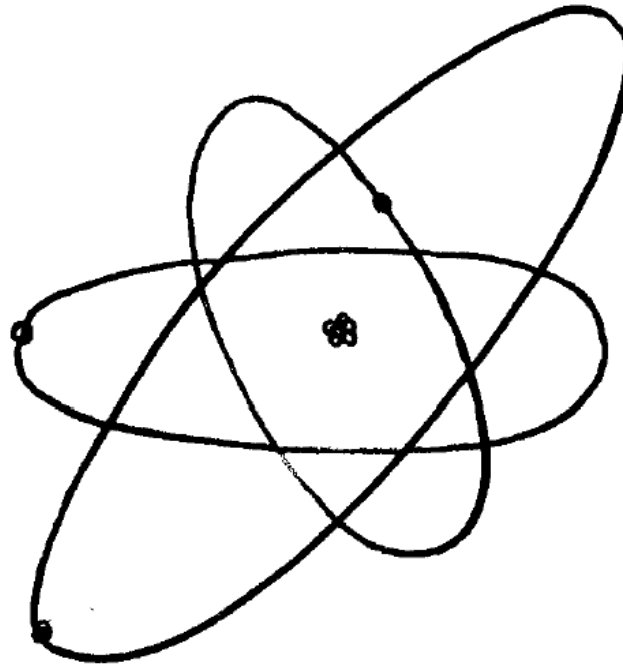
Στερεά-Ρευστά: Ομοιοπολικές (μόνο στα στερεά) –ετεροπολικές και δυνάμεις Van der Waals (στερεά και ρευστά)

Στερεά: Καθορισμένο σχήμα ακόμα και με δράση δύναμης

Υγρό: Διατηρεί τον όγκο του αλλά μπορεί να αλλάξει υπό επίδραση δύναμης

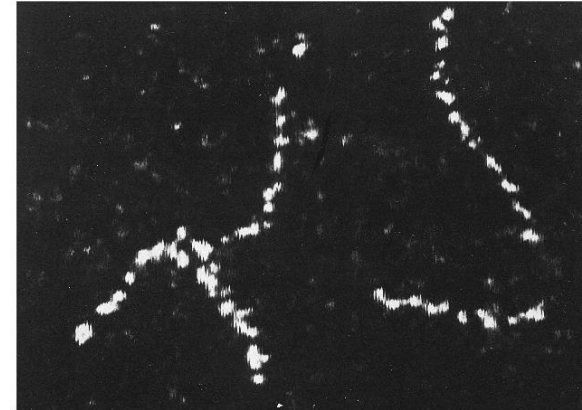
Αέρια: Καταλαμβάνει τον όγκο του χώρου που το περιβάλλει

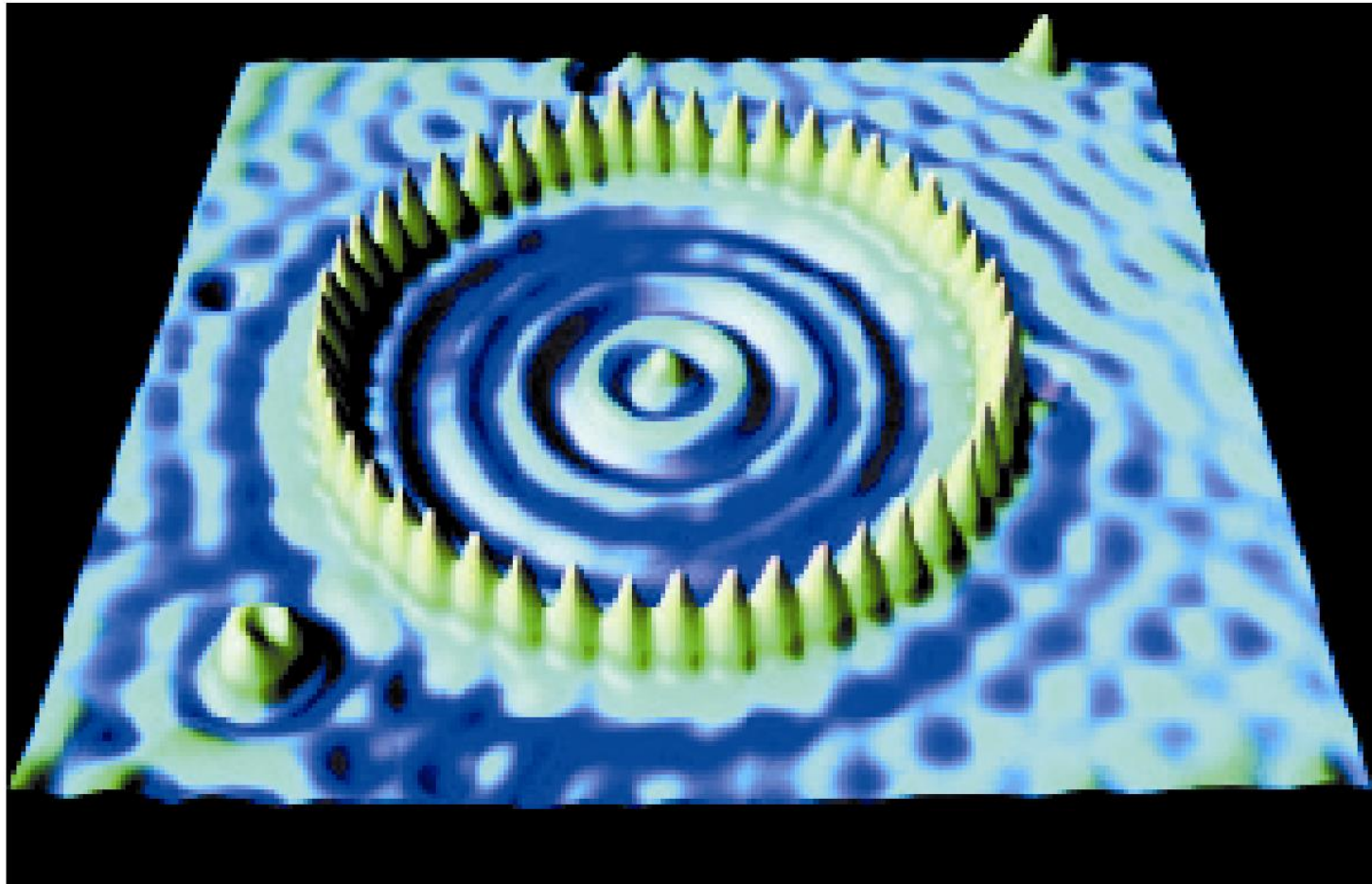
Πρότυπα: Ελαστικό στερεό, Ιδανικό υγρό και Ιδανικό αέριο



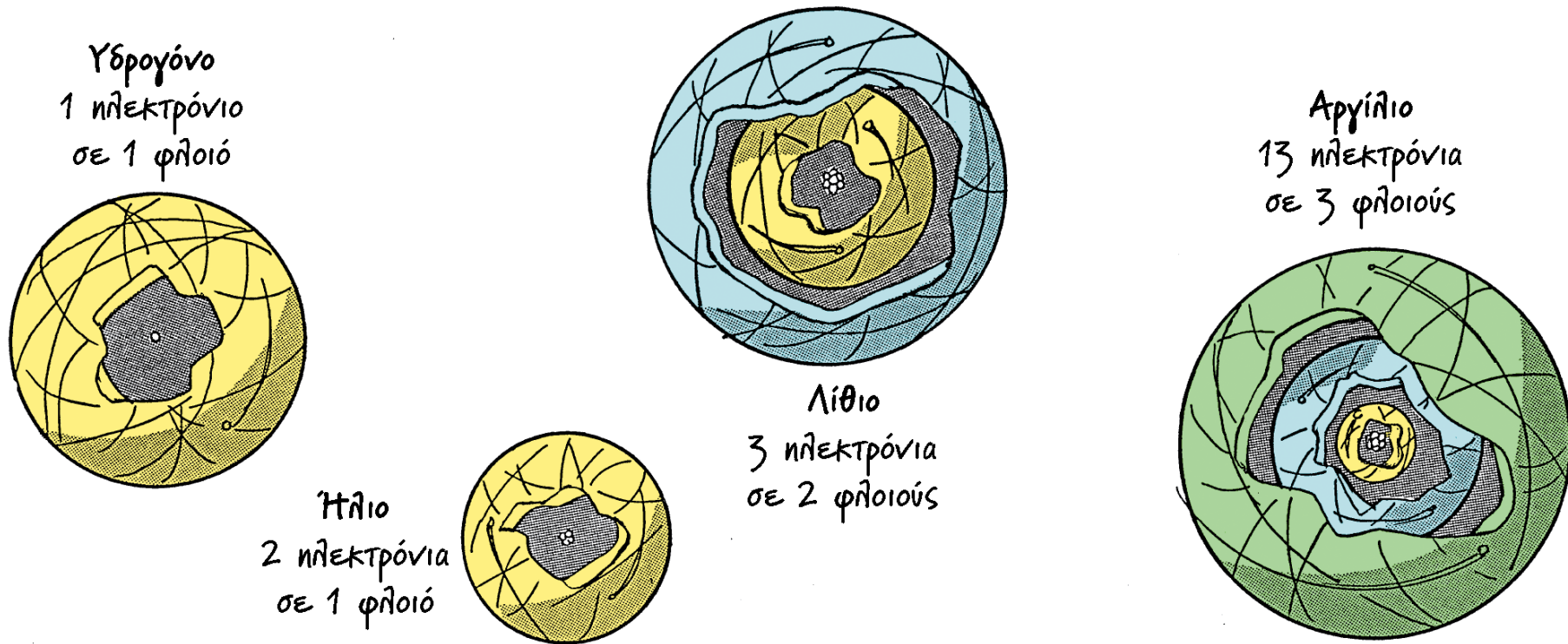
ΕΙΚΟΝΑ II.3 Ένα κλασικό μοντέλο του ατόμου, στο οποίο τα ηλεκτρόνια περιφέρονται σε τροχιά γύρω από τον κεντρικό πυρήνα. Το μοντέλο αυτό προσομοιάζει με το ηλιακό σύστημα με τους περιφερόμενους γύρω από τον Ήλιο πλανήτες.

ΕΙΚΟΝΑ II.6 Η πρώτη εικόνα διακριτών ατόμων, που ελήφθη το 1970 από ερευνητές του Ινστιτούτου Ενρίκο Φέρμι, στο Πανεπιστήμιο του Σικάγου, με ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης. Τα νήματα της εικόνας είναι αλυσίδες ατόμων θορίου.





ΕΙΚΟΝΑ II.7 Εικόνα 48 ατόμων σιδήρου, διατεταγμένων σε έναν κυκλικό δακτύλιο, ο οποίος «περιφράσσει», κατά κάποιον τρόπο, τα ηλεκτρόνια στην επιφάνεια ενός κρυστάλλου χαλκού. Η εικόνα έχει ληφθεί με ένα σαρωτικό μικροσκόπιο σήραγγας στο Εργαστήριο Almaden της IBM, στο Σαν Χοσέ της Καλιφόρνιας.



