

Πυκνότητα & Υγρασία

Πυκνότητα ατμοσφαιρικού αέρα

Οι επιδόσεις ενός αεροσκάφους εξαρτώνται σημαντικά από την πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Από το νόμο των τέλειων αερίων μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η πίεση και η θερμοκρασία είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την πυκνότητα ενός αέριου γενικά και ειδικότερα του ατμοσφαιρικού αέρα, που είναι το μείγμα αερίων που μας ενδιαφέρει. Στην ατμόσφαιρα η πυκνότητα του αέρα μειώνεται με το ύψος παρά του ότι η θερμοκρασία μειώνεται επίσης. Αυτό συμβαίνει γιατί η μεταβολή της πίεσης έχει μεγαλύτερη επίδραση στη μεταβολή της πυκνότητας. Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα είναι η ύπαρξη υδρατμών.

Η πυκνότητα των υδρατμών είναι ίση με τα 5/8 της πυκνότητας του ξηρού αέρα, όσο λοιπόν πιο “υγρός” είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας, όσο δηλαδή περισσότερους υδρατμούς περιέχει, τόσο πιο αραιός είναι.

Υγρασία ατμοσφαιρικού αέρα

Την περιεκτικότητα του αέρα σε υδρατμούς μπορούμε να τη μετρήσουμε και να την εκφράσουμε με διάφορους τρόπους. Οι δύο όροι που χρησιμοποιούνται ευρέως είναι η σχετική υγρασία και το σημείο δρόσου.

Σχετική υγρασία

Η σχετική υγρασία (relative humidity, hr) συνήθως εκφράζεται σε ποσοστό επί τοις εκατό (%). Όπως λέει και το όνομά της η σχετική υγρασία είναι “σχετική”, δηλαδή εκφράζει την ποσότητα των υδρατμών που υπάρχουν σε συγκεκριμένο όγκο ατμοσφαιρικού αέρα σε σχέση με τη μέγιστη ποσότητα των υδρατμών που θα μπορούσαν να υπάρχουν, ή αλλιώς που θα μπορούσε να κρατήσει στη μάζα του ο συγκεκριμένος αέρας.

Η ποσότητα των υδρατμών που μπορεί να κρατήσει στη μάζα του ο ατμοσφαιρικός αέρας εξαρτάται από τη θερμοκρασία, όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία του αέρα, τόσο περισσότερους υδρατμούς μπορεί να κρατήσει. Η σχετική υγρασία λοιπόν εκφράζει το βαθμό κορεσμού. Αέρας με σχετική υγρασία 100% είναι κορεσμένος (saturated), περιέχει τη μέγιστη

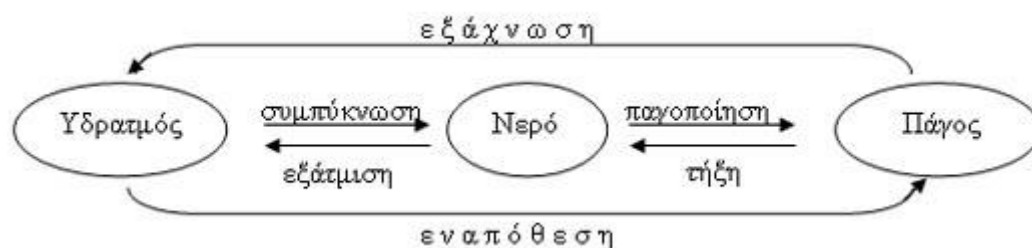
ποσότητα υδρατμών που μπορεί να κρατήσει. Όταν η σχετική υγρασία είναι μικρότερη από 100%, τότε ο αέρας είναι ακόρεστος.

Σημείο δρόσου

Σημείο δρόσου (dew point) ονομάζεται η θερμοκρασία στην οποία όταν ψυχθεί ο αέρας ισοβαρικά (με σταθερή πίεση) γίνεται κορεσμένος με τους υδρατμούς που ήδη περιέχει. Στα μετεωρολογικά δελτία στην αεροναυτιλία δίνεται η θερμοκρασία του αέρα και το σημείο δρόσου, γιατί οι δύο αυτές θερμοκρασίες όταν συσχετίζονται μας δίνουν ποιοτικά την κατάσταση του αέρα ως προς τον κορεσμό του. Για παράδειγμα αν η θερμοκρασία σε ένα αεροδρόμιο είναι 15°C και το σημείο δρόσου είναι 6°C, σημαίνει ότι ο αέρας απέχει πολύ από το να κορεσθεί, όταν όμως η θερμοκρασία είναι 8°C και το σημείο δρόσου 7°C τότε ο αέρας είναι πολύ κοντά στον κορεσμό και άρα υπάρχει πιθανότητα δημιουργίας ομίχλης. Η διαφορά θερμοκρασίας εδάφους και σημείου δρόσου είναι σημαντική στην πρόγνωση της ομίχλης.

