



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 7

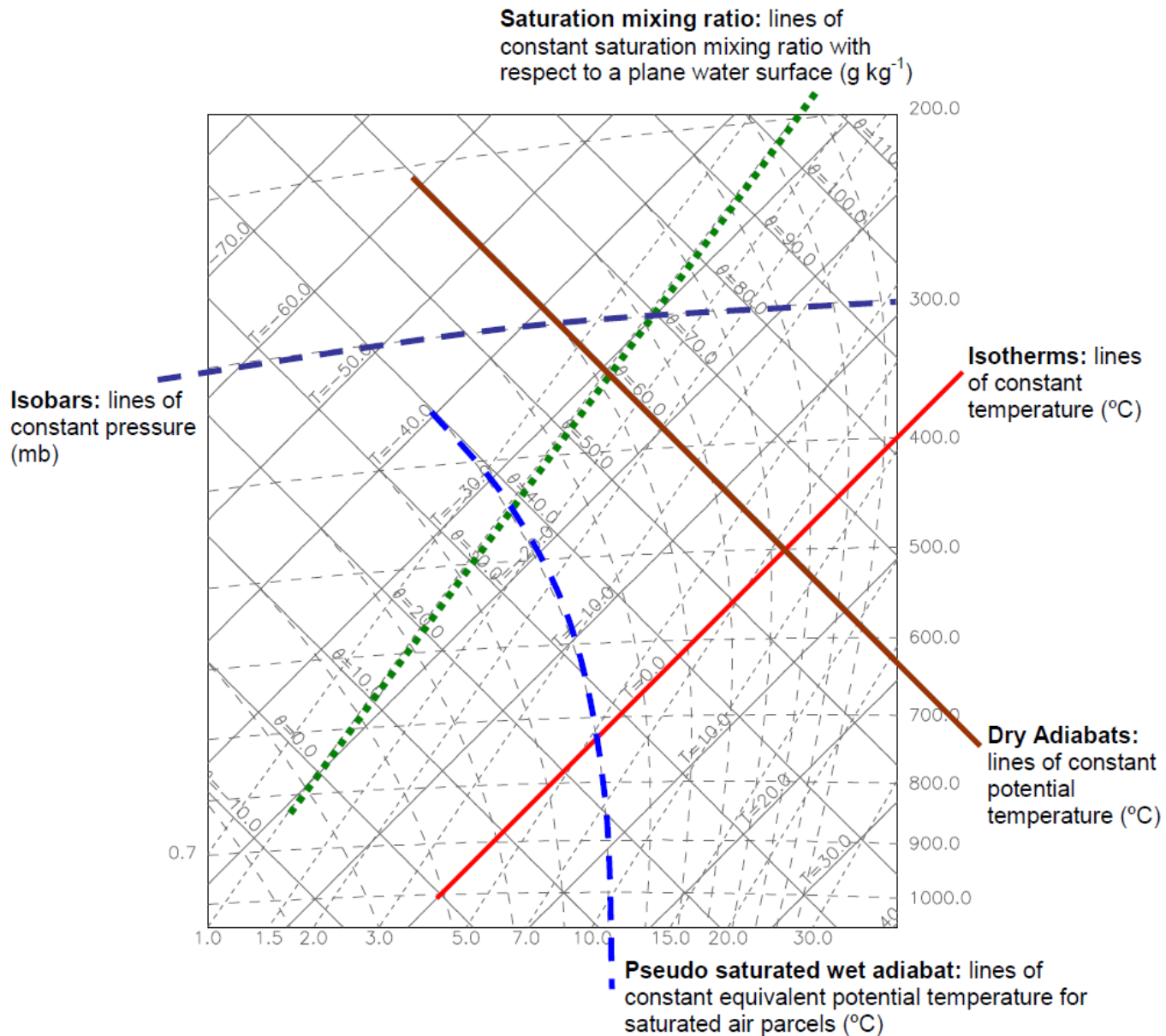
ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΝΤΑΝΤΟΥ
Ε.ΔΙ.Π. Τμήματος Φυσικής
antant@uoa.gr