ΕΙΚΟΝΑ II.14 Σύμφωνα με το κλασικό μοντέλο, το άτομο αποτελείται από έναν μικροσκοπικό πυρήνα που περιβάλλεται από ηλεκτρόνια, τα οποία περιφέρονται μέσα σε σφαιρικούς φλοιούς. Καθώς το φορτίο του πυρήνα αυξάνεται, τα ηλεκτρόνια έλκονται πλησιέστερα προς αυτόν και οι φλοιοί γίνονται μικρότεροι.

ΟΙ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ – ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΗΣ ΕΚΛΟΣΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

	1								
1	1 H Υδρογόνο 1,0079	2							
2	3 Li Λίθιο 6,941	4 Be Βηρύλλιο 9,012	Ομάδα						
3	11 Na Νάτριο 22,990	12 Mg Μαγνήσιο 24,305	3	4	5	6	7	8	9
4	19 K Κάλιο 39,098	20 Ca Ασβέστιο 40,078	21 Sc Σκάνδιο 44,956	22 Ti Τιτάνιο 47,88	23 V Βανάδιο 50,942	24 Cr Χρόμιο 51,996	25 Mn Μαγγάνιο 54,938	26 Fe Σίδηρος 55,845	27 Co Κοβάλτιο 58,933
5	37 Rb Ρουβίδιο 85,468	38 Sr Στρώντιο 87,62	39 Y Ύτριο 88,906	40 Zr Ζιρκόνιο 91,224	41 Nb Νιόβιο 92,906	42 Mo Μολυβδένιο 95,94	43 Tc Τεχνίτιο 98	44 Ru Ρουθίνιο 101,07	45 Rh Ρόδιο 102,906
6	55 Cs Καίσιο 132,905	56 Ba Βάριο 137,327	57 La Λανθάνιο 138,906	72 Hf Άφνιο 178,49	73 Ta Ταντάλιο 180,948	74 W Βολφράμιο 183,84	75 Re Ρήνιο 186,207	76 Os Όσμιο 190,23	77 Ir Ιρίδιο 192,22
7	87 Fr Φράγκιο 223	88 Ra Ράδιο 226,025	89 Ac Ακτίνιο 227,028	104 Rf Ραδερφόρντιο 261	105 Db Ντούμπνιο 262	106 Sg Σημπόργκιο 263	107 Bh Μπόριο 262	108 Hs Ήσιο 265	109 Mt Μαϊτνέριο 266

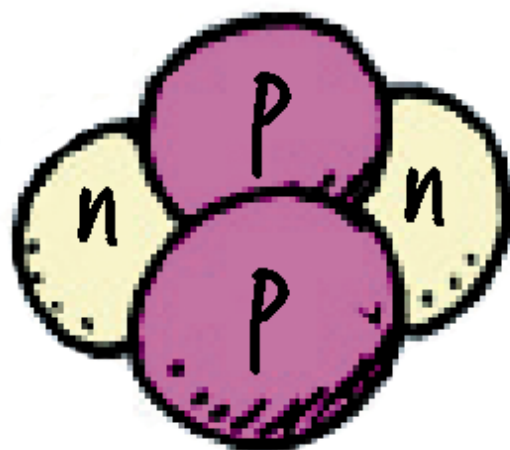
Σειρά λανθανιδίων	58 Ce Δημήτριο 140,12	59 Pr Πρασεοδύμιο 140,907	60 Nd Νεοδύμιο 144,24	61 Pm Προμπίθιο (145)	62 Sm Σαμάριο 150,4
Σειρά ακτινιδίων	90 Th Θόριο 232,038	91 Pa Πρωτακτίνιο 231,036	92 U Ουράνιο 238,029	93 Np Ποσειδώνιο 237,048	94 Pu Πλουτώνιο 244

- Μέταλλο
- Μεταλλοειδές
- Αμέταλλο

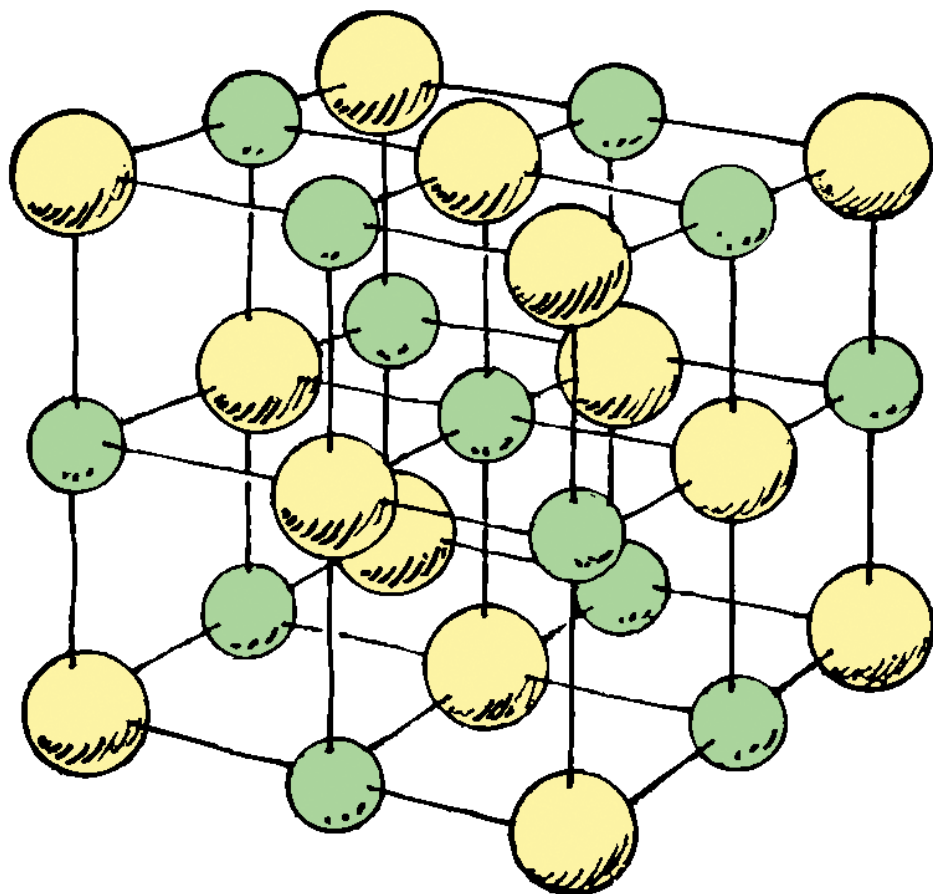
				13	14	15	16	17	2 He Ήλιο 4,003
				5 B Βόριο 10,811	6 C Άνθρακας 12,011	7 N Άζωτο 14,007	8 O Οξυγόνο 15,999	9 F Φθόριο 18,998	10 Ne Νέο 20,180
				13 Al Αργίλιο 26,982	14 Si Πυρίτιο 28,086	15 P Φωσφόρος 30,974	16 S Θείο 32,066	17 Cl Χλώριο 35,453	18 Ar Αργό 39,948
10	11	12							
28 Ni Νικέλιο 58,69	29 Cu Χαλκός 63,546	30 Zn Ψευδάργυρος 65,39	31 Ga Γάλλιο 69,723	32 Ge Γερμάνιο 72,61	33 As Αρσενικό 74,922	34 Se Σελήνιο 78,96	35 Br Βρώμιο 79,904	36 Kr Κρυπτό 83,8	
46 Pd Παλλάδιο 106,42	47 Ag Άργυρος 107,868	48 Cd Κάδμιο 112,411	49 In ΐνδιο 114,82	50 Sn Κασσίτερος 118,71	51 Sb Αντιμόνιο 121,76	52 Te Τελλούριο 127,60	53 I Ιώδιο 126,905	54 Xe Ξένο 131,29	
78 Pt Λευκόχρυσος 195,08	79 Au Χρυσός 196,967	80 Hg Υδράργυρος 200,59	81 Tl Θάλλιο 204,383	82 Pb Μόλυβδος 207,2	83 Bi Βισμούθιο 208,980	84 Po Πολόνιο 209	85 At Αστάτιο 210	86 Rn Ραδόνιο 222	
110 Χωρίς όνομα 269	111 Χωρίς όνομα 272	112 Χωρίς όνομα 277		114 Χωρίς όνομα		116 Χωρίς όνομα		118 Χωρίς όνομα	

63 Eu Ευρώπιο 151,96	64 Gd Γαδολίνιο 157,25	65 Tb Τέρβιο 158,925	66 Dy Δυσπρόσιο 162,5	67 Ho Όλμιο 164,93	68 Er Έρβιο 167,26	69 Tm Θούλιο 168,934	70 Yb Υττέρβιο 173,04	71 Lu Λουπίτιο 174,967	
95 Am Αμερίκιο 243	96 Cm Κιούριο 247	97 Bk Μπερκέλιο 247	98 Cf Καλιφόρνιο 251	99 Es Αϊνστάϊνιο 252	100 Fm Φέρμιο 257	101 Md Μεντελέβιο 258	102 No Νομπέλιο 259	103 Lr Λωρένσιο 262	

ΕΙΚΟΝΑ II.15 Ο Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων. Ο αριθμός πάνω από το χημικό σύμβολο είναι ο ατομικός αριθμός. Ο αριθμός κάτω από το όνομα του στοιχείου είναι η ατομική μάζα του στοιχείου, σε ατομικές μονάδες μάζας (amu), κατά μέσο όρο με βάση τη σχετική αφθονία των διαφόρων ισοτόπων στον φλοιό της Γης. Ο αδιάστατος αυτός αριθμός ονομάζεται ατομικό βάρος. Τα ατομικά βάρη των ραδιενεργών στοιχείων είναι τα βάρη των ευσταθεστερων ισοτόπων των στοιχείων αυτών.

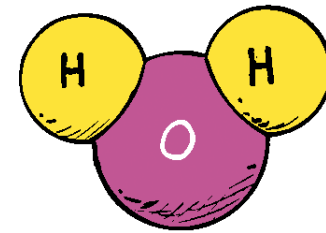
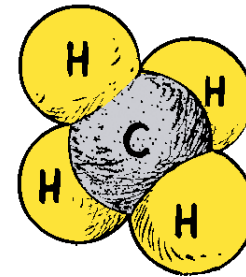
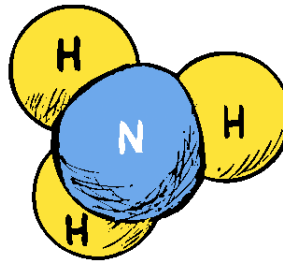
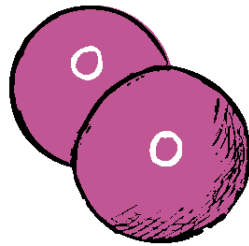


ΕΙΚΟΝΑ II.16 Ο πυρήνας του ηλίου έχει δύο πρωτόνια (p) και δύο νετρόνια (n). Ο πυρήνας αυτός έχει διπλάσιο φορτίο και τετραπλάσια μάζα από ένα πρωτόνιο. (Ένα σωματίο άλφα είναι απλώς ένας πυρήνας ηλίου.)