Αλλαγή καταστάσεως

Οι τρεις καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί το νερό στις θερμοκρασίες και τις πιέσεις που επικρατούν στην ατμόσφαιρα είναι η αέρια (υδρατμός), η υγρή (νερό) και η στερεά (πάγος).



Το ποσό αυτό της θερμικής ενέργειας που απορροφάται ή εκλύεται όταν το νερό αλλάζει κατάσταση, λέγεται λανθάνουσα θερμότητα (latent heat). Ονομάζεται λανθάνουσα γιατί ακριβώς είναι “κρυφή”, δε μπορεί να ανιχνευτεί ως διαφορά στη θερμοκρασία του νερού. Προφανώς η λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης είναι ίση με τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, και η λανθάνουσα θερμότητα τήξης είναι ίση με τη λανθάνουσα θερμότητα παγοποίησης. Δηλαδή το ποσό της θερμότητας που χρειάζεται να πάρει μια δεδομένη ποσότητα νερού για να γίνει υδρατμός, είναι ίσο με το ποσό που εκλύει αυτή η ποσότητα υδρατμού όταν μετατρέπεται και πάλι σε νερό. Αναλογικά, το ποσό θερμότητας που παίρνει μια συγκεκριμένη ποσότητα πάγου για να μετατραπεί σε νερό είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας που αποδίδει στο περιβάλλον το νερό αυτό όταν επιστρέφει στην κατάσταση του πάγου.

Καταστάσεις ισορροπίας

Μια αέρια μάζα, λοιπόν, η οποία ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα και στην οποία δεν έχουμε υγροποίηση υδρατμών, ψύχεται με ρυθμό 10°C ανά 1000m.

Όταν η μάζα αυτή όμως φτάσει σε κάποιο ύψος κι η θερμοκρασία της έχει πέσει αρκετά χαμηλά, τότε πιθανόν να λάβει χώρα υγροποίηση των υδρατμών που υπάρχουν μέσα στη μάζα. Γνωρίζουμε ότι όταν οι υδρατμοί υγροποιούνται δίνουν στο περιβάλλον ένα ποσό θερμότητας, τη λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης. Στην περίπτωση αυτή, η μάζα αέρα έχει μια πρόσθετη πηγή ενέργειας. Η θερμοκρασία της, λοιπόν, δε συνεχίζει να μειώνεται με τον ίδιο ρυθμό αλλά με έναν άλλο μικρότερο ρυθμό που ονομάζεται Υγρή Αδιαβατική Θερμοβαθμίδα (Υ.Α.Θ.) (Saturated Adiabatic Lapse Rate, S.A.L.R.).

Η Υ.Α.Θ. δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από το ρυθμό της υγροποίησης, από την ποσότητα, δηλαδή, των υδρατμών που υγροποιούνται. Είναι προφανές ότι όσο περισσότεροι υδρατμοί υγροποιούνται, τόσο περισσότερη θερμότητα αποδίδεται στην αέρια μάζα, άρα τόσο πιο αργά ψύχεται η μάζα αυτή (πιο μικρός ο ρυθμός ψύξης) όσο ανεβαίνει προς τα πάνω.

Στην κατώτερη τροπόσφαιρα η υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα είναι περίπου 1.5°C ανά 1000ft.

Ευστάθεια και Αστάθεια

Όταν μια αέρια μάζα αναγκαστεί να ανέβει προς τα πάνω και να φτάσει σε κάποιο ύψος, τότε η θερμοκρασία της θα έχει μειωθεί με το ρυθμό που ορίζει η Ξ.Α.Θ. (αν δεν υπάρχουν συμπυκνώσεις). Όμως και έξω από τη συγκεκριμένη αέρια μάζα, στον περιβάλλοντα χώρο, η θερμοκρασία θα έχει μειωθεί σύμφωνα με το ρυθμό που ορίζει η Κ.Θ.Π. τη μέρα εκείνη στο συγκεκριμένο τόπο. Αν η αέρια μάζα στο ύψος που έχει φτάσει είναι πιο θερμή από το περιβάλλον, θα είναι και ελαφρότερη, άρα θα συνεχίσει να ανέρχεται αυθόρμητα πλέον. Τότε λέμε ότι υπάρχει απόλυτη αστάθεια (instability) στην ατμόσφαιρα, ευνοούνται, δηλαδή, οι ανοδικές κινήσεις. Για να συμβεί αυτό θα πρέπει ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας μέσα στην αέρια μάζα (Ξ.Α.Θ.) να είναι μικρότερος από το ρυθμό πτώσης της θερμοκρασίας στο περιβάλλον (Κ.Θ.Π.).