ΑΘΗΝΑ, 2026

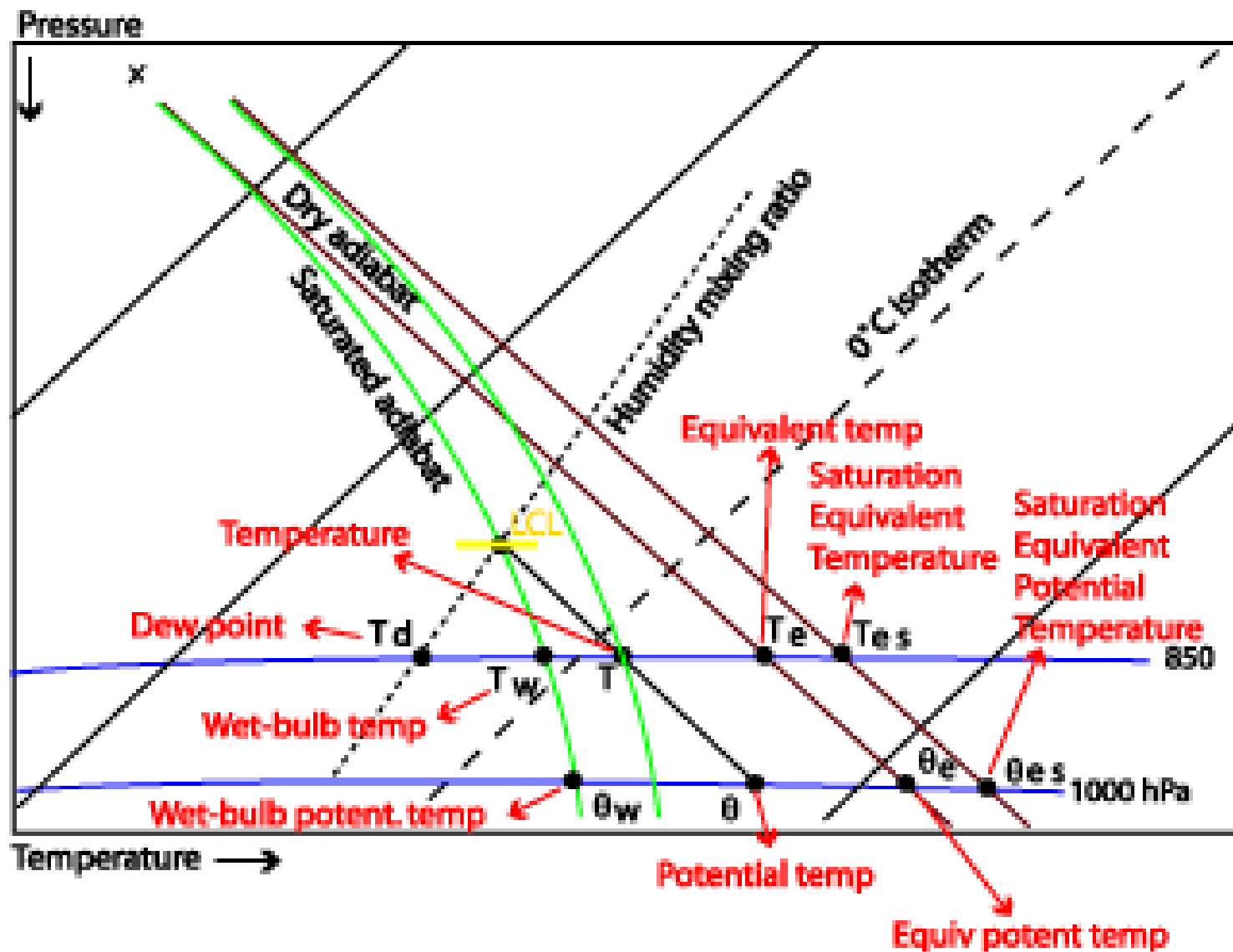
Κατακόρυφη Θερμοϋγρομετρική Δομή και Στατική της Ατμόσφαιρας