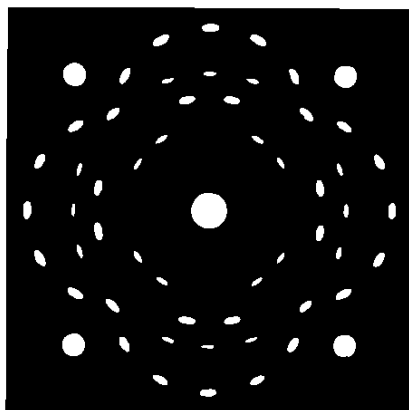
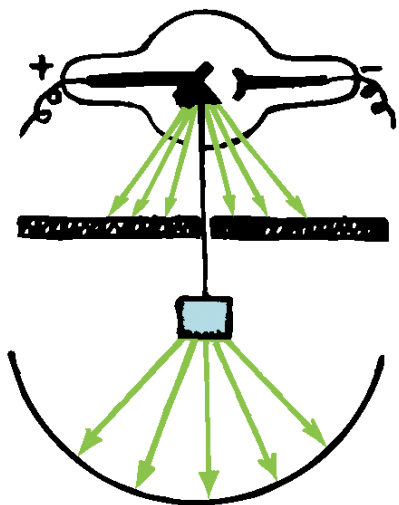


ΕΙΚΟΝΑ II.17 Το κοινό μαγειρικό αλάτι (NaCl) είναι μια κρυσταλλική ένωση η οποία δεν αποτελείται από ξεχωριστά μόρια. Τα άτομα του νατρίου και του χλωρίου είναι διατεταγμένα σε ένα περιοδικό πλέγμα, έτσι ώστε το καθένα από αυτά να περιβάλλεται από έξι άτομα του άλλου στοιχείου.

ΕΙΚΟΝΑ II.18 Μοντέλα απλών μορίων. Τα άτομα σε ένα μόριο δεν είναι απλώς αναμεμειγμένα το ένα με το άλλο, αλλά συνδέονται μεταξύ τους με καθορισμένο τρόπο.



Στερεά: Προσδιορισμός δομής



ΕΙΚΟΝΑ 12.1 Προσδιορισμός της κρυσταλλικής δομής με ακτίνες Χ. Η «φωτογραφία» του αλατιού έχει προκύψει από περίθλαση ακτίνων Χ. Οι ακτίνες που εκπέμπονται από τη λυχνία ακτίνων Χ ανακόπτονται από ένα διάφραγμα μολύβδου, εκτός από μια στενή δέσμη η οποία προσπίπτει στον κρύσταλλο του χλωριούχου νατρίου (κοινό μαγειρικό αλάτι). Η ακτινοβολία που εισχωρεί στον κρύσταλλο και φτάνει στο φωτογραφικό φιλμ σχηματίζει το διάγραμμα που φαίνεται στο κάτω μέρος. Η λευκή κηλίδα στο κέντρο αντιστοιχεί στην κύρια δέσμη των ακτίνων Χ, που δεν σκεδάστηκε. Το μέγεθος και η διάταξη των άλλων κηλίδων καθορίζονται από τη «δικτυωτή» δομή των ιόντων του νατρίου και του χλωρίου στον κρύσταλλο. Κάθε κρυσταλλική δομή δίνει τη δική της μοναδική εικόνα περίθλασης ακτίνων Χ. Ένας κρύσταλλος χλωριούχου νατρίου θα δίνει πάντα ακριβώς το ίδιο μοτίβο. (Προσαρμογή από το *Matter*, Life Science Library, 1965.)

Πυκνότητα: $\rho = \frac{m}{V}$

Ειδικό βάρος: $w = \rho g$

Στερεά

Εφελκυσμός: κατάσταση κατά την οποία σε ένα σώμα ασκούνται δυνάμεις αντίθετης φοράς που τείνουν να το επιμηκύνουν

Θλίψη: κατάσταση κατά την οποία σε ένα σώμα ασκούνται δυνάμεις αντίθετης φοράς που τείνουν να το συμπιέσουν

Πίεση:

$$p = \frac{\Delta F}{\Delta A}$$



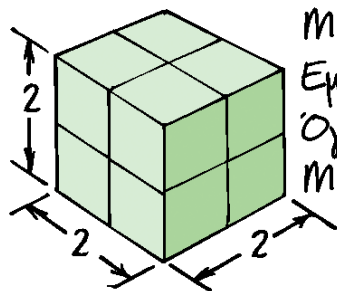
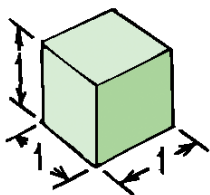
ΕΙΚΟΝΑ 12.4 Όταν ο όγκος του ψωμιού ελαττώνεται, η πυκνότητά του αυξάνεται.

Μήκος πλευράς = 1 cm

Εμβαδόν εγκάρσιας διατομής = 1 cm²

Όγκος (1 x 1 x 1) = 1 cm³

Μάζα = 1 g

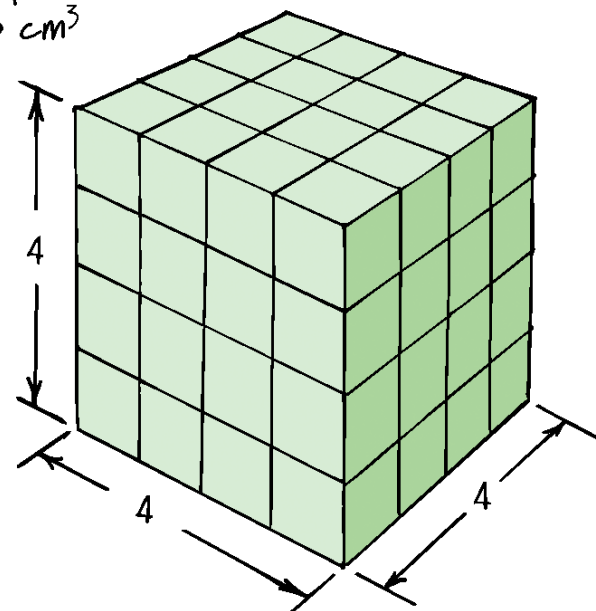


Μήκος πλευράς = 2 cm

Εμβαδόν εγκάρσιας διατομής = 4 cm²

Όγκος (2 x 2 x 2) = 8 cm³

Μάζα = 8 g



Μήκος πλευράς = 4 cm

Εμβαδόν εγκάρσιας διατομής = 16 cm²

Όγκος (4 x 4 x 4) = 64 cm³

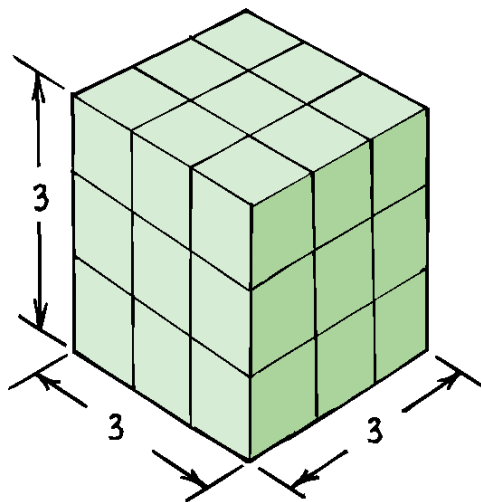
Μάζα = 64 g

Μήκος πλευράς = 3 cm

Εμβαδόν εγκάρσιας διατομής = 9 cm²

Όγκος (3 x 3 x 3) = 27 cm³

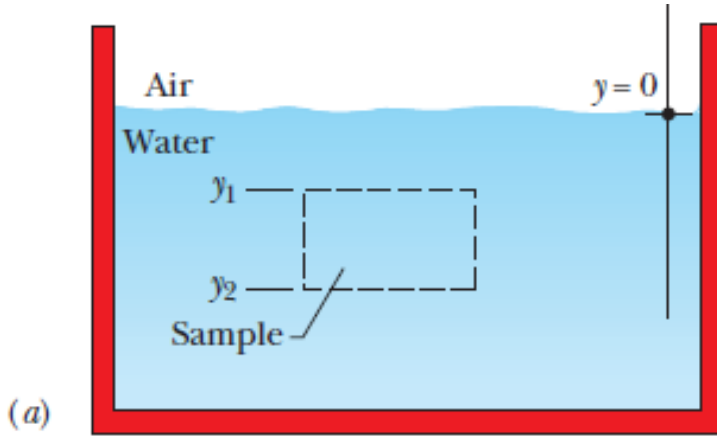
Μάζα = 27 g



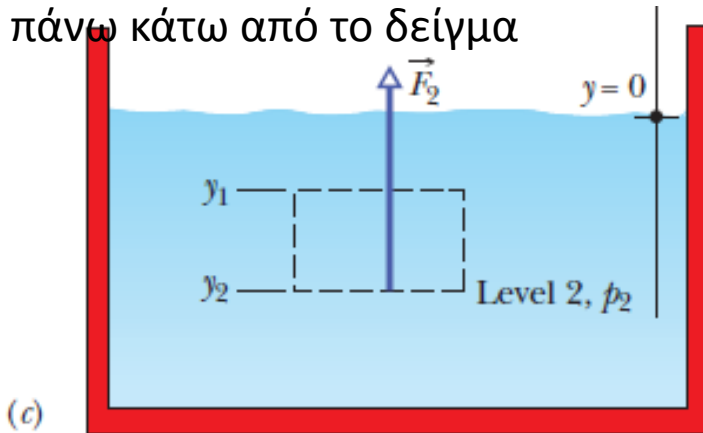
ΕΙΚΟΝΑ 12.15 Όταν οι γραμμικές διαστάσεις ενός αντικειμένου μεταβάλλονται κατά κάποιον συντελεστή, το εμβαδόν εγκάρσιας διατομής μεταβάλλεται με το τετράγωνο αυτού του συντελεστή, ενώ ο όγκος (άρα και το βάρος) με τον κύβο του συντελεστή. Επομένως, όταν οι γραμμικές διαστάσεις διπλασιάζονται (συντελεστής = 2) η επιφάνεια αυξάνεται κατά έναν παράγοντα $2^2 = 4$, ενώ ο όγκος κατά έναν παράγοντα $2^3 = 8$.

