



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **Ατμοσφαιρικές Συνθήκες & Ρύπανση**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και
Φυσικών Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Λέκτορας

του Τμήματος Διαχείρισης
Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

 afotiadi@upatras.gr

ΠΕΡΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ – ΑΣΤΑΘΕΙΑ

Ευσταθής Ισορροπία: το σώμα υφίσταται μια μικρή μεταβολή (π.χ. μετακίνηση) επανέρχεται όμως στην αρχική του θέση

Ασταθής Ισορροπία: το σώμα υφίσταται μια μικρή μεταβολή (π.χ. μετακίνηση) δεν επανέρχεται όμως στην αρχική του θέση, αντίθετα απομακρύνεται ακόμη περισσότερο από αυτή

Ουδέτερη Ισορροπία: το σώμα υφίσταται μια μικρή μεταβολή (π.χ. μετακίνηση) αλλά αυτή δεν επιφέρει περαιτέρω μεταβολή στη θέση του δηλ. ακινητοποιείται εκ νέου σ' αυτό το σημείο

Ευστάθεια: η κατάσταση της ατμόσφαιρας στην οποία δεν παρατηρούνται κατακόρυφες ανοδικές κινήσεις

✓ Συνθήκες ευστάθειας: συνδυάζονται με σχηματισμό ομίχλης, επεισοδίων ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εμφάνιση παγετού

Αστάθεια: η κατάσταση της ατμόσφαιρας στην οποία χαρακτηρίζεται από έντονες ανοδικές κινήσεις

✓ Συνθήκες αστάθειας: συνδυάζονται με ανάπτυξη νεφών, δημιουργία βροχής και άλλων μετεωρολογικών φαινομένων

ΟΙ «ΠΑΙΚΤΕΣ» ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

- Η ατμόσφαιρα είναι ένα αέριο ρευστό. Η συμπεριφορά της περιγράφεται ικανοποιητικά από τον νόμο των τελείων αερίων

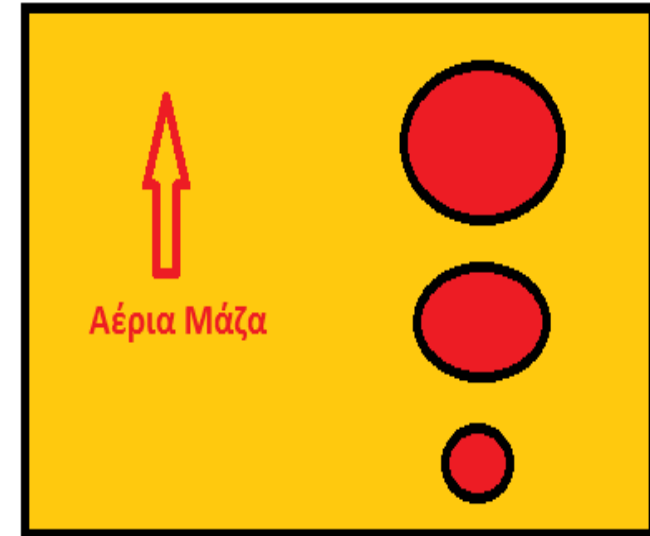
$$P V = n R T \quad \text{ή} \quad P \sim \rho T$$

- Τρεις (3) είναι οι 'παίκτες'-παράγοντες που καθορίζουν και περιγράφουν τη συμπεριφορά της ατμόσφαιρας
- **Πίεση:** αν μία μάζα αέρα έχει στο εσωτερικό της πίεση μεγαλύτερη από αυτή του περιβάλλοντος της θα **εκτονωθεί** και αντίστροφα, αν είναι μικρότερη θα **συμπιεστεί**
- **Πυκνότητα:** μεταβάλεται αντίστροφα του όγκου ($\sim 1 / V$)
- **Θερμοκρασία:** οι θερμότερες μάζες αέρα ψύχονται
- **Υγρασία:** σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία:

Αν δύο αεριες μάζες βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο πίεσης, τότε η θερμότερη είναι η λιγότερο πυκνή

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ (ΑΝΟΔΙΚΕΣ/ΚΑΘΟΔΙΚΕΣ) ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