Θερμοδυναμικά Διαγράμματα

Τεφίγραμμα



Τεφίγραμμα



Αδιαβατικές Μεταβολές στην Ατμόσφαιρα

Άνοδος αέριας μάζας

Η πίεση της ατμόσφαιρας μικραίνει



Η αέρια μάζα διαστέλλεται



Καταναλώνει ενέργεια από την κινητική ενέργεια των μορίων της



Παράγει έργο σε βάρος της εσωτερικής της ενέργειας



Μειώνεται η θερμοκρασία της

Κάθοδος αέριας μάζας

Η πίεση της ατμόσφαιρας αυξάνει



Η αέρια μάζα συστέλλεται



Καταναλώνεται έργο που παράγεται από την ατμόσφαιρα



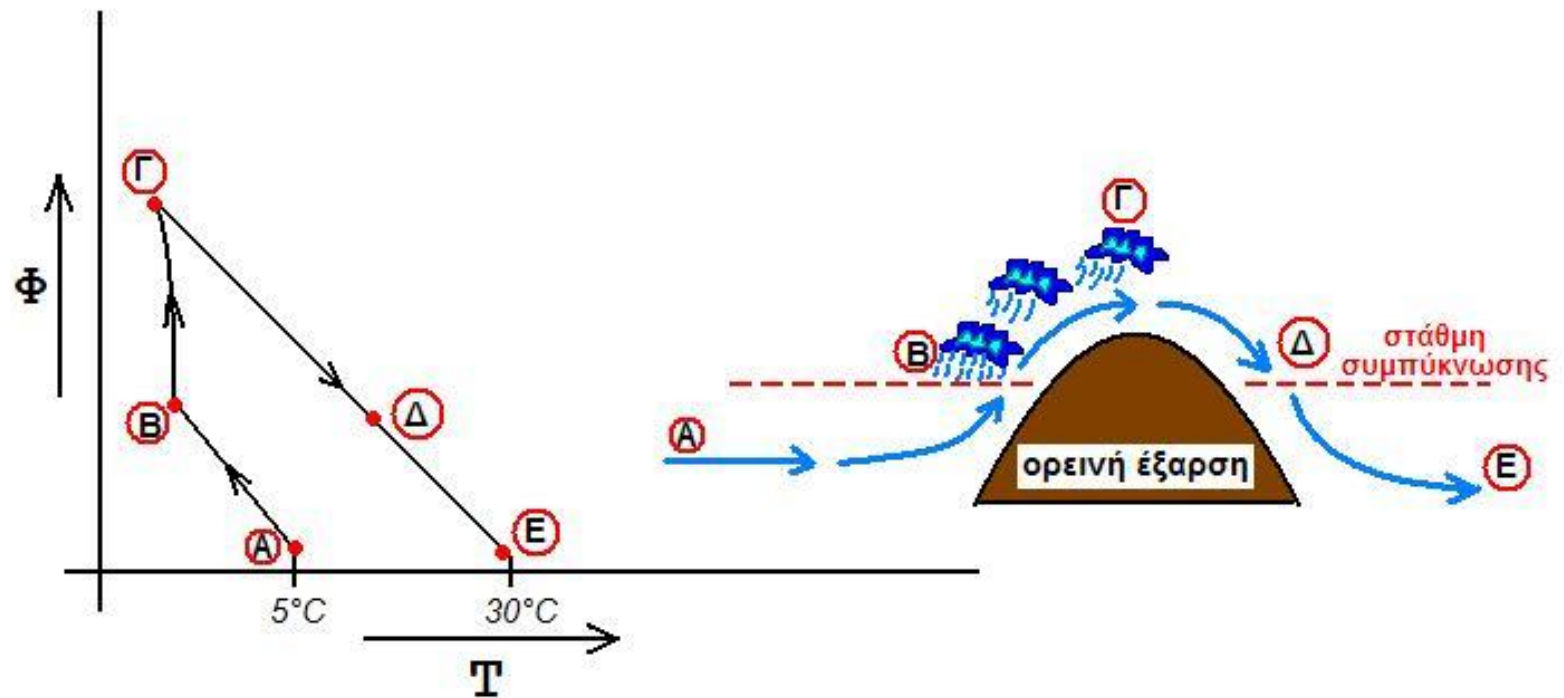
Αυξάνεται η εσωτερική της ενέργεια



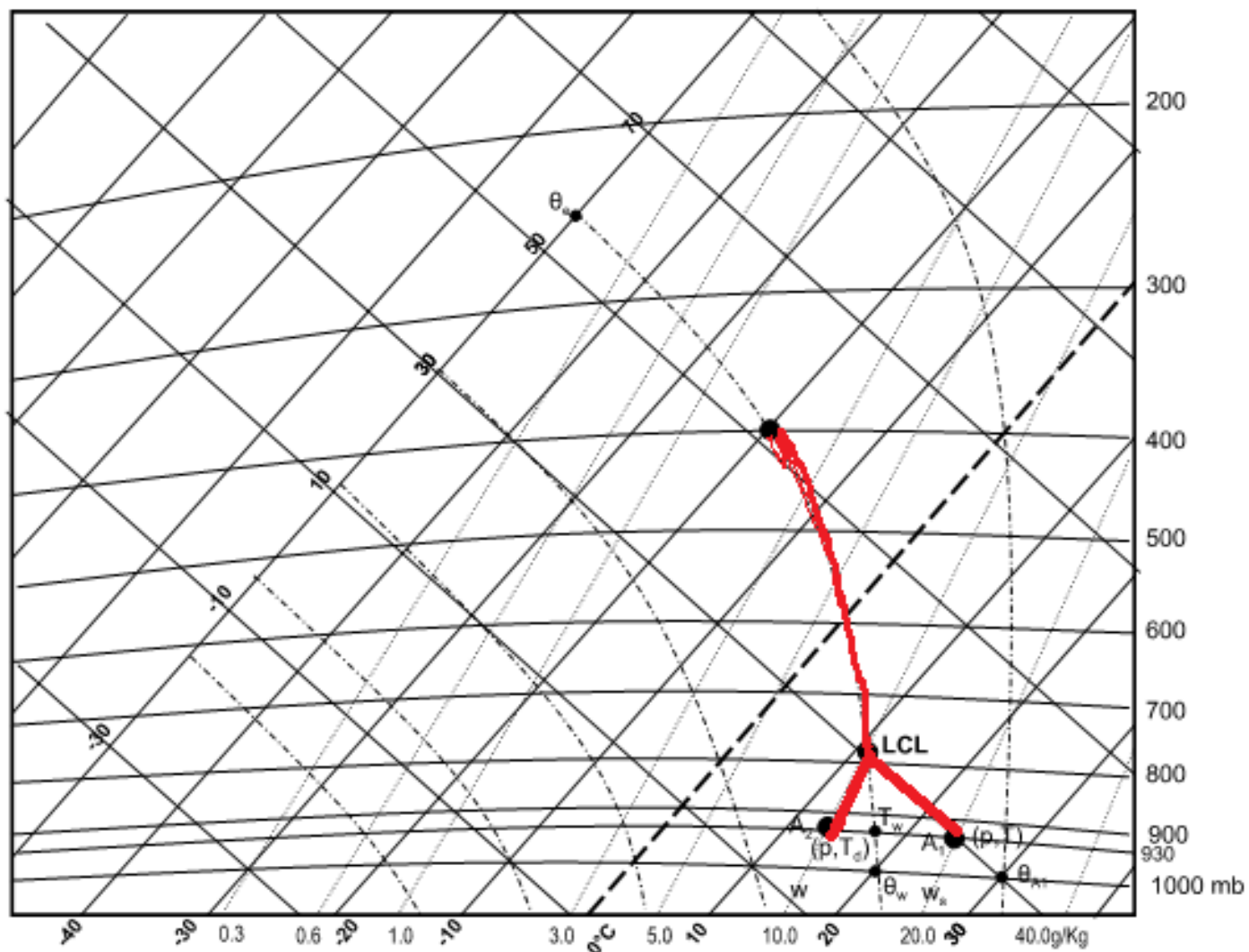
Αυξάνεται η θερμοκρασία της

Οι κατακόρυφες κινήσεις μαζών αέρα είναι αρκετά γρήγορες ώστε να μην γίνεται ανταλλαγή θερμότητας με ακτινοβολία ή μεταφορά μεταξύ της μάζας και του αέρα που την περιβάλλει, άρα θεωρούνται (σχεδόν) αδιαβατικές

Αδιαβατικές Μεταβολές στην Ατμόσφαιρα



Αδιαβατικές Μεταβολές στην Ατμόσφαιρα



Στατική της Ατμόσφαιρας

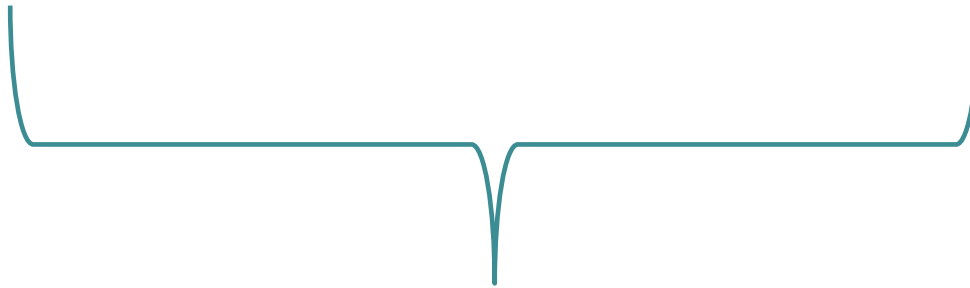
Στατική της Ατμόσφαιρας

Αφού συγκεντρωθούν στο σταθμό εδάφους τα στοιχεία της ραδιοβόλισης, χαράζεται στο Τεφίγραμμα η **κατακόρυφη θερμοϋγρομετρική δομή της ατμόσφαιρας**.