Υγρά σε ηρεμία

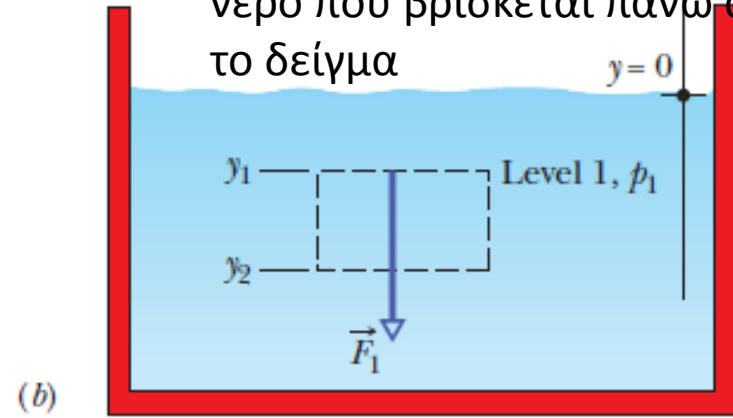
Τρεις δυνάμεις δρουν στο δείγμα νερού



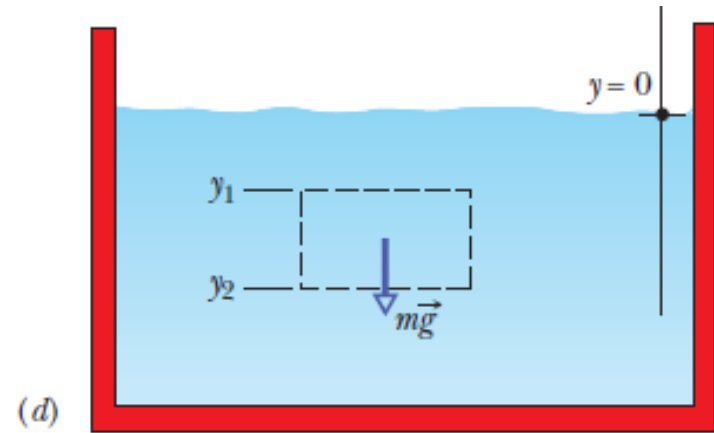
Η δύναμη F_2 οφείλεται στην πίεση του νερού που βρίσκεται πάνω κάτω από το δείγμα



Η δύναμη F_1 οφείλεται στο νερό που βρίσκεται πάνω από το δείγμα



Η βαρύτητα τραβά το δείγμα προς τα κάτω



Walker, Wiley

Υδροστατική πίεση: P-Po

$$F_2 = F_1 + mg \longrightarrow p_2 A = p_1 A + \rho A g (y_1 - y_2) \longrightarrow$$

$$p_2 = p_1 + \rho g (y_1 - y_2).$$

$$p = p_0 + \rho g h$$

Αρχή Pascal

$$p = p_{\text{ext}} + \rho gh.$$

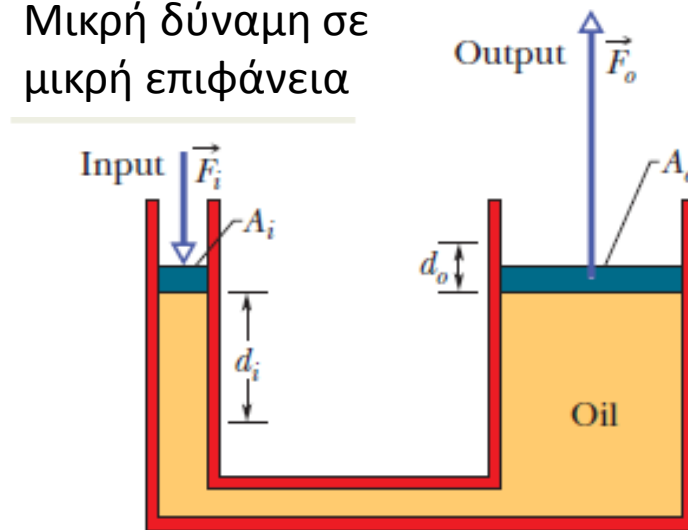
$$\Delta p = \Delta p_{\text{ext}}.$$

$$\Delta p = \frac{F_i}{A_i} = \frac{F_o}{A_o},$$

$$F_o = F_i \frac{A_o}{A_i}.$$

Μικρή δύναμη σε
μικρή επιφάνεια

Μεγάλη δύναμη σε
μεγάλη επιφάνεια



Walker, Wiley

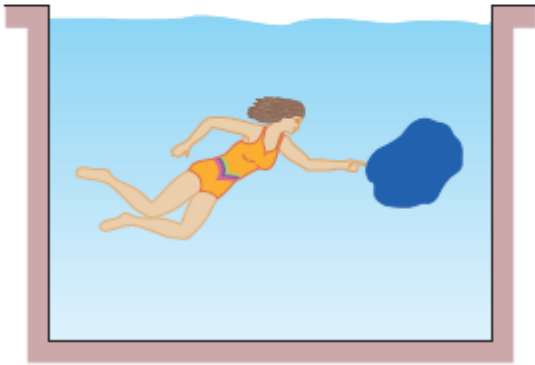
Για μεταβολή του εμβόλου προς τα κάτω κατά d_i και προς τα πάνω κατά d_o

$$V = A_i d_i = A_o d_o, \rightarrow d_o = d_i \frac{A_i}{A_o}. \rightarrow W = F_o d_o = \left(F_i \frac{A_o}{A_i} \right) \left(d_i \frac{A_i}{A_o} \right) = F_i d_i,$$

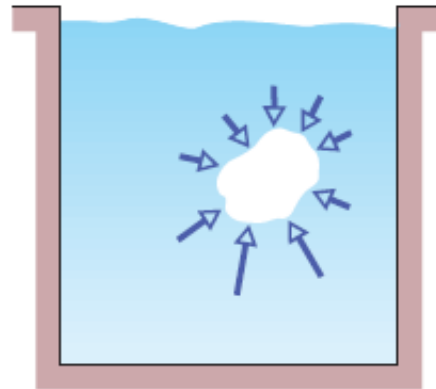
Αρχή Αρχιμήδη

Όταν ένα σώμα βυθίζεται μερικώς ή ολικώς σε ρευστό η δύναμη άνωσης F_b από το περιβάλλοντα ρευστό επιδρά στο σώμα με κατεύθυνση προς τα πάνω και μέτρο ίσο με το βάρος $m_f g$ του ρευστού που εκτοπίζει το σώμα

Η δύναμη άνωσης πάνω στο στρώμα νερού είναι ίση με το βάρος του νερού που έχει το στρώμα

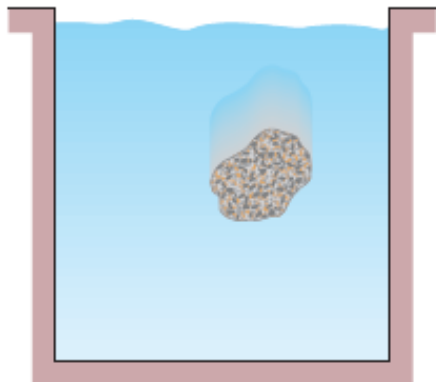


Walker, Wiley



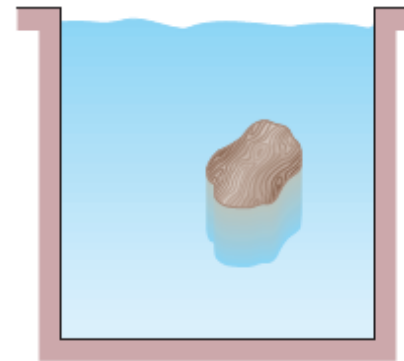
(a)

Η δύναμη άνωσης οφείλεται στην πίεση του νερού που περιβάλλει το στρώμα



(b)

Η συνολική δύναμη της πέτρας είναι προς τα κάτω και βυθίζεται

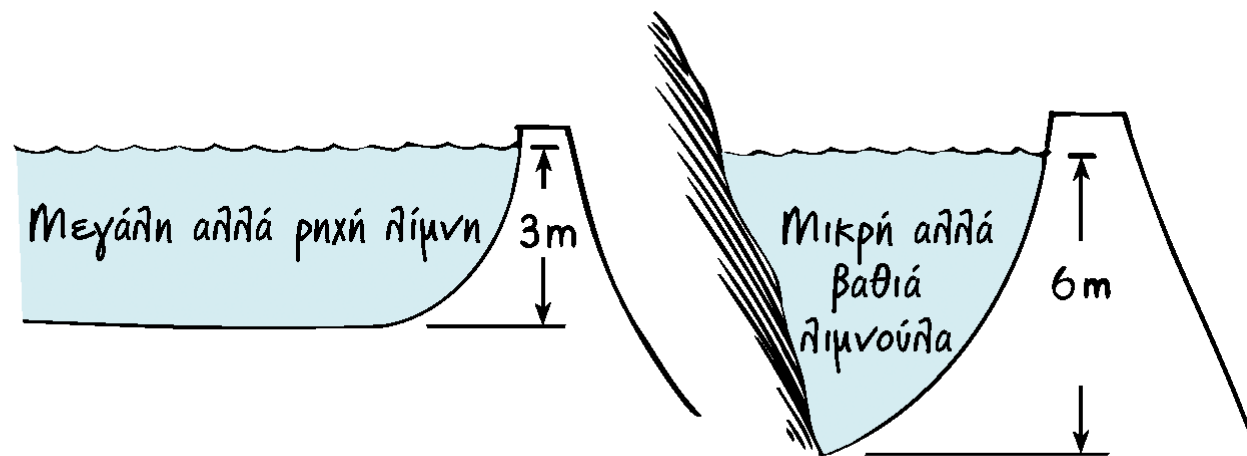


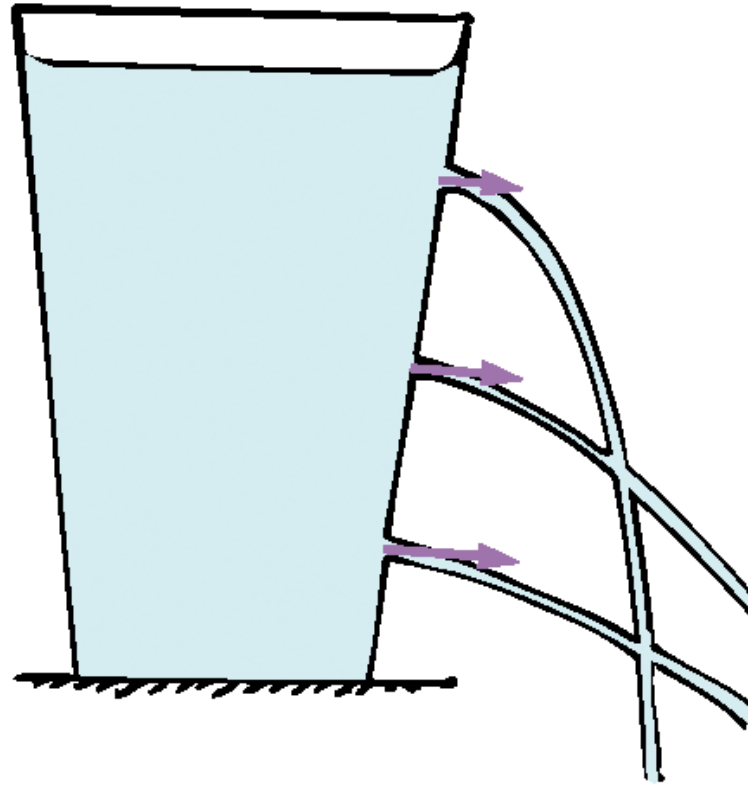
(c)

Η συνολική δύναμη που δέχεται το ξύλο είναι προς τα πάνω

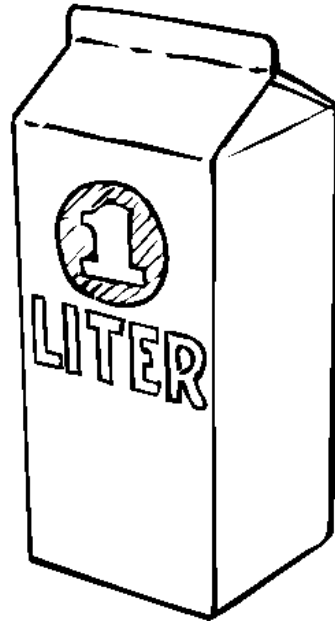
Όταν ένα σώμα επιπλέει στο ρευστό, η βαρυτική δύναμη στο σώμα είναι ίση με το βάρος του ρευστού που εκτοπίζει το σώμα

ΕΙΚΟΝΑ 13.3 Η μέση πίεση που ασκεί το νερό σε ένα φράγμα δεν εξαρτάται από τον όγκο του νερού που συγκρατείται πίσω από το φράγμα, αλλά από το μέσο βάθος του. Η μέση πίεση που ασκεί η μεγάλη, ρηχή λίμνη είναι η μισή από αυτήν που ασκεί η μικρή αλλά βαθιά λιμνούλα.