- Η ατμόσφαιρα είναι ένα ρευστό το οποίο παρουσιάζει ασυνέχειες δηλ. αέριες μάζες πραγματοποιούν ανοδικές και καθοδικές κινήσεις
- Μια αέρια μάζα **ανέρχεται** μέσα στην ατμόσφαιρα αν είναι **λιγότερο πυκνή** από τον **περιβάλλοντα αέρα**
- Καθώς ανέρχεται συναντά όλο και λιγότερο πυκνό αέρα αλλά ταυτόχρονα και η ίδια καθίσταται λιγότερο πυκνή
- Αν σταματήσει να ανέρχεται καθίσταται ευσταθής. Αν σταματήσει να ανέρχεται είναι ασταθής



ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΕΣ (ΑΝΟΔΙΚΕΣ/ΚΑΘΟΔΙΚΕΣ) ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

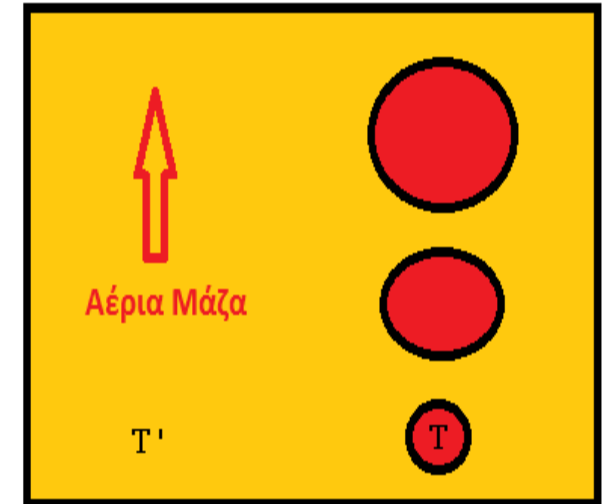
Αν $T > T'$ \Rightarrow η αέρια μάζα **ανέρχεται** γιατί είναι λιγότερο πυκνή από τον περιβάλλοντα αέρα

Αν $T = T'$ \Rightarrow η αέρια μάζα **παραμένει στάσιμη** στην ίδια θέση

Αν $T < T'$ \Rightarrow η αέρια μάζα **κατέρχεται** γιατί είναι περισσότερο πυκνή από τον περιβάλλοντα αέρα



Για να καθορίσουμε τις συνθήκες ευστάθειας ή αστάθειας θα πρέπει να γνωρίζουμε το κατακόρυφο προφίλ της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας αλλά και της αέριας μάζας που κινείται κατακόρυφα



ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

- **Αδιαβατική μεταβολή:** η μεταβολή που υφίσταται ένα αέριο σώμα χωρίς να ανταλλάξει θερμότητα με το περιβάλλον του δηλ. χωρίς να προσθέτουμε ή να αφαιρούμε θερμότητα από αυτό