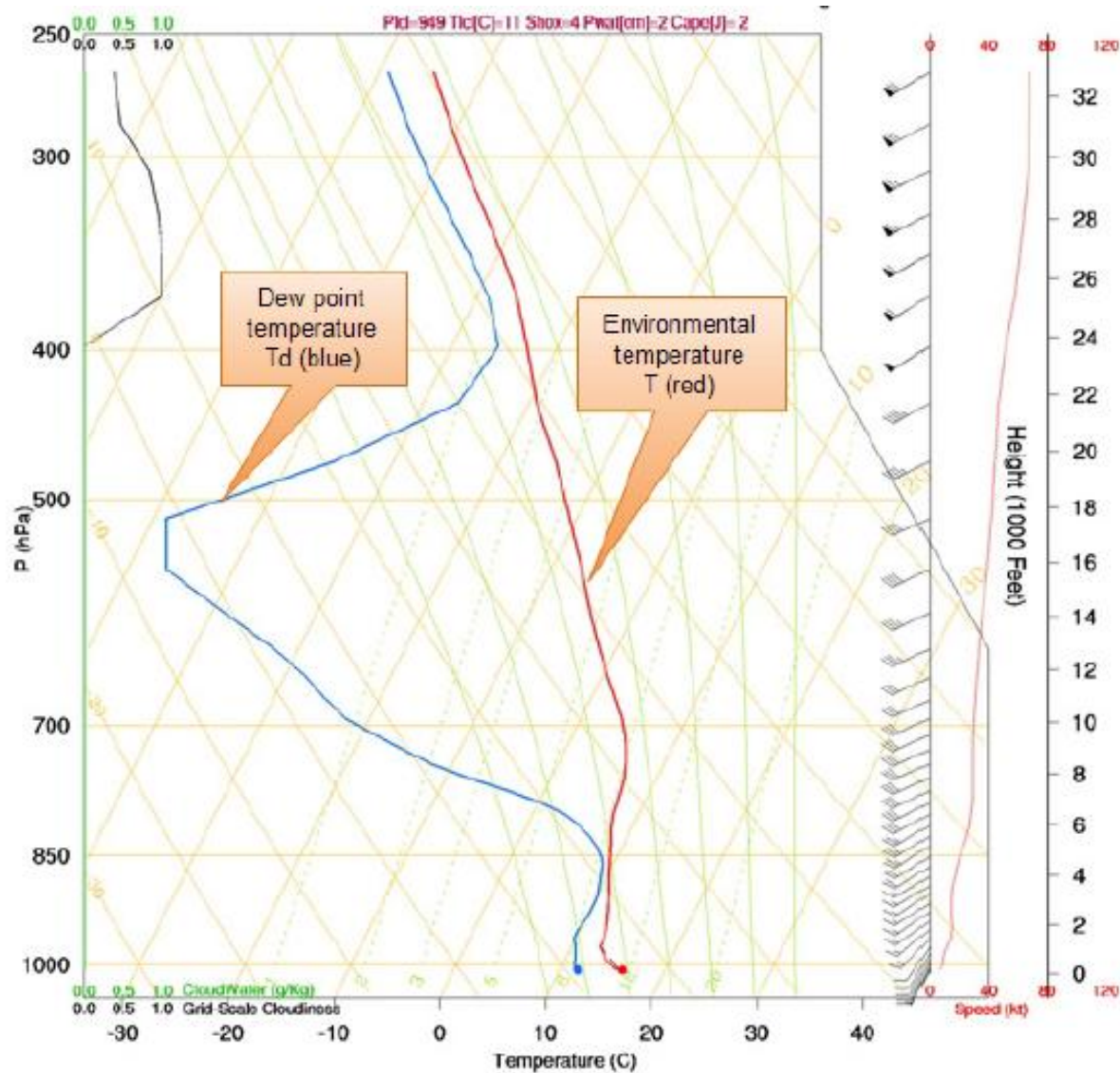
Η τεθλασμένη γραμμή που ενώνει τα προσδιορισμένα σημεία (p, T) απεικονίζει τη **μεταβολή της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας με το ύψος**

Η τεθλασμένη γραμμή που ενώνει τα αντίστοιχα σημεία (p, T_d) στα αντίστοιχα επίπεδα πίεσης απεικονίζει **την κατανομή της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε υδρατμούς**