ΕΙΚΟΝΑ 13.7 Η πίεση του νερού ασκείται κάθετα στα τοιχώματα του περιέχοντος δοχείου και αυξάνεται με το βάθος.



ΕΙΚΟΝΑ 13.11 Ένα λίτρο νερό καταλαμβάνει όγκο 1000 cm^3 , έχει μάζα 1 kg και ζυγίζει $9,8 \text{ N}$. Συνεπώς, η πυκνότητά του μπορεί να εκφραστεί ως 1 kg/l και το ειδικό βάρος του ως $9,8 \text{ N/l}$. (Το θαλασσινό νερό, που είναι κάπως πιο πυκνό, έχει ειδικό βάρος περίπου $10,0 \text{ N/l}$).

Δυνάμεις Συνοχής: μεταξύ μορίων της αυτής φύσης

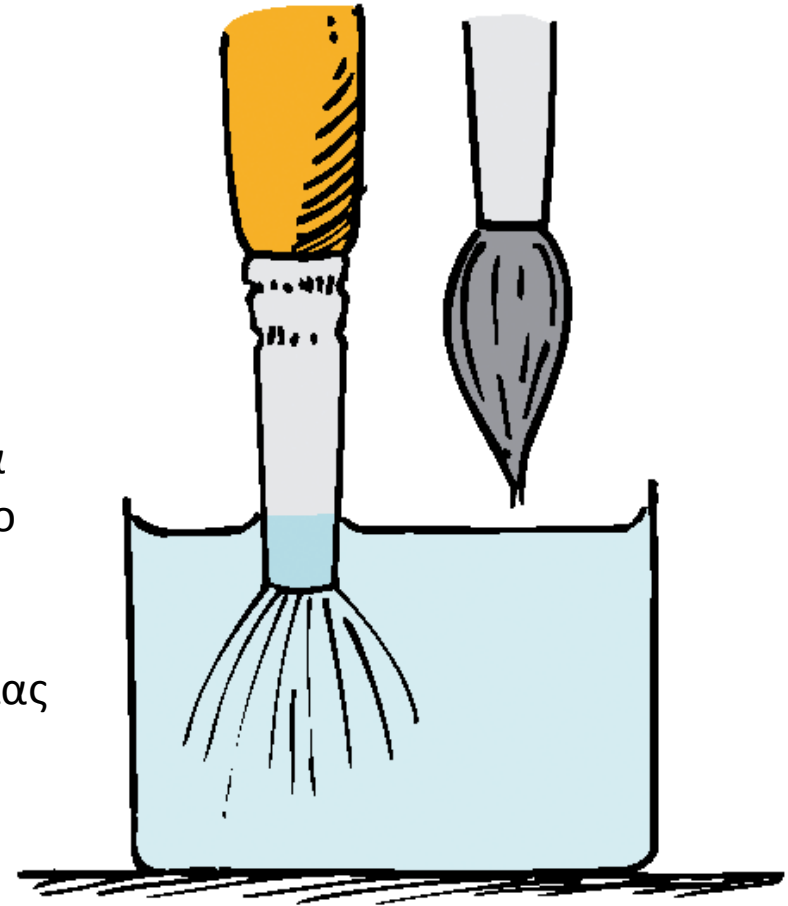
Δυνάμεις Συνάφειας: μεταξύ μορίων διαφορετικών υλικών που έρχονται σε επαφή

Ελεύθερη επιφάνεια: Η επιφάνεια στην οποία περατώνονται τα υγρά η οποία διαχωρίζει δύο φάσεις

Διεπιφάνεια: Δύο διαφορετικές ουσίες της ίδιας φάσης

Δυνάμεις επιφανειακής τάσης: Τείνουν να ελαττώσουν την επιφάνεια ενός σώματος

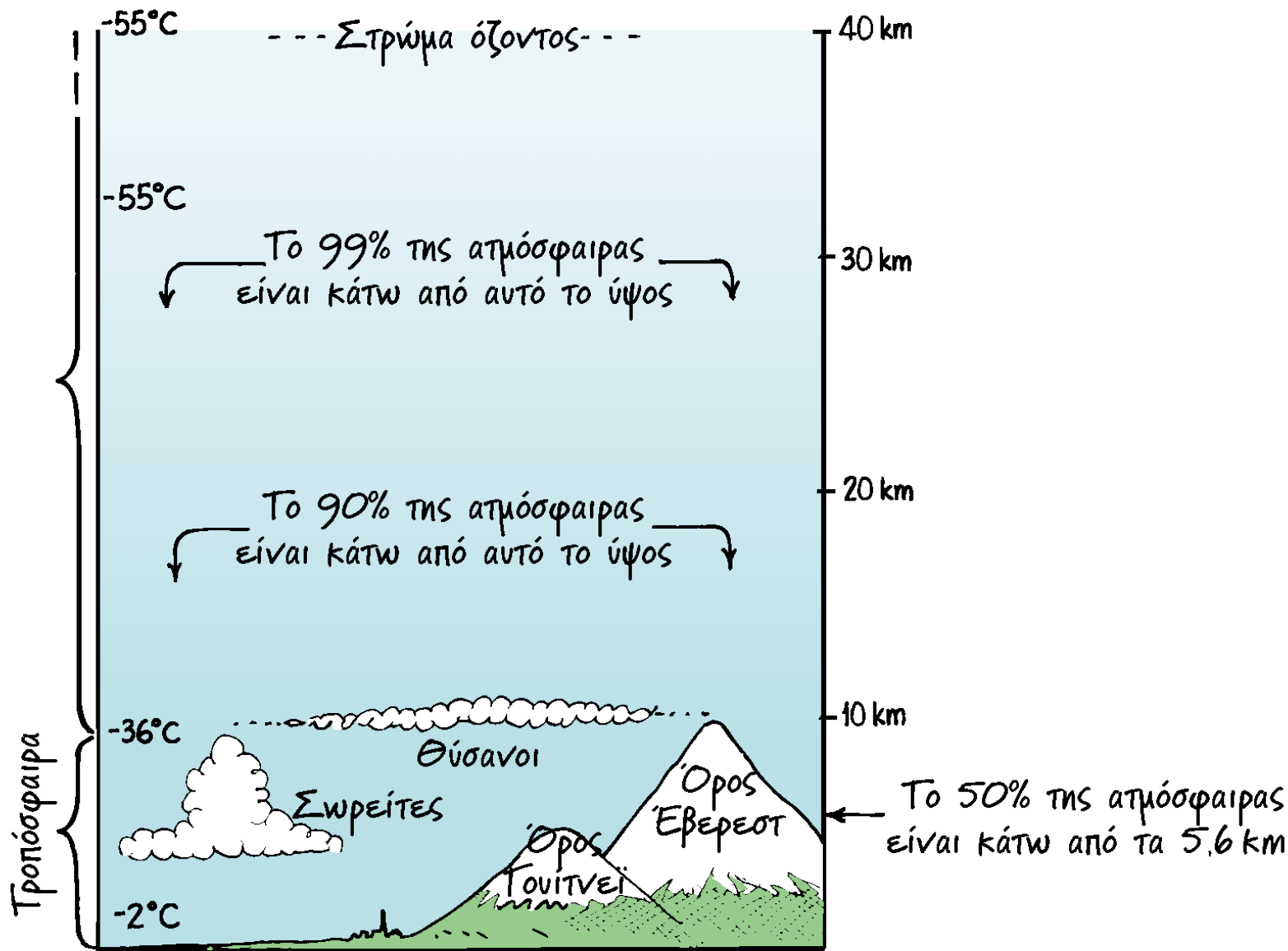
Δυνάμεις συνεπαφής: δυνάμεις συνάφειας που ασκούνται μεταξύ ανόμοιων μορίων



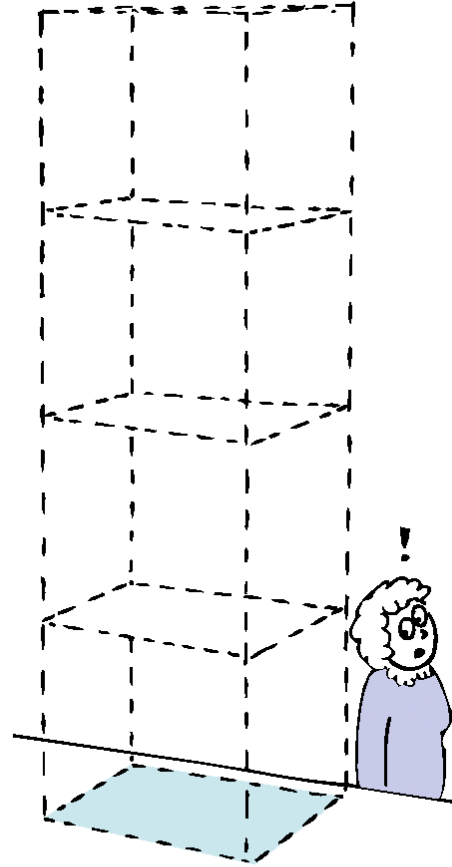
ΕΙΚΟΝΑ 13.24 Όταν το πινέλο βγαίνει από το νερό, οι τρίχες «κολλούν» μεταξύ τους λόγω της επιφανειακής τάσης.