$\text{Υ.Α.Θ.} < \text{Ξ.Α.Θ.} < \text{Κ.Θ.Π.} \Rightarrow \text{ΑΠΟΛΥΤΗ ΑΣΤΑΘΕΙΑ}$

Αντίθετα αν ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας στην αέρια μάζα είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό πτώσης στο περιβάλλον, τότε στο ύψος που θα βρεθεί η αέρια μάζα θα είναι πιο κρύα, άρα και πιο βαριά από τον περιβάλλοντα αέρα και θα κινηθεί προς τα κάτω και πάλι. Στην περίπτωση αυτή η ατμόσφαιρα χαρακτηρίζεται από ευστάθεια (stability).

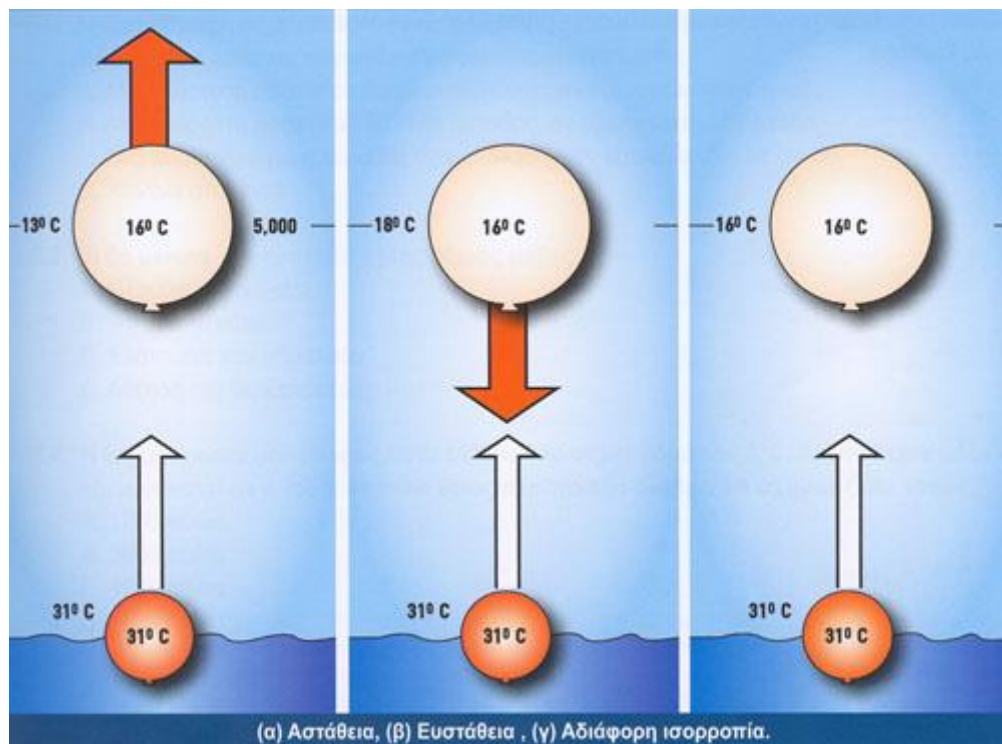
$\text{Κ.Θ.Π.} < \text{Υ.Α.Θ.} < \text{Ξ.Α.Θ.} \Rightarrow \text{ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ}$

Υπάρχει όμως περίπτωση η Κ.Θ.Π. να είναι μεν μικρότερη από τη Ξ.Α.Θ. αλλά μεγαλύτερη από την Υ.Α.Θ. κι έτσι να υπάρχει ευστάθεια στην ατμόσφαιρα όσο δεν υπάρχουν υγροποιήσεις, αλλά από τη στιγμή που θα αρχίσει η υγροποίηση, η αέρια μάζα να παραμένει θερμότερη από το περιβάλλον και να συνεχίζει την άνοδο αυθόρμητα πλέον. Τότε λέμε ότι στην ατμόσφαιρα υπάρχει συμβατική αστάθεια (conditional instability).

$\text{Υ.Α.Θ.} < \text{Κ.Θ.Π.} < \text{Ξ.Α.Θ.} \Rightarrow \text{ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΑΣΤΑΘΕΙΑ}$

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως η αύξηση της υγρασίας μπορεί να εντείνει την αστάθεια στην ατμόσφαιρα, αφού η συμπύκνωση των υδρατμών δίνει θερμότητα σε μια αέρια μάζα και έτσι

η πτώση της θερμοκρασίας της με το ύψος είναι μικρή, αυξάνεται δηλαδή η πιθανότητα να είναι η Υ.Α.Θ. μικρότερη από την Κ.Θ.Π.



Revision #2

Created 1 September 2024 11:30:36 by 1500691

Updated 27 January 2025 20:09:43 by 1500691