Οι δύο τεθλασμένες γραμμές απεικονίζουν τη θερμοϋγρομετρική δομή της ατμόσφαιρας

Στατική της Ατμόσφαιρας

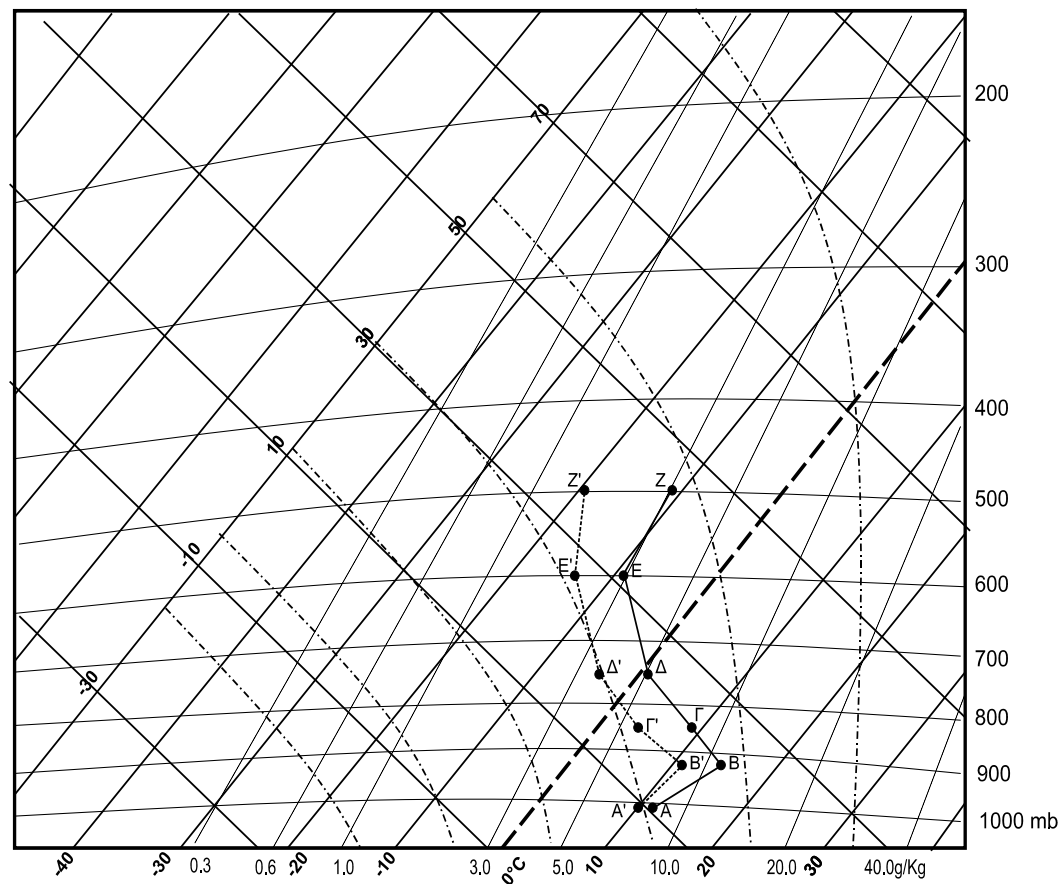


Στατική της Ατμόσφαιρας

Μετρήσεις ραδιοβόλισης

p (mb)	T (°C)	T _d (°C)
1010	11	10
930	14	11
850	9	4
750	1	-4
600	-9	-13
500	-11	-19

Ραδιοβόλιση στις 00:00GMT
(με συνθήκες νηνεμίας)

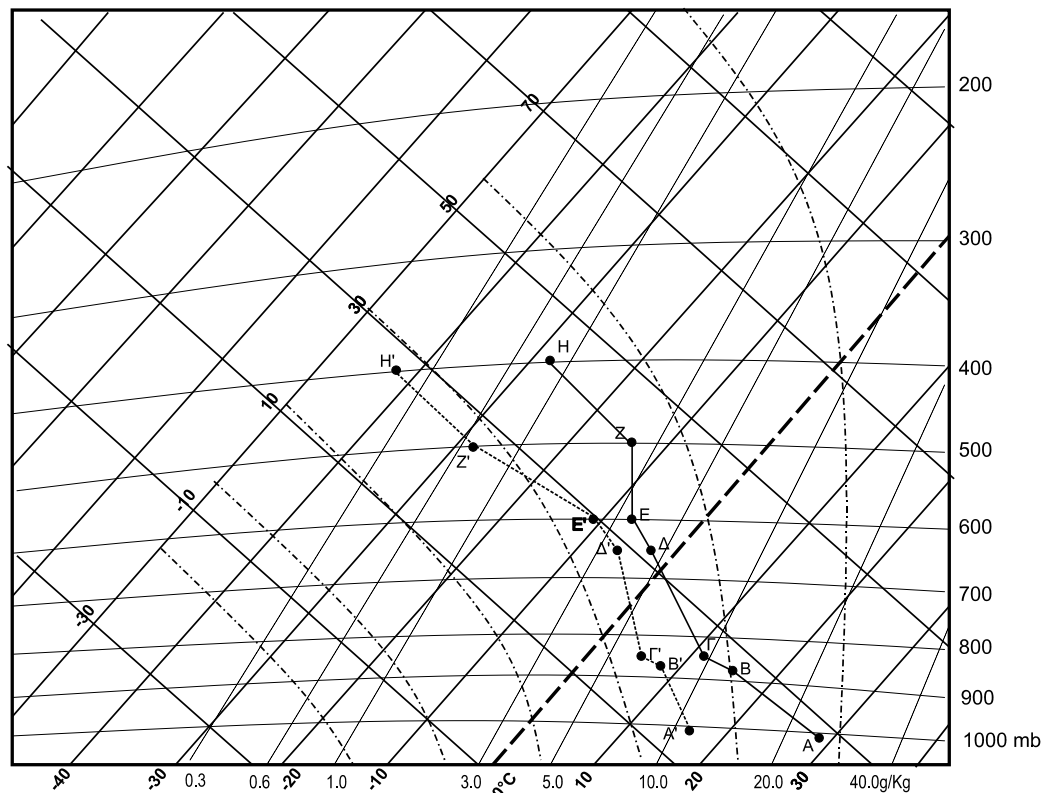


Στατική της Ατμόσφαιρας

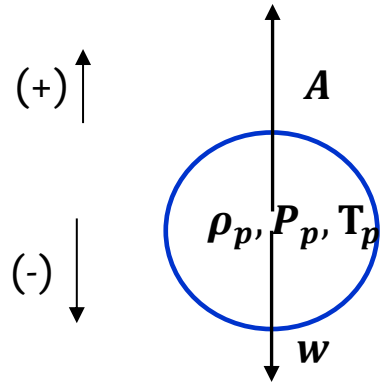
Μετρήσεις ραδιοβόλισης

p (mb)	T (°C)	T _d (°C)
1010	28	16
850	12	6
780	6	2
650	-3	-6.5
600	-7	-11
500	-14	-28
400	-28	-43