ΕΙΚΟΝΑ 13.25 Λόγω της επιφανειακής τάσης, οι μικρές σταγόνες νερού συμπύσσονται σε σφαιροειδές σχήμα. Μπορείτε, εφαρμόζοντας τις έννοιες της Εικόνας 12.15 του προηγούμενου κεφαλαίου, να εξηγήσετε γιατί οι μεγαλύτερες σταγόνες εκπλατύνονται περισσότερο από τη βαρύτητα, ενώ οι μικρότερες είναι πιο σφαιρικές;

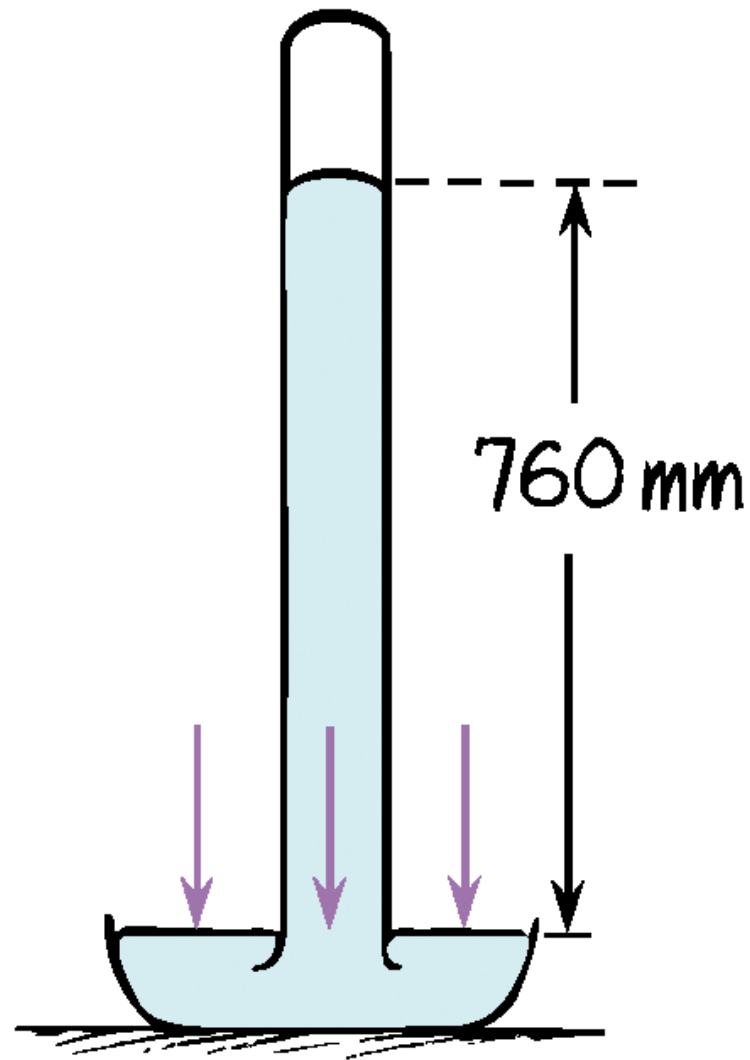




ΕΙΚΟΝΑ 14.1 Η ατμόσφαιρα της Γης. Ο αέρας είναι πιο συμπιεσμένος στη στάθμη της θάλασσας απ' ό,τι στα μεγαλύτερα υψόμετρα. Όπως ένας τεράστιος σωρός από φτερά, ο αέρας στον «πυθμένα» συμπιέζεται περισσότερο από τον αέρα στην κορυφή.



ΕΙΚΟΝΑ 14.6 Το βάρος του αέρα που δέχεται μια επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου στη στάθμη της θάλασσας είναι περίπου 100.000 N. Με άλλα λόγια, η ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου 10^5 N/m^2 , δηλαδή περίπου 100 kPa.



ΕΙΚΟΝΑ 14.7 Ένα απλό υδραργυρικό βαρόμετρο.

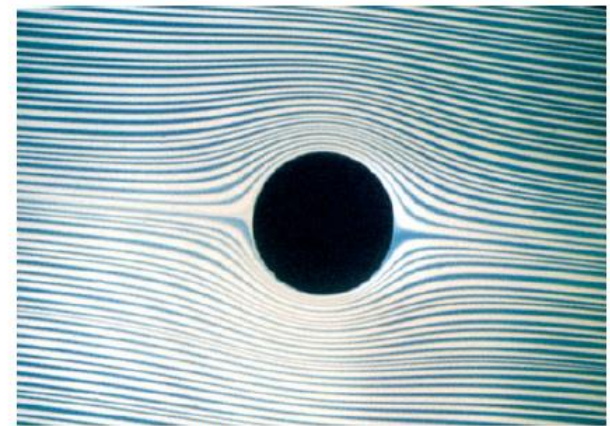
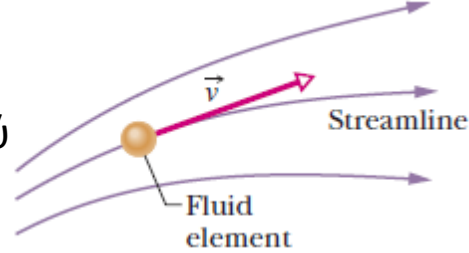


ΕΙΚΟΝΑ 14.8 Αν θέλουμε να κυριολεκτούμε, τα παιδιά της εικόνας δεν ρουφάνε τη σόδα προς τα πάνω με το καλαμάκι, αλλά ελαττώνουν την πίεση μέσα σε αυτό, επιτρέποντας έτσι στο βάρος της ατμόσφαιρας να πιέσει το υγρό προς τα πάνω μέσα στο καλαμάκι. Θα μπορούσαν να πουν σόδα με τον τρόπο αυτόν στη Σελήνη;

Κίνηση Ρευστών

Ιδανικά ρευστά: οι εσωτερικές τριβές μεταξύ των μορίων (ιξώδες) θεωρούνται αμελητέες

Ρευματικές γραμμές



Courtesy D. H. Peregrine, University of Bristol

Στατική ροή: Η μορφή των ρευματικών γραμμών ιδανικού ρευστού παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη από το χρόνο

Ομογενής ροή: Οι ρευματικές γραμμές ιδανικού ρευστού είναι παράλληλες ευθείες (αρχή συνέχειας και θεώρημα Bernoulli)

Νευτώνεια ρευστά: πραγματικά ρευστά όπου το ιξώδες παραμένει σταθερό ως προς την ταχύτητα ροής (συνήθως μικρές) και η ροή γίνεται κατά λεπτά επάλληλα στρώματα (laminar flow). Για στατικό πεδίο ταχυτήτων η ροή είναι νηματώδης με παράλληλες αλλά μη ισαπέχουσες ρευματικές γραμμές.

Πεδίο ροής Poiseuille: νηματώδης με πυκνότερες ρευματικές γραμμές στον άξονα και αραιότερες στα άκρα

Μη Νευτώνειο: αύξηση ταχύτητα ροής και εμφάνιση στροβίλων (στροβιλώδης κίνηση ή τυρβώδεις μέσα στους στροβίλους)

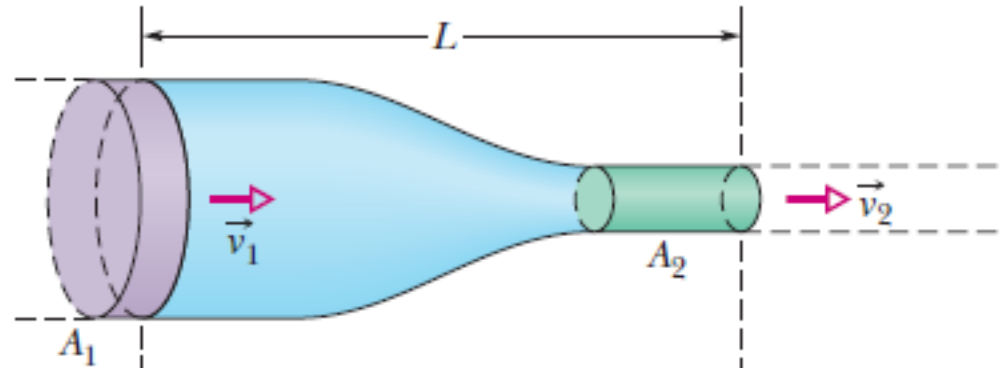
Εξίσωση συνέχειας

Ο ρυθμός μεταβολής του όγκου εδώ είναι ίσος

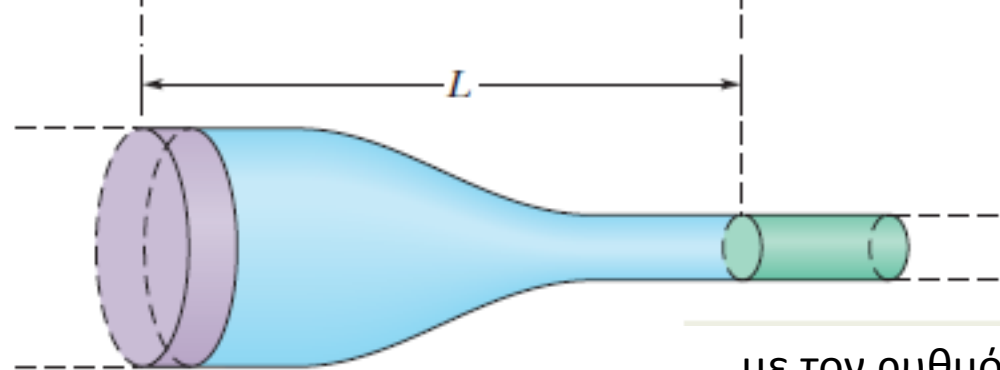
$$\Delta V = A \Delta x = A v \Delta t.$$

$$\Delta V = A_1 v_1 \Delta t = A_2 v_2 \Delta t$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$



(a) Time t



(b) Time $t + \Delta t$

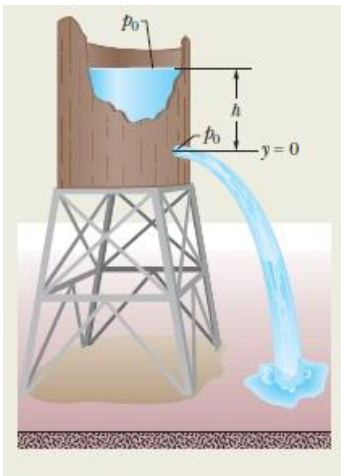
Walker, Wiley

..... με τον ρυθμό μεταβολής του όγκου εδώ

Εξίσωση Bernoulli

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2.$$

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{a constant}$$



$$v = \sqrt{2gh}.$$

Πραγματικά ρευστά

$$P_{oi}(1) = P_{oi}(2) + \delta W_{\text{απωλειών}} / dV$$

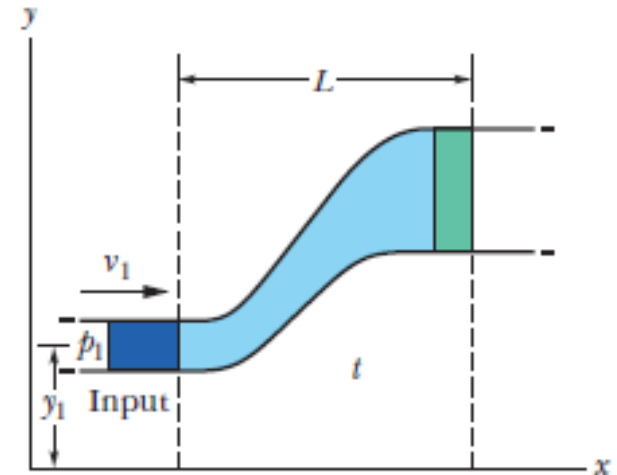
$$\Pi_V = dV / dt$$

$$P_{\text{απωλειών}} = dW_{\text{απωλειών}} / dt$$

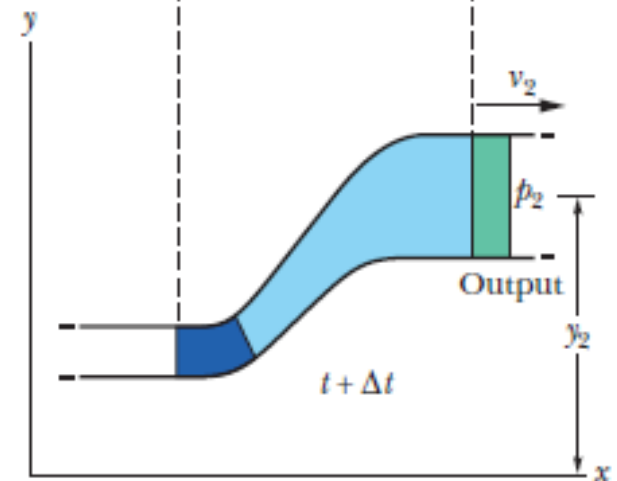
$$P_{oi}(1) = P_{oi}(2) + P_{\text{απωλειών}} / \Pi_V$$