$$P \cdot V^\gamma = \text{σταθερό}$$

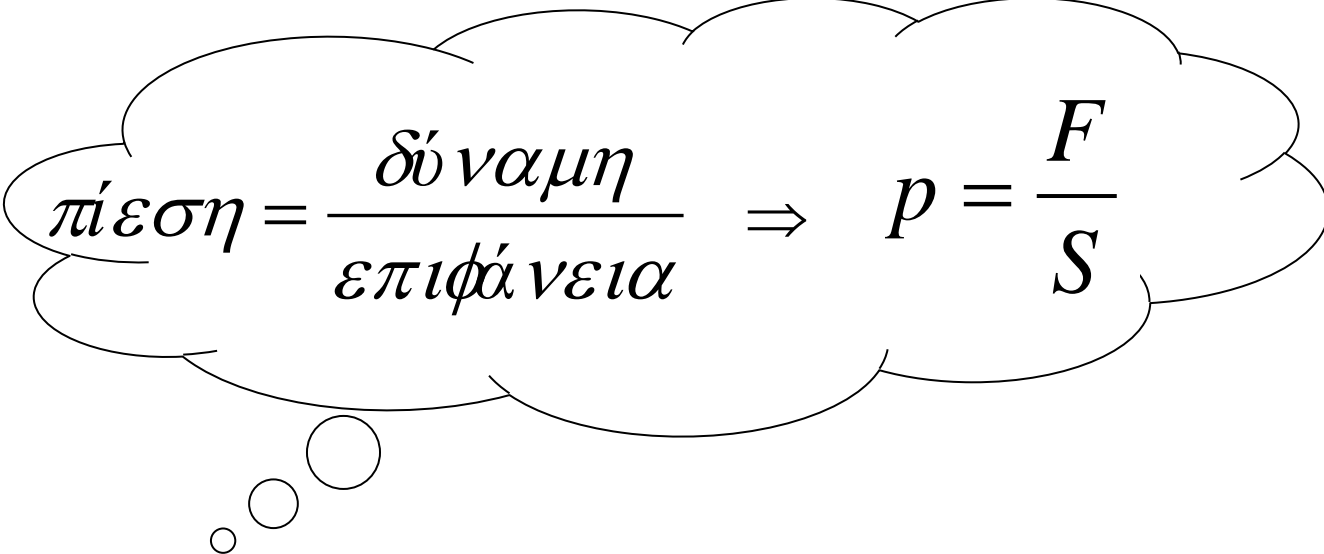
για το αέρα, $\gamma = 1.4$

- **Στην αδιαβατική μεταβολή:** η θερμοκρασία μιας αέριας μάζας μεταβάλλεται λόγω της εκτόνωσης ή της συμπίεσής του αφού δεν προστίθεται ούτε αφαιρείται θερμότητα από αυτή
- **Στην ατμόσφαιρα:** περίπτωση αδιαβατικής μεταβολής συνιστούν οι ανοδικές και καθοδικές κινήσεις των αερίων μαζών όταν αυτές γίνονται αρκετά γρήγορα ώστε να μην προφτάσει μια αέρια μάζα να ανταλλάξει θερμότητα με τον περιβάλλοντα αέρα

ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ – ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΣΕ ΜΙΑ ΑΕΡΙΑ ΜΑΖΑ ΠΟΥ ΑΝΕΡΧΕΤΑΙ

Έστω μια αέρια μάζα βρίσκεται στη στάθμη των 1000 mb (δηλ. στην επιφάνεια). Τότε ασκείται σε αυτή από την ατμόσφαιρα πίεση = 1000 mb

Και αέρια μάζα ασκεί με τη σειρά της προς τον περιβάλλοντα χώρο πίεση=1000 mb για να αντισταθμίσει την πίεση που δέχεται


$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη}}{\text{επιφάνεια}} \Rightarrow p = \frac{F}{S}$$

Αν η αέρια μάζα δεν δέχεται αλλά ούτε και αφαιρείται ενέργεια από αυτή, τότε η δύναμη που ασκούν τα μόρια της προς το περιβάλλον θα παραμένει σταθερή δηλ.

$$\text{δύναμη} = \text{πίεση} \times \text{επιφάνεια} = \text{σταθερή}$$

ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ – ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΣΕ ΜΙΑ ΑΕΡΙΑ ΜΑΖΑ ΠΟΥ ΑΝΕΡΧΕΤΑΙ

Έστω ότι η αέρια μάζα ανέρχεται αδιαβατικά στη στάθμη των 500 mb

$$\text{δύναμη} = \text{πίεση} \times \text{επιφάνεια} = \text{σταθερή}$$

Αφού η **πίεση μειώθηκε** κατά την άνοδο της αέριας μάζας, για να **παραμείνει η δύναμη σταθερή** θα πρέπει να **αυξηθεί ο όγκος** ώστε να αυξηθεί και η επιφάνεια της αέριας μάζας \Rightarrow **η αέρια μάζα εκτονώνεται**

Για να πραγματοποιηθεί η εκτόνωση της αέριας μάζας καταναλώνεται κάποιο ποσό από την εσωτερική της ενέργεια με αποτέλεσμα αυτή να **ψύχεται** αφού η θερμοκρασία ενός σώματος είναι ανάλογη της εσωτερικής μοριακής του ενέργειας

ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ – ΤΙ ΣΥΜΒΑΙΝΕΙ ΣΕ ΜΙΑ ΑΕΡΙΑ ΜΑΖΑ ΠΟΥ ΚΑΤΕΡΧΕΤΑΙ

Έστω ότι η αέρια μάζα βρίσκεται σ' ένα ορισμένο ύψος στην ατμόσφαιρα στη στάθμη των 500 mb και κατέρχεται αδιαβατικά στη στάθμη των 1000 mb στην επιφάνεια

