

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

## 3η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

### ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΩΓΕΣ ΤΗΣ

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

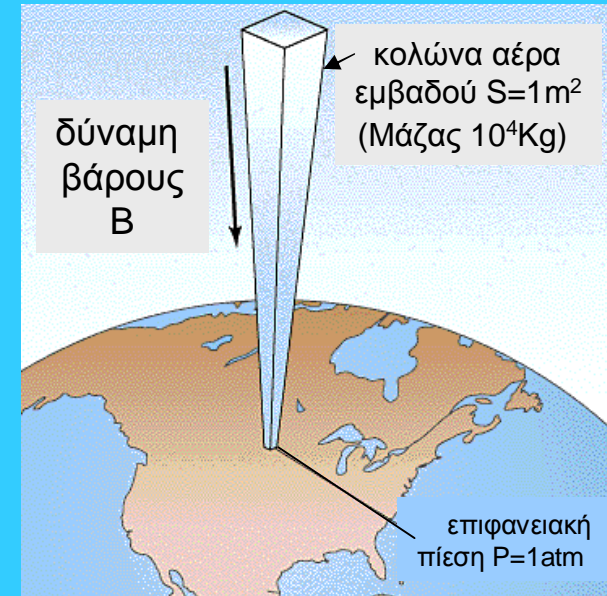
## ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ



Είναι η πίεση που εξασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας λόγω της δύναμης του βάρους του, σε ένα οποιοδήποτε επίπεδο μέσα στην ατμόσφαιρα ή στην επιφάνεια της Γης

*Μας ενδιαφέρουν οι τιμές της πίεσης και οι μεταβολές της, διότι αυτές αποτελούν εργαλείο πρόγνωσης του καιρού. Οι μεταβολές της πίεσης οφείλονται κυρίως στους υδρατμούς.*

$$P = \frac{B}{S}$$



### Μονάδες Πίεσης

	pascal (Pa)	bar (bar)	atmosphere (atm)	torr (Torr)
<b>1 Pa</b>	$\equiv 1 \text{ N/m}^2$	$10^{-5}$	$9.8692 \times 10^{-6}$	$7.5006 \times 10^{-3}$
<b>1 bar</b>	100,000	$\equiv 10^6 \text{ dyn/cm}^2$	0.98692	750.06
<b>1 atm</b>	101,325	1.01325	$\equiv 1 \text{ atm}$	760
<b>1 torr</b>	133.322	$1.3332 \times 10^{-3}$	$1.3158 \times 10^{-3}$	$\equiv 1 \text{ Torr}; \approx 1 \text{ mmHg}$

συνηθισμένη μονάδα: mbar (millibar) ή hPa (hectopascal=100Pa)  
(1mbar=1hPa=10<sup>-3</sup> bar)

άλλη μονάδα: mmHg (ύψος στήλης υδραργύρου σε βαρόμετρο)