ή ισοδύναμα για τα
χαρακτηριστικά ύψη

$$H_{oi}(1) = H_{oi}(2) + H_{\text{απωλειών}}$$

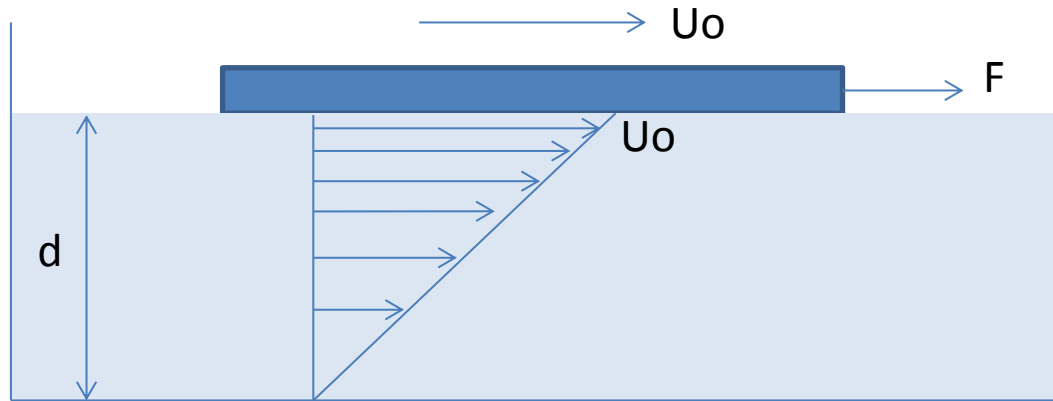


(a)



(b)

Κίνηση επίπεδου σώματος σε πραγματικό ρευστό



Νηματώδης Ροή και Νόμος Newton για το ιξώδες: $F = \eta U_0 S/d$ όπου η ο συντελεστής ιξώδους του ρευστού

$$U(z) = U_0 z/d$$
$$dU/dz = U_0 / d$$
$$F = \eta S dU/dz$$

Ροή σε σωλήνα: Τύπος Poiseuille για παροχή σωλήνα

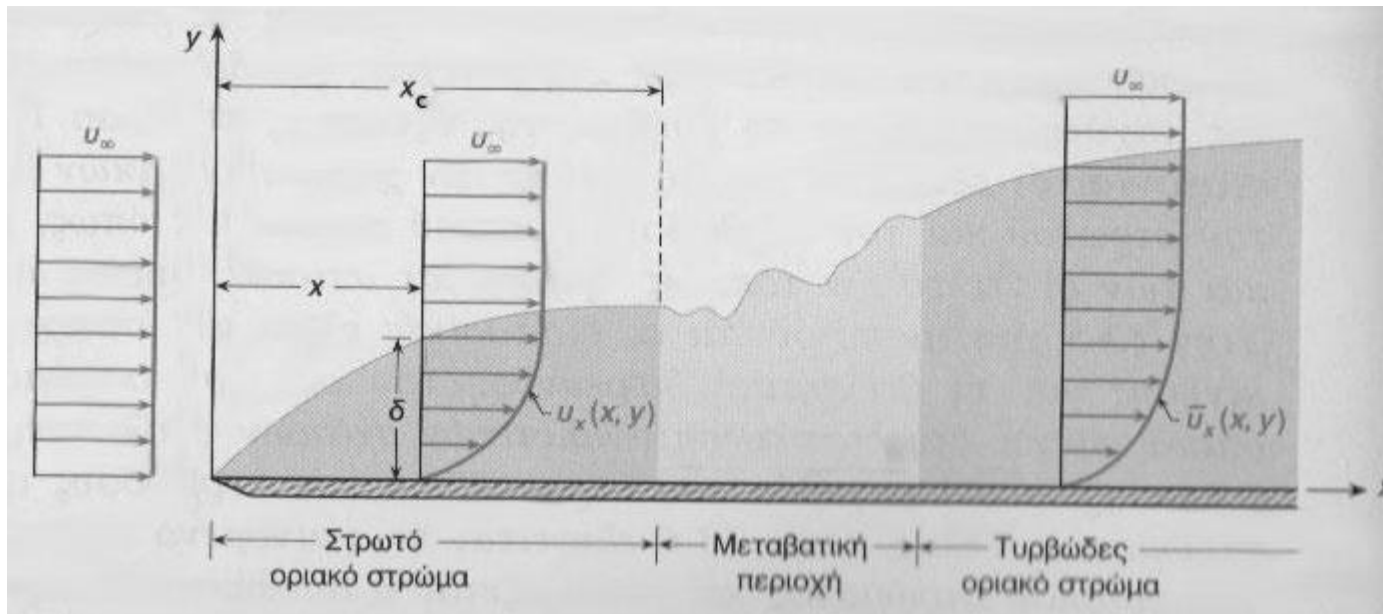
$$\Pi = V_{\text{mean}} S = \pi R^4 \Delta P / 8 \eta l$$

όπου Δp η διαφορά πίεσης στα άκρα του σωλήνα, l το μήκος του σωλήνα, η το ιξώδες του υγρού και R η ακτίνα του σωλήνα

Αν τα δύο άκρα έχουν και υψομετρική διαφορά, η διαφορά πίεσης τροποποιείται κατά την υδροστατική πίεση.

Ροή πάνω σε στερεή επίπεδη επιφάνεια και οριακό στρώμα

Για κίνηση ρευστών μικρού σχετικά ιξώδους πάνω από στερεά, η επίδραση της εσωτερικής τριβής περιορίζεται μόνο σε ένα πολύ λεπτό στρώμα ρευστού που βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια του στερεού.



Πάνω από το οριακό στρώμα, το ιξώδες παύει να αποτελεί σημαντικό παράγοντα στη διαμόρφωση της ροής.

Το πάχος δ του οριακού στρώματος δε διατηρείται σταθερό, αλλά αυξάνεται κατά τη φορά κίνησης του ρευστού.

Ροή σε σωλήνα και πάνω από επίπεδη επιφάνεια

$$\text{Αριθμός Reynolds} = \frac{\{\text{αδρανειακές δυνάμεις}\}}{\{\text{ιξώδεις δυνάμεις}\}} \equiv \text{Re} = \frac{\rho UL}{\mu} = \frac{UL}{\nu}$$

όπου ρ είναι η πυκνότητα του υγρού (ή του αερίου) και μ το δυναμικό ιξώδες του ενώ U είναι η μέση ταχύτητα της ροής και L ένα χαρακτηριστικό μήκος της ροής ενώ ν είναι το κινηματικό ιξώδες (λόγος του δυναμικού ιξώδους ως προς την πυκνότητα).

Για σωλήνες, η ροή είναι τυρβώδης όταν $\text{Re} > 4000$, στρωτή όταν $\text{Re} < 2300$ και μεταβατική τυρβώδης όταν $2300 < \text{Re} < 4000$

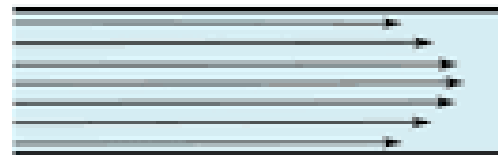
Για ροή ταχύτητας u πάνω από επίπεδη πλάκα μήκους X

$$\text{Re} = \frac{u X}{\nu}$$

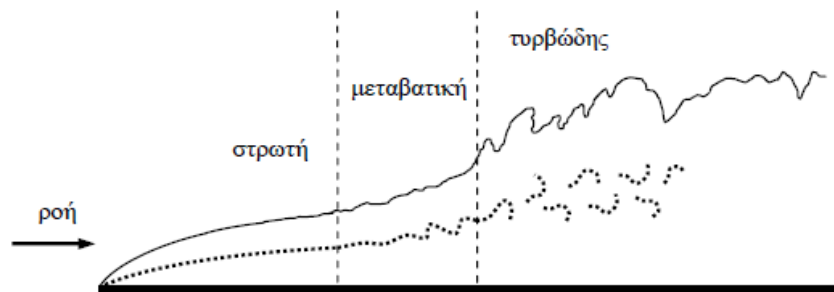
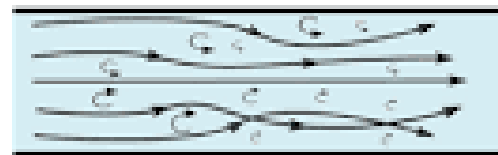
Στρωτή για $\text{Re} < 1 \times 10^5$

Τυρβώδης για $\text{Re} > 1 \times 10^5$

Στρωτή Ροή



Τυρβώδης Ροή



Αντίσταση στην κίνηση ρεύματος μέσα σε ρευστό

Αν υπάρχει σχετική κίνηση ρευστού-σώματος, το σώμα δέχεται δύναμη που αναλύεται σε δύο συνιστώσες, α) αντίθετη στην κίνηση (μετωπική αντίσταση ή οπισθέλκουσα) και β) κάθετη σε αυτή (άντωση ή ανυψωτική). Η πρώτη μπορεί να προέλθει από το ιξώδες ή από διαφορά πίεσης ανάμεσα στα ακραία σημεία του σώματος. Η δεύτερη προκαλείται μόνο από τη διαφορά πίεσης.

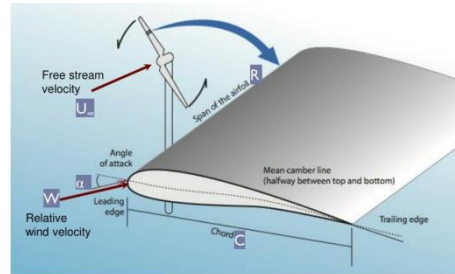
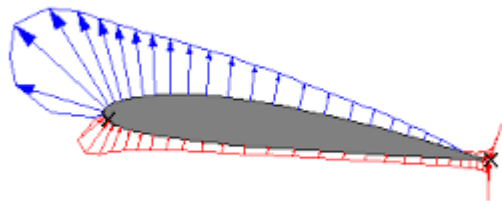
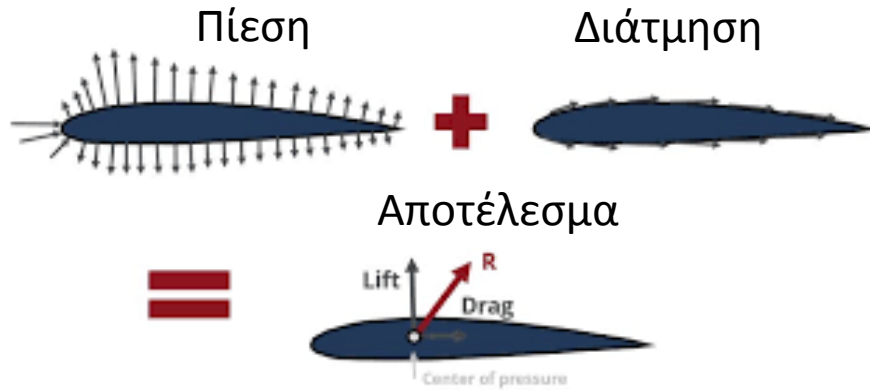
Σε μικρές ταχύτητες ροής (στρωτή ροή) η μετωπική αντίσταση $F_v = K n l u$ όπου K αριθμητικός συντελεστής που εξαρτάται από τη γεωμετρική μορφή (3π για σφαίρα), l η μετωπική διάσταση του σώματος ($2r$ για σφαίρα) και n το ιξώδες.