Ραδιοβόλιση στις 12:00GMT
(με συνθήκες έντονης αστάθειας)



Στατική της Ατμόσφαιρας



Περιβάλλον
 ρ_E, P_E, T_E

$$\Sigma F = m_p \alpha_p \Rightarrow \alpha_p = \frac{A - w}{m_p} = \frac{(\rho_E - \rho_p) g V_p}{\rho_p V_p}$$

$$\Rightarrow \alpha_p = \frac{(\rho_E - \rho_p) g}{\rho_p} \quad (1)$$

$$A = \rho_E g V_p$$

$$w = -\rho_p g V_p$$

Από καταστατική εξίσωση:

$$\left. \begin{aligned} \rho_p &= \frac{P_p}{RT_p} \\ \rho_E &= \frac{P_E}{RT_E} \end{aligned} \right\} \xrightarrow{P_E = P_p} \frac{\rho_p}{\rho_E} = \frac{\cancel{P_p}}{\cancel{RT_p}} = \frac{\cancel{P_E}}{\cancel{RT_E}} \Rightarrow \frac{\rho_p}{\rho_E} = \frac{T_E}{T_p} \quad (2)$$

Από (1) και (2):

$$\alpha_p = \frac{(T_p - T_E) g}{T_E}$$

$$T_p > T_E \Rightarrow \alpha_p > 0 \Rightarrow$$

Ανεβαίνει ↑

$$T_p < T_E \Rightarrow \alpha_p < 0 \Rightarrow$$

Κατεβαίνει ↓

Στατική της Ατμόσφαιρας

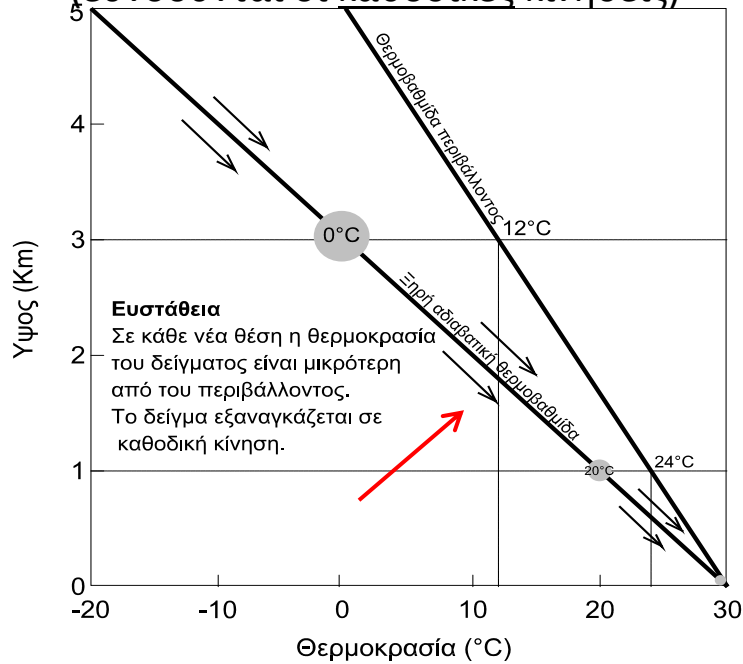
Στατική ευστάθεια της ατμόσφαιρας: οι συνθήκες ευστάθειας, ή αστάθειας της ατμόσφαιρας που βρίσκεται σε υδροστατική ισορροπία σε σχέση με τις κατακόρυφες κινήσεις

- Μια στοιχειώδης μάζα υγρού ακόρεστου αέρα που αναγκάζεται σε ανοδική κίνηση έχει σταθερό ρυθμό ψύξης ίσο με την **ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα (Γ_d)**
- Μια στοιχειώδης μάζα υγρού κορεσμένου αέρα που αναγκάζεται σε ανοδική κίνηση έχει σταθερό ρυθμό ψύξης ίσο με την **υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα (Γ_s)**

Στατική της Ατμόσφαιρας

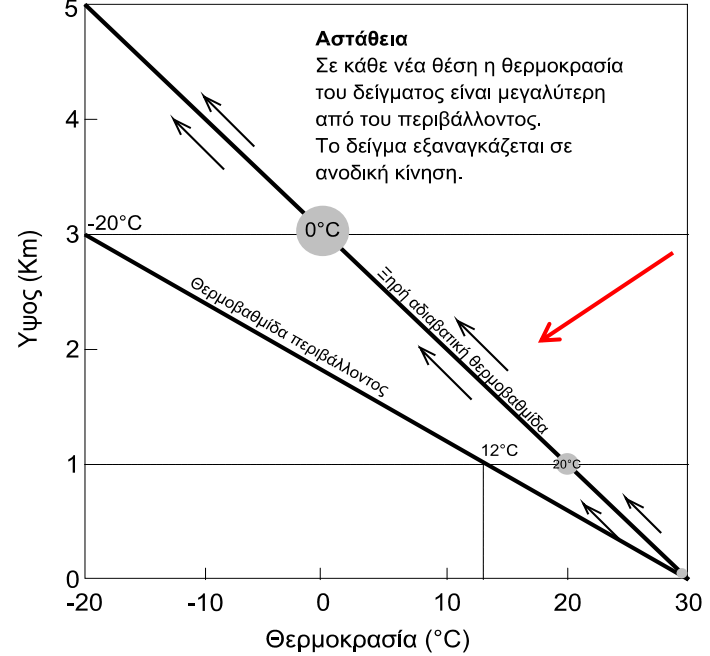
Ευστάθεια

(ευνοούνται οι καθοδικές κινήσεις)