Στη νέα της θέση ασκείται σε αυτή μεγαλύτερη πίεση με αποτέλεσμα αυτή να **συμπιέζεται**

Καθώς αυτή συμπιέζεται κερδίζει εσωτερικά ενέργεια με αποτέλεσμα να **αυξάνει η θερμοκρασία** της και να **θερμαίνεται**

Όταν μία αέρια μάζα **ανέρχεται αδιαβατικά** μέσα στην ατμόσφαιρα **εκτονώνεται** και **ψύχεται**

Όταν μία αέρια μάζα **κατέρχεται αδιαβατικά** μέσα στην ατμόσφαιρα **συμπιέζεται** και **θερμαίνεται**

ΚΑΤΑΚΟΤΥΦΗ ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ (Γ)

Η θερμοκρασία μειώνεται με το ύψος στην Τροπόσφαιρα

Κατακόρυφη θερμοβαθμίδα (Γ): εκφράζει το ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας με το ύψος και ορίζεται ως η ελάττωση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα ανά μονάδα ύψους. Εκφράζεται σε °C/100 m ή °C/1 km

$$\Gamma = -\frac{dT}{dz} = -\frac{0.65^{\circ}C}{100m}$$

Στην Τροπόσφαιρα η τιμή του Γ κατά μέσο όρο είναι:

0.65°C / 100 m ή **6.5°C / 1 km**

Προσοχή:

Γ = παριστάνει τη θερμοκρασία διαφορετικών στοιχείων του αέρα στην ίδια χρονική στιγμή και πάνω στην ίδια κατακόρυφο ενός τόπου

ΞΗΡΑ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ (Γ_d)

Ξηρά Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα (Γ_d), dry adiabatic lapse rate: εκφράζει το ρυθμό αδιαβατικής ψύξης μιας ακόρεστης αέριας μάζας η οποία ανέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα. Ο ρυθμός αυτός είναι σταθερός και ισούται με **0.98°C / 100 m**

$$\Gamma_d = -\frac{dT}{dz} = -\frac{0.98^\circ C}{100m}$$

Προσοχή:

Γ_d = παριστάνει τη θερμοκρασία μιας μάζας αέρα, σε διαφορετικές στιγμές, καθώς αυτή αλλάζει ύψος

$$\Gamma_d = -\frac{dT}{dz} = -\frac{T - T_o}{dz} = \frac{T_o - T}{dz} \Rightarrow T_o - T = \Gamma_d \cdot dz \Rightarrow T = T_o - \Gamma_d \cdot dz$$

- ✓ T_o , η θερμοκρασία της αέριας μάζας στην αρχική της θέση
- ✓ T , η τελική θερμοκρασία της αέριας μάζας σε ύψος z
- ✓ dz , η κατακόρυφη απόσταση την οποία έχει διανύσει

ΞΗΡΑ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ (Γ_d)

Για μία ακόρεστη αέρια μάζα που κατέρχεται η ξηρά Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα (Γ_d) ισούται με:

$$\Gamma_d = + \frac{0.98^\circ C}{100m} \quad \Rightarrow \quad T = T_o + \Gamma_d \cdot dz$$

Παράδειγμα:

Έστω μια ακόρεστη αέρια μάζα που βρίσκεται στην επιφάνεια της Γης και ανέρχεται

- $T_o = 10^\circ C$, η θερμοκρασία της αέριας μάζας στην αρχική της θέση
- $T_o' = 10^\circ C$, η τελική θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα
- $dz = 1000 m$, η κατακόρυφη απόσταση την οποία διανύει η αέρια μάζα
- $T = ;$ $T' = ;$

$$T = T_o - \Gamma_d \cdot dz \Rightarrow T = 10^\circ C - \frac{0.98^\circ C}{100m} 1000m = 10^\circ C - 9.8^\circ C = 0.2^\circ C$$

$$T' = T_o' - \Gamma \cdot dz \Rightarrow T' = 10^\circ C - \frac{0.65^\circ C}{100m} 1000m = 10^\circ C - 6.5^\circ C = 3.5^\circ C$$

ΥΓΡΑ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ (Γ_s)

Υγρά Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα (Γ_s), *saturated adiabatic lapse rate*: εκφράζει το ρυθμό αδιαβατικής ψύξης μιας κορεσμένης αέριας μάζας η οποία ανέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα.