Για σφαίρα: $F_v = 6 \pi n r u$ (τύπος Stokes)

Σε μεγάλες ταχύτητες (τυρβώδης ροή) δημιουργούνται δίνες και υποπίεση στο πίσω μέρος σε σχέση με το μπροστινό. Η μετωπική αντίσταση δίνεται ως $F_s = C S \rho u^2$ όπου ο συντελεστής C εξαρτάται από τη γεωμετρική μορφή του σώματος, S η ενεργός διατομή του σώματος κάθετα στη διεύθυνση κίνησης και ρ η πυκνότητα του ρευστού.

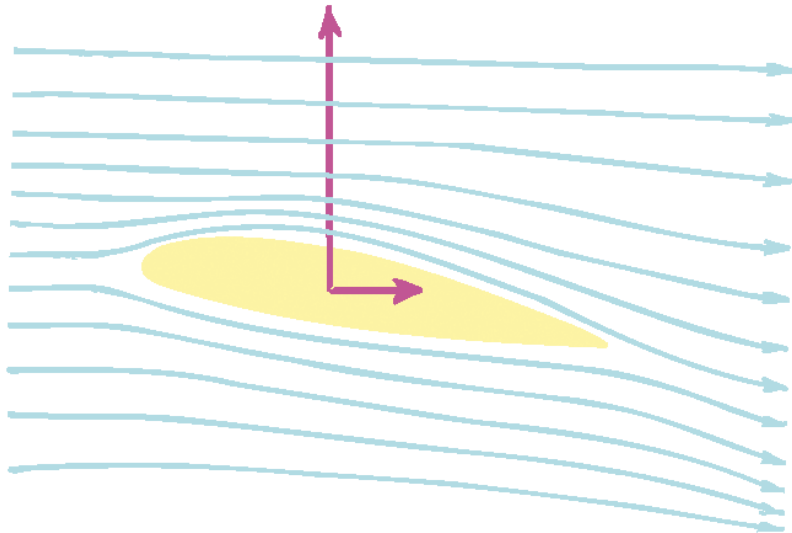
Αριθμός Reynolds: Λόγος F_s/F_v

Συντελεστής Οπισθέλκουσας (Drag coefficient)



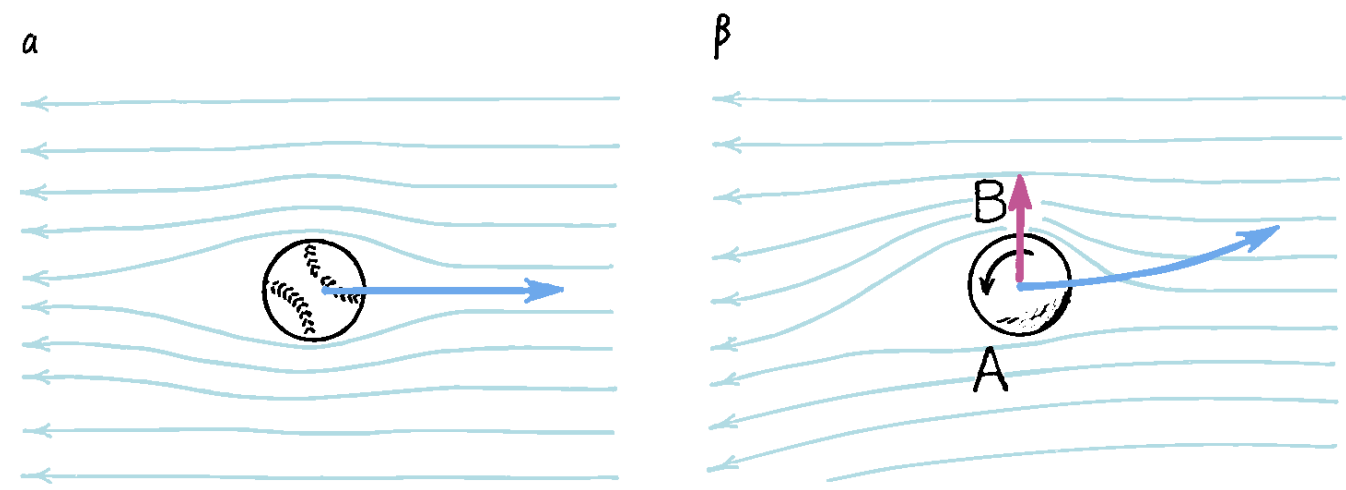
Shape	Drag Coefficient
Sphere	0.47
Half-sphere	0.42
Cone	0.50
Cube	1.05
Angled Cube	0.80
Long Cylinder	0.82
Short Cylinder	1.15
Streamlined Body	0.04
Streamlined Half-body	0.09

Measured Drag Coefficients

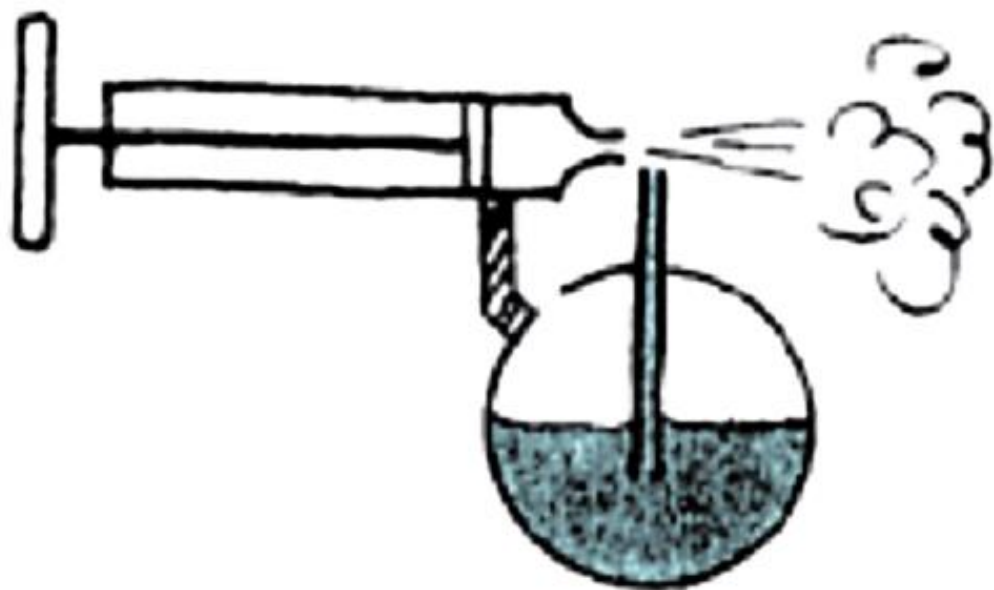


ΕΙΚΟΝΑ 14.21 Η πίεση του αέρα κάτω από το φτερό είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι πάνω, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια ολική δύναμη προς τα πάνω (άντωση), η οποία αναπαρίσταται από το κατακόρυφο διάνυσμα. Το οριζόντιο διάνυσμα αναπαριστά την οπισθέλκουσα.

ΕΙΚΟΝΑ 14.23 (α) Η πίεση στις δύο πλευρές της μη περιστρεφόμενης μπάλας είναι η ίδια. (β) Η περιστροφή της μπάλας δημιουργεί πύκνωση των γραμμών ροής. Λόγω της προκύπτουσας πλευρικής δύναμης (κόκκινο βέλος), η τροχιά της μπάλας καμπυλώνεται όπως δείχνει το μπλε βέλος.

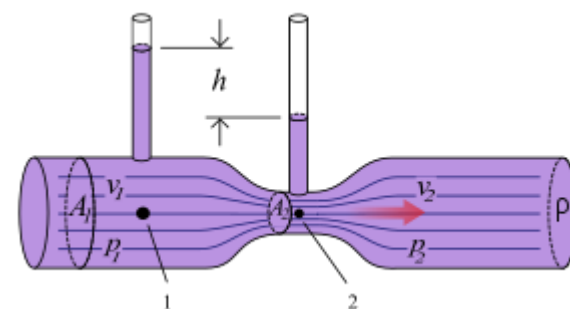


Κίνηση του αέρα ως προς τη μπάλα (κάτοψη)



ΕΙΚΟΝΑ 14.24 Γιατί ανέρχεται μέσα στον σωλήνα το υγρό που βρίσκεται στο δοχείο;

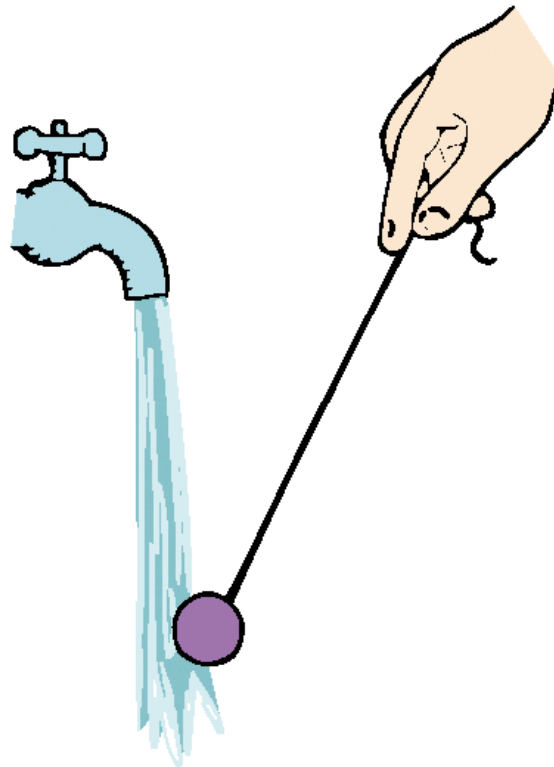
Ροόμετρο Venturi



$$Q = C A_2 \frac{\sqrt{2g \Delta h (sg - 1)}}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

C =συντελεστής παροχής,
 $\Delta h=h$, $\beta=d_2/d_1$, sg =σχετική
 πυκνότητα του ρευστού





ΕΙΚΟΝΑ 14.25 Στο ακίνητο ρευστό (αέρας), η πίεση είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι στο κινούμενο (ρεύμα νερού). Ο ατμοσφαιρικός αέρας ωθεί τη μπάλα στην περιοχή της μικρότερης πίεσης.