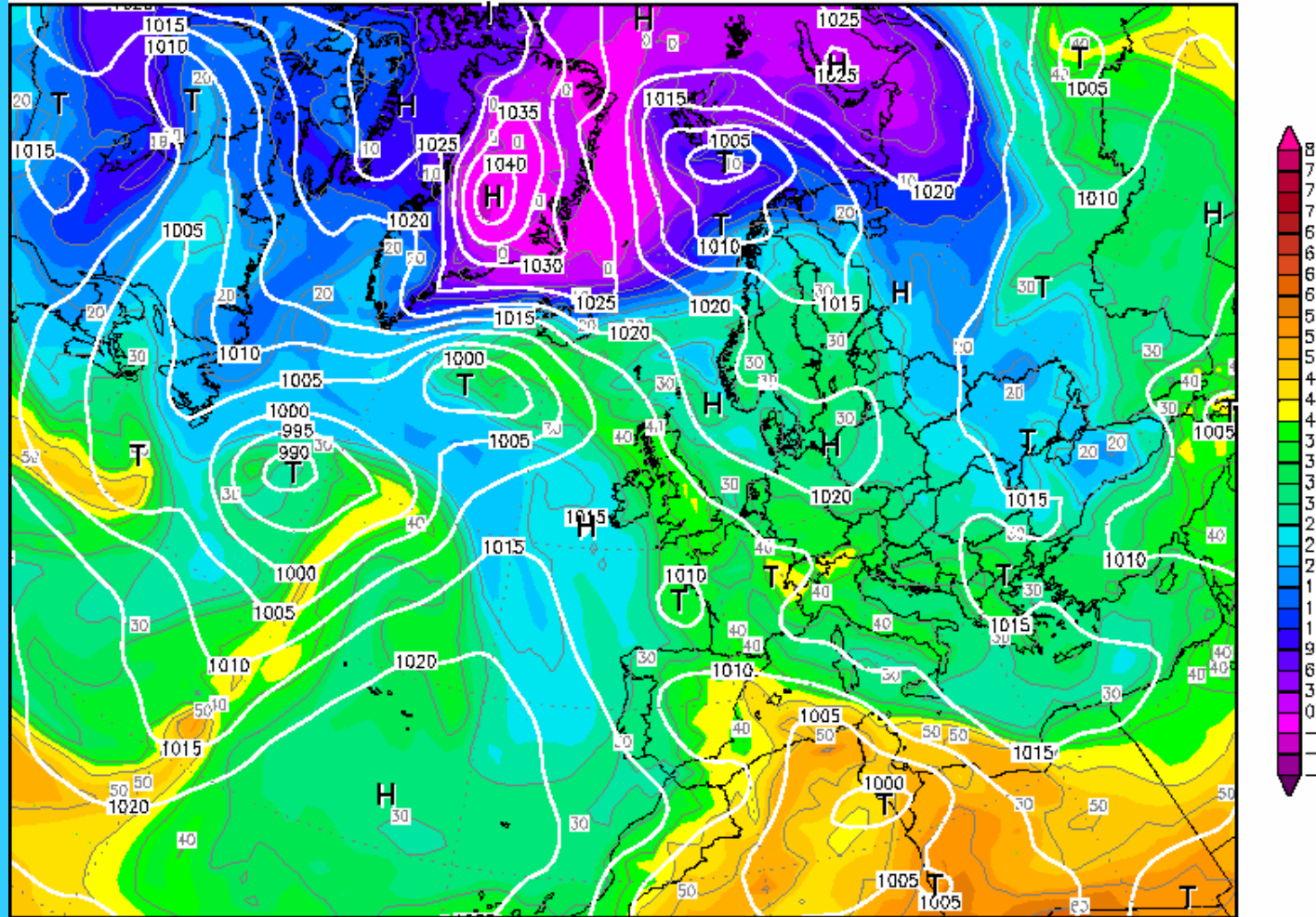
# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΧΑΡΤΕΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Init : Thu,08MAY2008 12Z

Valid: Fri,09MAY2008 12Z

*Bodendruck (hPa) und 850 hPa Aeq.Pot.T. (Grad C)*



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

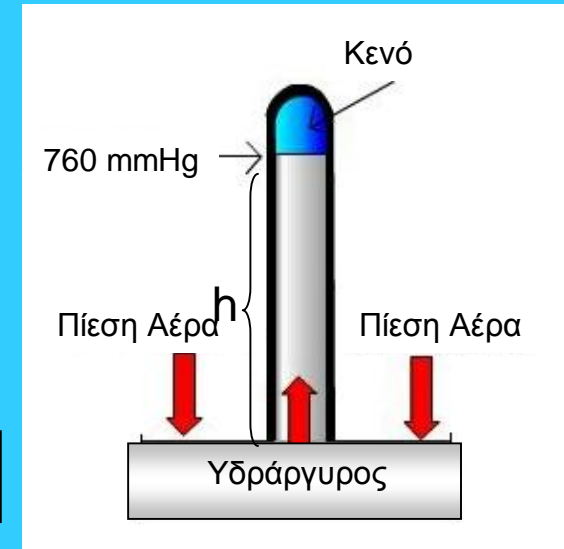
## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Η ατμοσφαιρική πίεση μετράται με 2 τρόπους: (i) βαρόμετρα υγρής στήλης  
(ii) ανεροειδή βαρόμετρα

Βαρόμετρα υγρής στήλης ⇒ Νερού ή Υδραργύρου  
Torricelli, 1643

(προτιμούμε τον υδράργυρο  
διότι το νερό είναι πολύ  
αραιότερο)

$$P = \frac{B}{S} = \frac{m \cdot g}{S} = \frac{r \cdot V \cdot g}{S} = \frac{r \cdot \cancel{S} \cdot h \cdot g}{\cancel{S}} \Rightarrow P = r \cdot h \cdot g$$



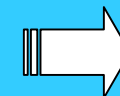
όπου: ρ: πυκνότητα υδραργύρου  
h: ύψος στήλης υδραργύρου  
g: επιτάχυνση της βαρύτητας