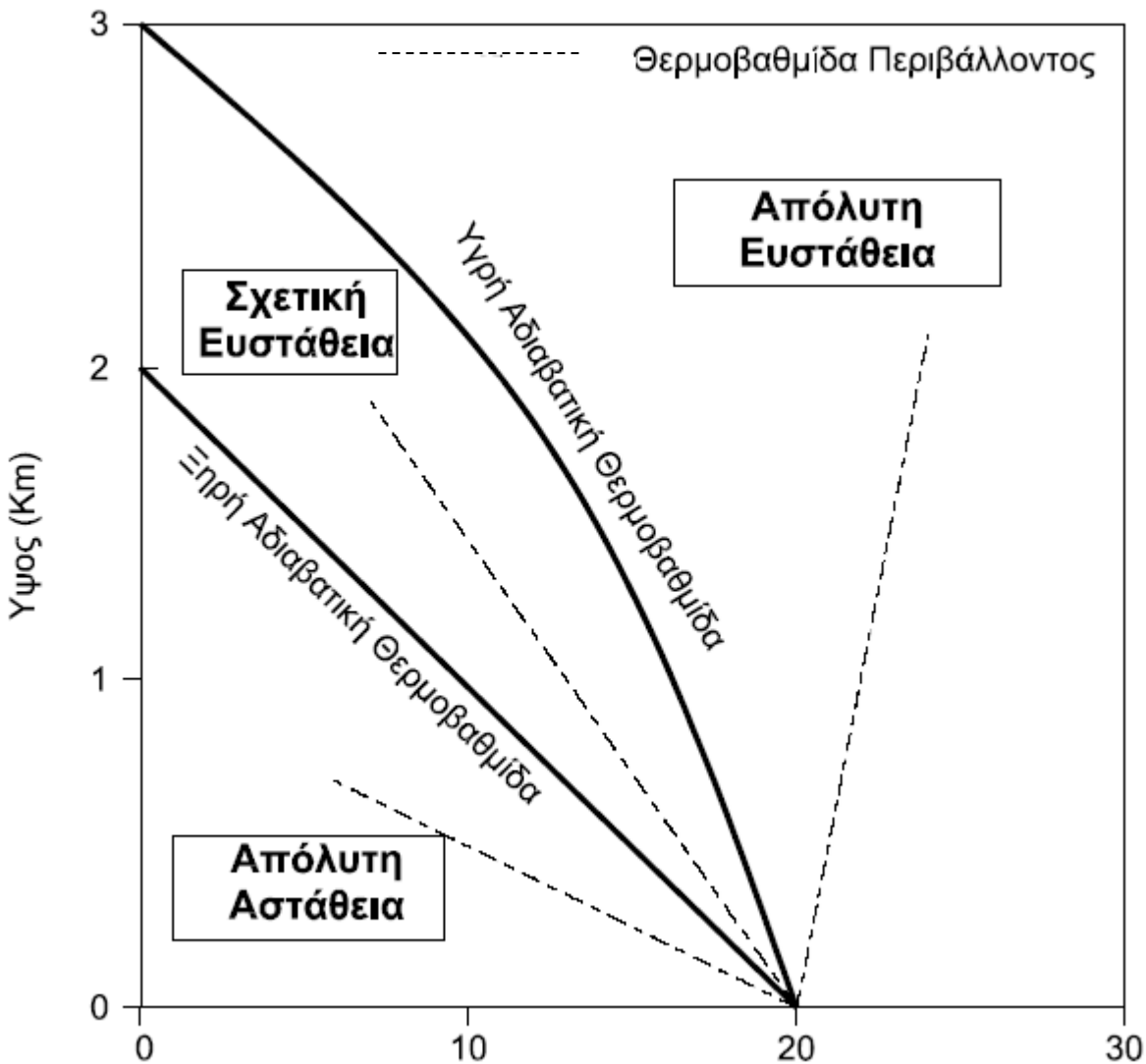


Αστάθεια

(ευνοούνται οι ανοδικές κινήσεις)



Στατική της Ατμόσφαιρας



$\Gamma < \Gamma_s < \Gamma_d$ Απόλυτη Ευστάθεια

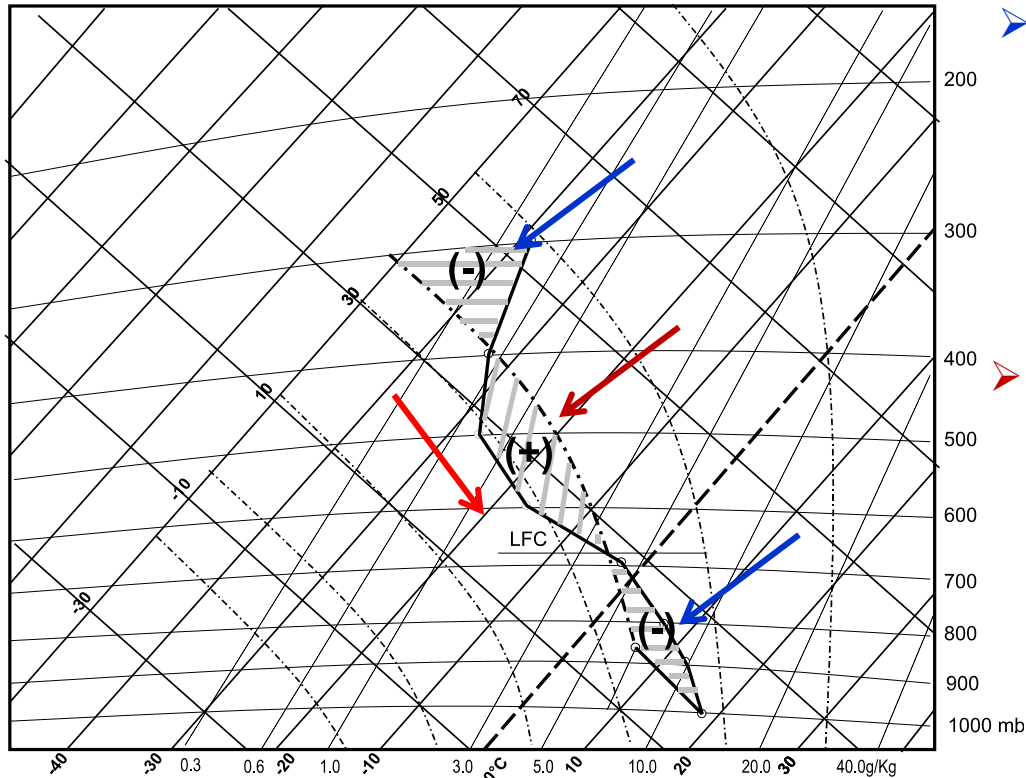
$\Gamma_s < \Gamma < \Gamma_d$ Σχετική Ευστάθεια

