

## Η άνωση στα αέρια.

Ποια είναι η υπόθεση;

Ξέρουμε ότι η άνωση, σε μη επιταχυνόμενο περιβάλλον, είναι ίση με το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού. Ξέρουμε εμπειρικά πως το ίδιο ισχύει και στα αέρια. Έτσι μπορούμε να κάνουμε υπολογισμούς, πρακτικά επαρκείς, με αερόστατα.

Λόγου χάριν πόσο όγκο πρέπει να έχει ένα αερόστατο ηλίου ώστε να σηκώσει εμένα;

Όμως η απόδειξη δεν είναι ίδια. Η προέλευση των δύο πιέσεων δεν είναι ίδιας φύσης.

Η υδροστατική πίεση οφείλεται στο βάρος του υγρού, ενώ η πίεση των αερίων σε ανελέητο βομβαρδισμό από κινούμενα μόρια.

Ας τις δούμε διαδοχικά.

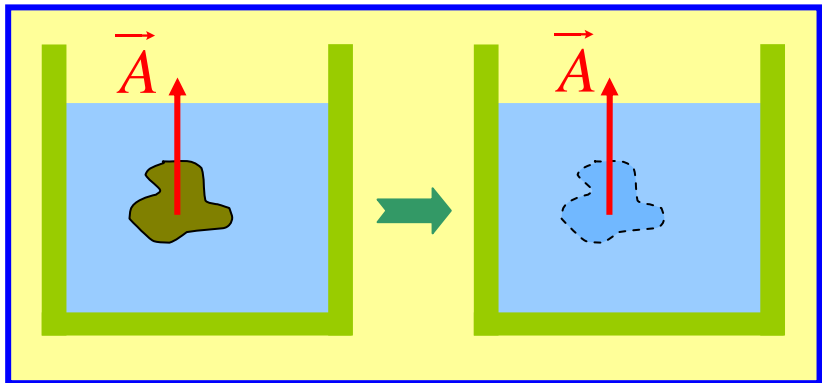
### Η άνωση σε ασυμπίεστο υγρό.

Ποια δύναμη δέχεται από το υγρό το βυθισμένο σώμα;

Το αντικαθιστούμε με «ομοίοσημον» υγρό.

Το δεύτερο πρέπει να δεχθεί ίδια δύναμη. Σε αντίθετη περίπτωση το υγρό διαθέτει κάποιο είδος «λογικής»:

-Στα υγρά ασκώ διαφορετικές δυνάμεις.



Το τμήμα του υγρού ισορροπεί, οπότε η άνωση είναι ίση με το βάρος του.

Επειδή η άνωση είναι ίδια, το στερεό δέχεται δύναμη τόση όση το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού. Αν είμαστε εκτός πεδίου βαρύτητας (σε κλειστή δεξαμενή) η άνωση θα μηδενισθεί. Διαφορετικά το τμήμα του υγρού θα «αναδυόταν».

Η άνωση, επομένως, οφείλεται στην βαρύτητα.

### Η άνωση στον αέρα.

Θα μπορούσαμε να κάνουμε το ίδιο στον αέρα;

Θέλω να βρω την δύναμη που ασκεί ο αέρας στο κόκκινο μπαλόνι.

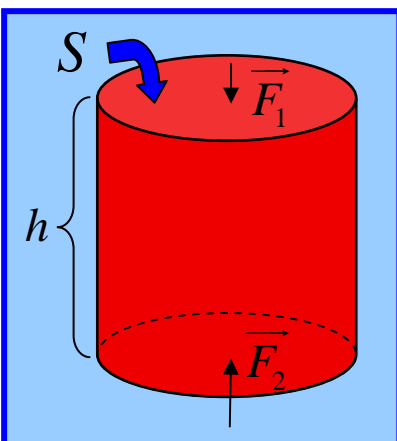
Να το αντικαταστήσω με αέρα και να πω ότι ο αέρας ισορροπεί, άρα η άνωση είναι ίση με το βάρος του;

Μα ο αέρας κινείται συνεχώς. Τα μόρια που βρίσκονται μπροστά στο αγοράκι (ο ηθοποιός είναι κάμποσα χρόνια μεγαλύτερος εμού) σε ένα δευτερόλεπτο θα βρίσκονται πολλά μέτρα μακριά από το μπαλκόνι.