Η τιμή της δεν είναι σταθερή όπως αυτή της ξηράς αδιαβατικής θερμοβαθμίδας αλλά μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Για το λόγο αυτό η γραφική παράσταση που την παριστάνει είναι καμπύλη και όχι ευθεία όπως της ξηράς αδιαβατικής θερμοβαθμίδας

Η τιμή της είναι μικρότερη από αυτή της ξηράς αδιαβατικής θερμοβαθμίδας και αυτό γιατί: κατά την συμπύκνωση των υδρατμών που συμβαίνει όταν η αέρια μάζα καθίσταται κορεσμένη απελευθερώνεται λανθάνουσα θερμότητα η οποία αντισταθμίζει ως ένα βαθμό την αδιαβατική ψύξη

ΣΤΑΘΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ (LCL, LIFTING CONDENSATION LEVEL)

Στάθμη Συμπύκνωσης (LCL, Lifting Condensation Level): το ύψος στο οποίο μια ακόρεστη αέρια μάζα που ανέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα καθίσταται κορεσμένη

Κατά την άνοδο μιας ακόρεστης αέριας μάζας μέσα στην ατμόσφαιρα η θερμοκρασία της μειώνεται σύμφωνα με την ξηρά αδιαβατική θερμοβαθμίδα. Με την πτώση της θερμοκρασίας μειώνεται και η ικανότητα της να συγκρατεί υδρατμούς, η σχετική της υγρασία αυξάνεται και όταν η θερμοκρασία γίνει ίση με τη θερμοκρασία δρόσου (T_d) η αέρια μάζα καθίσταται κορεσμένη ($RH=100\%$)

Στη Στάθμη Συμπύκνωσης βρίσκεται η βάση των νεφών

ΣΤΑΘΜΗ ΣΥΜΠΥΚΝΩΣΗΣ – Ο ΑΝΕΜΟΣ FOEHN Η ΛΙΒΑΣ

Μια αέρια μάζα που ανέρχεται ακολουθεί αρχικά την ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα μέχρι η θερμοκρασία της να γίνει ίση με τη θερμοκρασία δρόσου (T_d)

Σ' αυτό το σημείο έχει φτάσει στη Στάθμη Συμπύκνωσης και θα σχηματιστεί η βάση του νέφους

Από αυτό το ύψος και έπειτα η αέρια μάζα θα ακολουθήσει την υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα μέχρι την κορυφή του βουνού αποβάλλοντας μέρος των υδρατμών με τη μορφή υετού (βροχή, χιόνι, χαλάζι)

Η μετέπειτα πορεία της αέριας μάζας εξαρτάται από τα ποσά υδρατμών που έχει αποβάλλει η αέρια μάζα

Θεωρώντας ότι η μεγαλύτερη ποσότητα των υδρατμών έχει εγκαταλείψει την αέρια μάζα, αυτή έχει γίνει εκ νέου ακόρεστη. Έτσι, κατά την κάθοδό της στην υπήνεμη πλευρά του βουνού θα ακολουθήσει την ξηρά αδιαβατική θερμοβαθμίδα

Φτάνοντας ξανά στο έδαφος θα έχει αποκτήσει θερμοκρασία T_1 μεγαλύτερη από την αρχική της T_0 ($T_1 > T_0$)

Κατά την κίνησή της αυτή η αέρια μάζα φτάνει στην άλλη πλευρά του βουνού πιο ξηρή και πιο θερμή

Ο θερμός ξηρός αέρας που πνέει στις υπήνεμες πλευρές των βουνών ονομάζεται **άνεμος Foehn ή Λίβας**

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ & ΑΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΥ ΞΗΡΟΥ ΑΕΡΑ