$\Gamma > \Gamma_s > \Gamma_d$ Απόλυτη Αστάθεια

$\Gamma = \Gamma_d$ ή $\Gamma = \Gamma_s$ Αδιάφορη Ισορροπία

Στατική της Ατμόσφαιρας

Η κατακόρυφη θερμοϋγρομετρική δομή της ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με την κατακόρυφη μετατόπιση μιας αέριας μάζας που εξαναγκάζεται σε ανοδική κίνηση από το έδαφος

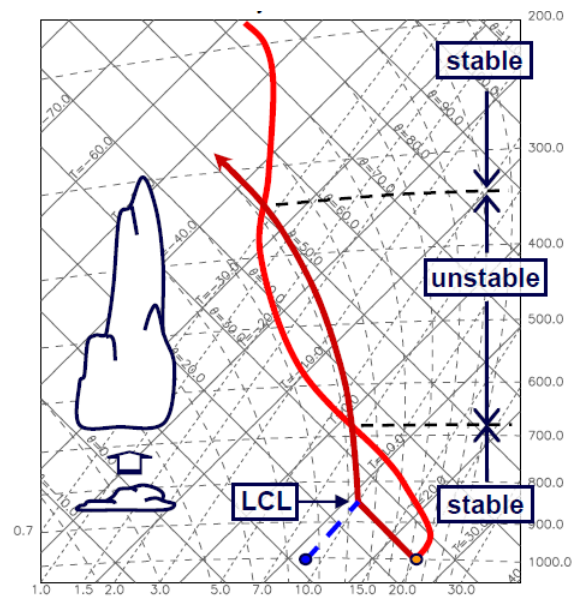
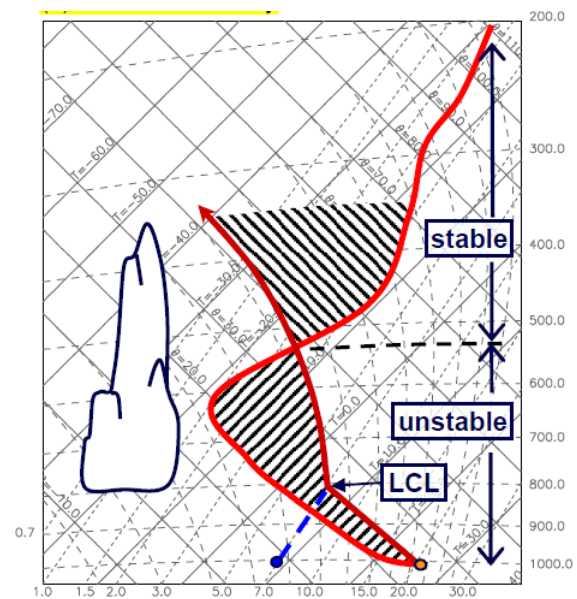
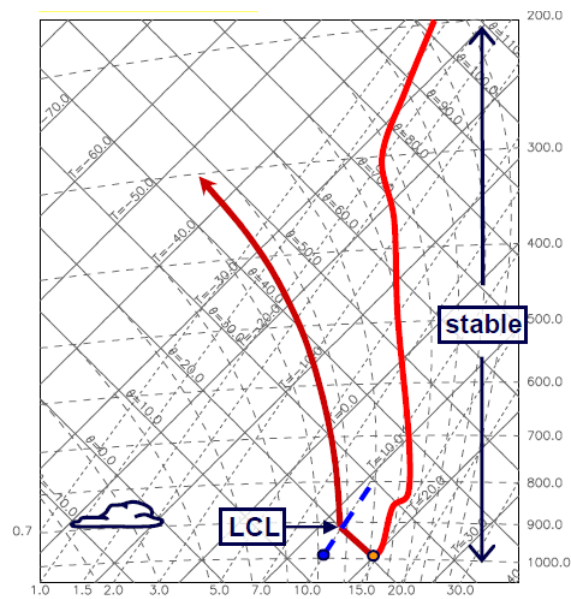


➤ Το εμβαδόν των περιοχών με (-) είναι ανάλογο με το έργο που πρέπει να δαπανηθεί ώστε να επιτευχθεί η άνοδος.

➤ Το εμβαδόν των περιοχών με (+) είναι ανάλογο με το έργο που παράγεται (μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια) κατά την ελεύθερη άνοδό της.

LFC (=Level of Free Convection), το επίπεδο πάνω από το οποίο ένα δείγμα αέρα ανεβαίνει πλέον αβίαστα λόγω της άνωσης (μεταπίπτει σε συνθήκες αστάθειας)

Στατική της Ατμόσφαιρας



Βιβλιογραφία

- Σημειώσεις εργαστηρίου Εισαγωγή στη Φυσική της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής , ΕΚΠΑ, 2026