Ίσως και τη γειτονιά του μικρού.

Είμαστε αναγκασμένοι να υπολογίσουμε την άνωση ως διαφορά πιέσεων.

Μην τα θέλουμε και όλα δικά μας.



Θα μου επιτρέψετε να αλλάξω το σχήμα του μπαλονιού σε κυλινδρικό.

Αν δεν το κάνετε θα είστε άδικοι. Σε τόσα και τόσα βιβλία παρατίθενται αποδείξεις με ανώσεις επί κυλινδρικών σωμάτων. Γιατί όχι και εγώ;

Οι δυνάμεις στην παράπλευρη επιφάνεια εξουδετερώνονται λόγω συμμετρίας.

Η άνωση είναι ίση με την διαφορά των δυνάμεων:

$$A = F_2 - F_1 = (P_2 - P_1) \cdot S \quad (1)$$

Ξέρουμε από τον τύπο του Μπόλτςμαν ότι η συγκέντρωση των μορίων αερίου μεταβάλλεται με το ύψος.

Υπεύθυνη η βαρύτητα. Τα μόρια προτιμούν περιοχές μικρότερης δυναμικής ενέργειας και μαζεύονται περισσότερο στα «χαμηλά» απ'ότι στα «ψηλά».

Διαφέρουν από τους μαθητές μας που, όταν εκδράμουν με διώροφο πούλμαν, θέλουν όλοι να πάνε επάνω.

Η συγκέντρωση (μόρια ανά μονάδα όγκου) δίνεται από την σχέση:

$$n = n_o \cdot e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}}$$

Όπου  $n$  η συγκέντρωση σε ύψος  $h$  και  $n_o$  η συγκέντρωση σε ύψος μηδέν.

Ακόμα  $m$  η μάζα του μορίου,  $T$  η απόλυτη θερμοκρασία και  $k$  η σταθερά Boltzmann.

$$\text{Για ένα αέριο } P = n \cdot k \cdot T \Rightarrow P = n_o \cdot e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}} \cdot k \cdot T = P_o \cdot e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}} \quad (2)$$

Πάμε στην άνωση τώρα:

$$(1), (2) \Rightarrow A = P_o \cdot S \cdot \left(1 - e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}}\right) = n_o \cdot S \cdot k \cdot T \cdot \left(1 - e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}}\right)$$

Είναι αυτή ίση με το βάρος του αέρα που περιέχεται;

Ας αντικαταστήσουμε τον κύλινδρο με αέρα ίδιου όγκου και σχήματος.

Στην φετούλα που σχεδιάσαμε περιέχονται μόρια  $dN$ :

$$dN = n \cdot dV = n_o \cdot e^{-\frac{m \cdot g \cdot y}{k \cdot T}} \cdot S \cdot dy$$

Για να βρούμε τον ολικό αριθμό μορίων ολοκληρώνουμε.

$$N = n_o \cdot S \cdot \int_0^h e^{-\frac{m \cdot g \cdot y}{k \cdot T}} \cdot dy = n_o \cdot S \cdot \frac{k \cdot T}{m \cdot g} \cdot \left(1 - e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}}\right)$$

Επειδή το κάθε ένα «ζυγίζει»  $m \cdot g$ , το βάρος της αέρας μάζας είναι:

$$w = n_o \cdot S \cdot \frac{k \cdot T}{m \cdot g} \cdot \left(1 - e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}}\right) \cdot m \cdot g = n_o \cdot S \cdot k \cdot T \cdot \left(1 - e^{-\frac{m \cdot g \cdot h}{k \cdot T}}\right) = A$$

Δηλαδή «τα ίδια Παντελάκο μου, τα ίδια Παντελή μου».

Η άνωση είναι ίση με το βάρος του εκτοπιζόμενου αέρα.

Το μπαλόνι μας δέχεται και το βάρος του. Αν το αέριο είναι υδρογόνο, ήλιο ή θερμός αέρας, τότε η άνωση υπερτερεί του βάρους και το μπαλόνι σηκώνεται.

Κάποτε θα φτάσει σε περιοχή τέτοια που ο εκτοπιζόμενος αέρας θα ζυγίζει λιγότερο.

Τότε θα σταθεί.