Αν $T > T' \Rightarrow$ η αέρια μάζα ανέρχεται γιατί είναι λιγότερο πυκνή από τον περιβάλλοντα αέρα. Τότε η κλίση της θερμοβαθμίδα της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη από αυτή της ξηράς αδιαβατικής θερμοβαθμίδας της αέριας μάζας και αντιστοιχεί σε συνθήκες **αστάθειας**

$$\Gamma > \Gamma_d$$

Αν $T = T' \Rightarrow$ η αέρια μάζα θα πάψει να μετακινείται και παραμένει στο ύψος που έφτασε. Η κατάσταση αυτή αντιστοιχεί σε **ουδέτερη ισορροπία**. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμοβαθμίδα του περιβάλλοντος ταυτίζεται με την ξηράς αδιαβατική θερμοβαθμίδα της αέριας μάζας

$$\Gamma = \Gamma_d$$

Αν $T < T' \Rightarrow$ η αέρια μάζα κατέρχεται γιατί είναι περισσότερο πυκνή από τον περιβάλλοντα αέρα. Τότε η κλίση της θερμοβαθμίδα της ατμόσφαιρας είναι μικρότερη από αυτή της ξηράς αδιαβατικής θερμοβαθμίδας της αέριας μάζας και αντιστοιχεί σε συνθήκες **ευσταθούς ισορροπίας**

$$\Gamma < \Gamma_d$$

ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ & ΑΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ ΑΕΡΑ

Αν $T > T'$ \Rightarrow η υγρή αέρια μάζα συνεχίζει να ανέρχεται. Σ' αυτή την περίπτωση η κλίση της θερμοβαθμίδας της ατμόσφαιρας είναι μεγαλύτερη από αυτή της υγρής αδιαβατικής θερμοβαθμίδας της αέριας μάζας και αντιστοιχεί σε συνθήκες **ασταθούς ισορροπίας**

$$\Gamma > \Gamma_s$$

Αν $T < T'$ \Rightarrow η αέρια μάζα τείνει να επανέλθει στην αρχική της θέση. Τότε, η κλίση της θερμοβαθμίδα της ατμόσφαιρας είναι μικρότερη από αυτή της υγρής αδιαβατική θερμοβαθμίδας της αέριας μάζας και αντιστοιχεί σε συνθήκες **ευσταθούς ισορροπίας**

$$\Gamma < \Gamma_s$$

Αν $T = T'$ \Rightarrow **ουδέτερη ισορροπία**. Σ' αυτή την περίπτωση η θερμοβαθμίδα του περιβάλλοντος ταυτίζεται με την υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα της αέριας μάζας

$$\Gamma = \Gamma_s$$

Συνθήκες ισορροπίας στην Ατμόσφαιρα στην περίπτωση που εμφανίζεται συμπύκνωση υδρατμών στην μετακινούμενη αέρια μάζα

Συνήθως κατά τη διάρκεια ανόδου μιας αέριας μάζας, στην αρχή αυτή είναι ακόρεστη και ακολουθεί την ξηρά αδιαβατική θερμοβαθμίδα. Παρατηρείται συμπύκνωση των υδρατμών όταν φτάσει τη στάθμη συμπύκνωσης (LCL). Πάνω από αυτή τη στάθμη η αέρια μάζα ακολουθεί την υγρή θερμοβαθμίδα

Αν $\Gamma > \Gamma_d > \Gamma_s \Rightarrow$ η ανερχόμενη αέρια μάζα είναι πάντοτε θερμότερη του περιβάλλοντος αέρα και η ατμόσφαιρα χαρακτηρίζεται από **απόλυτη αστάθεια**

Αναπτύσσεται νέφος κατακόρυφης ανάπτυξης πάνω από τη στάθμη συμπύκνωσης χωρίς να απαιτείται ύπαρξη εξωτερικού αιτίου π.χ. Βουνό ή μέτωπο

Αν $\Gamma_d > \Gamma_s > \Gamma \Rightarrow$ η ανερχόμενη αέρια μάζα είναι πάντοτε ψυχρότερη του περιβάλλοντος αέρα και η ατμόσφαιρα χαρακτηρίζεται από **απόλυτη ευστάθεια**

Συνθήκες ισορροπίας στην Ατμόσφαιρα στην περίπτωση που εμφανίζεται συμπύκνωση υδρατμών στην μετακινούμενη αέρια μάζα

Αν $\Gamma > \Gamma_s$ και $\Gamma < \Gamma_d$ (η συνηθέστερη περίπτωση) \Rightarrow αρχικά, η ανερχόμενη αέρια μάζα είναι πάντοτε ψυχρότερη του περιβάλλοντος αέρα ακολουθώντας αρχικά την ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα και την υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα μέχρι το σημείο τομής B της υγρής αδιαβατικής θερμοβαθμίδας με τη θερμοβαθμίδα περιβάλλοντος