ΤΥΠΙΚΗ  
ΤΙΜΗ  
ΤΙΜΗ  
ΠΙΕΣΗΣ

$$P_0 = 760 \text{ mmHg} = 1013.5 \text{ mb}$$

για  $g=980.6 \text{ cm/s}^2$  και  $\rho_0=13.60 \text{ g cm}^{-3}$  (στους  $0^\circ\text{C}$ )

Η μετρούμενη πίεση  $P$  εξαρτάται από: (i) τη θερμοκρασία του υδραργύρου  
(ii) το γεωγραφικό πλάτος του τόπου  
(iii) το ύψος από τη στάθμη της θάλασσας



**ΑΝΑΓΚΗ ΑΝΑΓΩΓΩΝ**

**ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ  
ΤΙΜΩΝ ΠΙΕΣΗΣ**

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### Βαρόμετρα υγρής στήλης

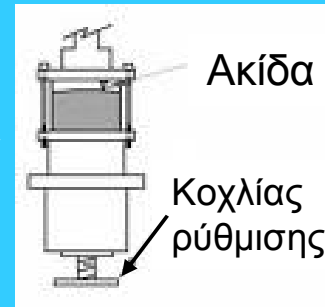
#### ΥΔΡΑΡΓΥΡΙΚΟ ΒΑΡΟΜΕΤΡΟ FORTIN



Σωλήνας



Λεκάνη



# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### Ανεροειδή Βαρόμετρα

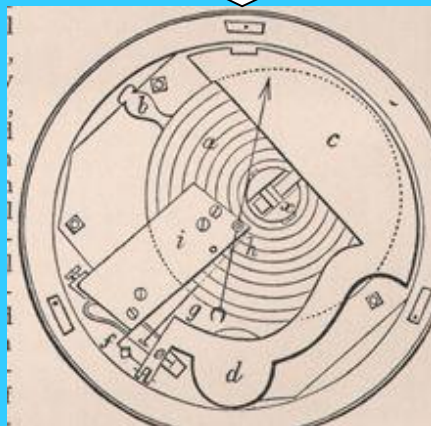
ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ ΒΑΡΟΜΕΤΡΟ



ΒΑΡΟΓΡΑΦΟΣ



ΑΥΤΟΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΑ



# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΑΝΑΓΩΓΕΣ/ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

1. Σταθερό σφάλμα οργάνου → ΑΦΑΙΡΕΙΤΑΙ
2. Αναγωγή στους 0°C (λόγω θερμικής διαστολής υδραργύρου)

ΔΙΟΡΘΩΣΗ (i) με Πίνακες

(ii) με τη βοήθεια σχέσης *συντελεστής διόρθωσης*

$$C = h \frac{(m - n) \cdot T}{1 + m \cdot T}$$

όπου:

h: ύψος στήλης υδραργύρου

m: συντελεστής διαστολής υδραργύρου = 0.0001818

n: συντελεστής διαστολής χαλκού = 0.0000184

T: η θερμοκρασία σε °C

Για  $t > 0^\circ\text{C}$  το C αφαιρείται από το h

Για  $t < 0^\circ\text{C}$  το C προστίθεται στο h

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΑΝΑΓΩΓΕΣ/ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### 3. Αναγωγή στην κανονική βαρύτητα (λόγω μεταβαλλόμενης τιμής g)

ΔΙΟΡΘΩΣΗ (i) με Πίνακες

(ii) με τη βοήθεια σχέσης *συντελεστής διόρθωσης*

$$C = h \frac{g_j - g_0}{g_0}$$

όπου:

h: ύψος στήλης υδραργύρου

$g_\varphi$ : επιτάχυνση της βαρύτητας στον τόπο της μέτρησης (γεωγραφικού πλάτους  $\varphi$ )

$g_0$ : πρότυπη επιτάχυνση της βαρύτητας για γεωγραφικό πλάτος  $\varphi=45^\circ$ ,  $g_0=980.616\text{cm/s}^2$

όπου:

$$g_j = \left( 1 - 0.0026373 \cdot \cos 2j + 0.0000059 \cos^2 2j \right) \cdot g_0$$



# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΑΝΑΓΩΓΕΣ/ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### 4. Αναγωγή στη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας (μεταβαλλόμενη τιμή g)

ΔΙΟΡΘΩΣΗ (i) Απλοποιημένη Εξίσωση Laplace

(ii) Εξίσωση ισόθερμης ατμόσφαιρας

#### (i) Εξίσωση Laplace

$$\Delta p = \frac{z_p \cdot p}{7991 + 29.27 \cdot T_C - 0.41 \cdot z_p}$$

όπου:

$z_p$ : υψόμετρο στο σημείο της μέτρησης (σε m)

$p$ : ατμοσφαιρική πίεση στο σημείο της μέτρησης

$T_C$ : θερμοκρασία στο σημείο της μέτρησης (σε °C)

#### (ii) Εξίσωση ισόθερμης ατμόσφαιρας

$$\left. \begin{array}{l} dp = -r \cdot g \cdot dz \\ p = r \cdot R_a \cdot T \end{array} \right\} \Rightarrow dp = -\frac{p}{R_a \cdot T} \cdot g \cdot dz \Rightarrow -\frac{dp}{p} = \frac{g}{R_a \cdot T} dz \Rightarrow$$

$$\int_{p_0}^p d \ln p = - \int_{z=0}^z \frac{g}{R_a \cdot T} dz \Rightarrow p = p_0 \cdot e^{-\frac{g}{R_a \cdot T} z}$$

# ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

## ΑΝΑΓΩΓΕΣ/ΔΙΟΡΘΩΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

### 4. Αναγωγή στη μέση στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας (μεταβαλλόμενη τιμή $g$ )

#### (ii) Εξίσωση ισόθερμης ατμόσφαιρας

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{g}{R_a \cdot \bar{T}} z}$$

$$p_0 = p \cdot e^{\frac{g}{R_a \cdot \bar{T}} z}$$

$$\text{όπου: } \bar{T} = \frac{T_0 + T}{2}$$

$$g = -\frac{\Delta T}{\Delta z} \Rightarrow T = T_0 - g \cdot z \Rightarrow T_0 = T + g \cdot z$$

επίπεδο μέτρησης  $z, p, T$

στάθμη της θάλασσας  $z=0, p_0, T_0$

όπου:

$p$ : ατμοσφαιρική πίεση στο σημείο της μέτρησης

$p_0$ : ατμοσφαιρική πίεση στη στάθμη της θάλασσας

$z_p$ : υψόμετρο στο σημείο της μέτρησης (σε m)

$R_a$ : σταθερά του ατμοσφαιρικού αέρα =  $R^*/M_{B_a}$

$R^*$ =παγκόσμια σταθερά των αερίων (=8.314 J mole<sup>-1</sup> grad<sup>-1</sup>)

$M_{B_a}$ =μέσο μοριακό βάρος του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα (28.96 g mole<sup>-1</sup>)

$\bar{T}$ : μέση θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού στρώματος μεταξύ της στάθμης της θάλασσας και του σημείου της μέτρησης

$g$ : θερμοβαθμίδα του ατμοσφαιρικού στρώματος μεταξύ της στάθμης της θάλασσας και του σημείου της μέτρησης ( $\gamma = -6.5^\circ\text{C}/\text{km}$ )

σε Κ (όχι °C)

# ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Γνωρίζουμε τα διάφορα είδη βαρομέτρων που υπάρχουν στο Εργαστήριο.
- Παίρνουμε ανάγνωση της τιμής της ατμοσφαιρικής πίεσης με το βαρόμετρο Fortin και στη συνέχεια κάνουμε τις απαραίτητες αναγωγές/διορθώσεις για τη θερμοκρασία και το επίπεδο της θάλασσας. Για το σκοπό αυτό παίρνουμε επίσης μέτρηση της θερμοκρασίας.  
ΠΡΟΣΟΧΗ: Οι αναγωγές γίνονται με όλους τους τρόπους, δηλαδή τόσο με τους Πίνακες όσο και με τις σχέσεις, ενώ η αναγωγή στη μέση στάθμη της θάλασσας γίνεται τόσο με την Εξίσωση Laplace όσο και με το μοντέλο της ισόθερμης ατμόσφαιρας.
- Μετρούμε την τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης και της θερμοκρασίας στο ισόγειο και στην ταράτσα του Κτιρίου Φ2 και στη συνέχεια υπολογίζουμε (κατά προσέγγιση) το ύψος του κτιρίου με τη βοήθεια της σχέσης της ισόθερμης ατμόσφαιρας.

# ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

- Χρειάζονται:
- 1) Σφάλμα οργάνου =  $-0.1 \text{ mb}$
  - 2) Γεωγραφικό Πλάτος Εργαστηρίου,  $\varphi = 39^{\circ}40'$
  - 3) Υψόμετρο Εργαστηρίου,  $z = 520 \text{ m}$