Μέχρι το B έχουμε ευσταθή ισορροπία

Ακολούθως η αέρια μάζα γίνεται θερμότερη του περιβάλλοντος οπότε από το σημείο B και πάνω επικρατεί ασταθής ισορροπία

Από το σημείο B και πάνω η αέρια μάζα ανέρχεται μόνη της λόγω της αστάθειας που επικρατεί σχηματίζοντας νέφη μεγάλης κατακόρυφης ανάπτυξης

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Η θερμοκρασία μειώνεται με το ύψος στην Τροπόσφαιρα σύμφωνα με τον ρυθμό που ορίζει η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα:

Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως το κατακόρυφο προφίλ της θερμοκρασίας μπορεί να αντιστραφεί και η **θερμοκρασία να αυξάνει με το ύψος**. Το φαινόμενο αυτό καλείται αναστροφή της θερμοκρασίας (**temperature inversion**)

$$\Gamma = -\frac{dT}{dz} = -\frac{0.65^{\circ}C}{100m}$$

Το στρώμα μέσα στο οποίο εμφανίζεται η αναστροφή καλείται **στρώμα αναστροφής**

Το ύψος της βάσης του στρώματος αυτού λέγεται **ύψος της αναστροφής**

Το πάχος του στρώματος λέγεται **βάθος της αναστροφής**

$$\Gamma = -\frac{dT}{dz} > 0$$

$$\text{Ένταση Αναστροφής} = -\partial T / \partial z \quad \times \text{πάχος στρώματος}$$

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Είδη Αναστροφής

- ◆ Αναστροφές επιφανείας
- ◆ Αναστροφές ελεύθερης ατμόσφαιρας

Παράγοντες που συμβάλλουν στο σχηματισμό της αναστροφής ακτινοβολίας

Κύριοι Παράγοντες:

- άπνοια και νηνεμία
- νύχτες μεγάλης διάρκειας
- ξηρός αέρας
- καθαρός ουρανός χωρίς νέφη

Άλλοι Παράγοντες

- υγρασία της επιφάνειας
- τύπος βλάστησης
- τύπος επιφάνειας (χιόνι, άμμος, γρασίδι, ...)

- Η αναστροφή της Θερμοκρασίας συνοδεύεται από την εμφάνιση Παγετού
- Οι αναστροφές σχηματίζουν ευσταθή στρώματα τα οποία παρεμποδίζουν τις καθοδικές κινήσεις

1/ Αναστροφή Ακτινοβολίας

- Κατά τη διάρκεια της νύχτας δεν υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία ώστε να θερμαίνεται το έδαφος με αποτέλεσμα αυτό να ψύχεται
⇒ οπότε σημειώνεται μεταφορά θερμότητας με αγωγιμότητα από το θερμό
αέρα προς το ψυχρότερο έδαφος
- αυτή η μεταφορά θερμότητας συμβαίνει μέσα σ' ένα ρηχό σχετικά στρώμα αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους μιας και ο αέρας δεν είναι «καλός» αγωγός, και
⇒ το σχηματισμό μιας αναστροφής της θερμοκρασίας η οποία καλείται **'αναστροφή ακτινοβολίας'** και κατά την οποία μέσα σ' ένα ρηχό στρώμα αέρα κοντά στην επιφάνεια της Γης η θερμοκρασία αυξάνει με το ύψος
- κατά μέσο όρο το βάθος του στρώματος της αναστροφής είναι περίπου 100 m και κυμαίνεται μεταξύ: 10m - 1 km

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ – ΕΙΔΗ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

2/ Αναστροφή Θερμού Αέρα:

- Όταν μια θερμή αέρια μάζα, κατά την οριζόντια κίνηση της, διέλθει πάνω από μια ψυχρότερη περιοχή, τότε τα παρεδάφια στρώματα της μάζας αυτής ψύχονται ισχυρότερα από τα υπερκείμενα με αποτέλεσμα να δημιουργείται θερμοκρασιακή αναστροφή

3/ Αναστροφή Χιονοσκεπών Εδάφους:

- Το παρεδάφιο στρώμα μιας αέριας μάζας πάνω από χιονοσκεπές έδαφος ψύχεται περισσότερο από τα υπερκείμενα στρώματα, λόγω της κατανάλωσης ποσότητας θερμότητας για την τήξη του χιονιού, με αποτέλεσμα να δημιουργείται θερμοκρασιακή αναστροφή

4/ Αναστροφή Ορογραφίας:

- Αυτές δημιουργούνται όταν ψυχρότερες παρεδάφιας αέριες μάζες από τοπογραφικά ψηλότερες περιοχές του εδάφους κατέρχονται στις λεκανοειδείς χαμηλότερες περιοχές

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ – ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΟΡΟΓΡΑΦΙΑΣ

- Η θερμότητα μεταφέρεται με αγωγιμότητα από τον αέρα που γειντιάζει με το έδαφος προς το έδαφος
- Ο κρύος αέρας που βρίσκεται κοντά στο έδαφος κατεβαίνει από τις πλαγιές προς τα κάτω στην κοιλάδα

⇒ Έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία 'θερμικής ζώνης'

- οι καλλιέργειες πρέπει να φυτεύονται μέσα στη θερμική ζώνη και όχι πάνω ή κάτω από αυτή

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ – ΕΙΔΗ ΑΝΑΣΤΡΟΦΩΝ ΥΨΟΥΣ

1/ Αναστροφές Τριβής

- Σχηματίζεται κατά τις πρωινές ώρες μετά την ανατολή του ηλίου, ακριβώς πάνω από τα στρώμα τριβής που χαρακτηρίζεται από έντονες αναταράξεις και την ισχυρή επίδραση του ανάγλυφου. Το ύψος της αναστροφής είναι μερικές εκατοντάδες μέτρα και το πάχος μερικές δεκάδες μέτρα

2/ Μετωπικές Αναστροφές

- Εκδηλώνονται κατά τη διέλευση μετώπων όταν ο θερμός αέρας ανέρχεται πάνω από σφήνα ψυχρού αέρα. Αν η θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στις αέριες μάζες είναι μεγάλη τότε η αναστροφή είναι ισχυρή

3/ Δυναμικές Αναστροφές

- Εκδηλώνονται στην ελεύθερη ατμόσφαιρα και σε στρώματα που ο άνεμος έχει μεγάλη ταχύτητα

4/ Αντικυκλωνικές Αναστροφές

- πολλές φορές κατά τις καθοδικές κινήσεις του αέρα στις κεντρικές περιοχές ενός αντικυκλώνα, συμβαίνει ένα αέριο στρώμα που κατέρχεται και θερμαίνεται αδιαβατικά να γίνεται θερμότερο από το υποκείμενο στρώμα. Δημιουργούνται έτσι αναστροφές μεγάλης έκτασης

ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ & ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η Αναστροφή της Θερμοκρασία έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός πολύ ευσταθούς στρώματος με αποτέλεσμα οι ατμοσφαιρικοί ρύποι να παγιδεύονται σε αυτό και να εμποδίζεται η διάχυση, διασπορά και διαφυγή τους

Καπνισμός (Fumigation)

Ο αέρας είναι ασταθής κοντά στο έδαφος και ευσταθής ψηλότερα λόγω της αναστροφής ⇒ διάχυση των ρύπων προς τα κάτω προς το έδαφος

Οι καμινάδες των εργοστασίων καλό είναι να είναι αρκετά ψηλές

Lofting

Το ευσταθές στρώμα αέρα βρίσκεται κοντά στο έδαφος ενώ ο υπερκείμενος αέρας είναι ασταθής \Rightarrow κατάλληλες συνθήκες για διάχυση και διασπορά ρύπων προς τα πάνω

Αν η ταχύτητα 'εξόδου' των ρύπων είναι αρκετά μεγάλη και οι ρύποι αρκετά θερμοί τότε θα διαχυθούν προς τα πάνω αρκετά γρήγορα

Looping

Στις ασταθείς συνθήκες ο θύσανος ανέρχεται και αργότερα κατέρχεται ενώ παράλληλα ο οριζόντιος άνεμος το μεταφέρει μακριά από την πηγή εκπομπής

Αν η διασπορά των ρύπων δεν είναι σημαντική τότε ο θύσανος κατά την οριζόντια μεταφορά του δημιουργεί βρόγχους

Κώνος (Coning)

Κάτω από ουδέτερες συνθήκες ο θύσανος διαχέεται εξίσου και προς τα πάνω και προς τα κάτω

«Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας Α. Φωτιάδη».

