

# DONOUSSA-METEO PROJECT

## **ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΜΗΛΑ, ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ ΚΑΙ ΣΙΦΩΝΕΣ: ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ, ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (Παναγιώτης Αλούκος)**

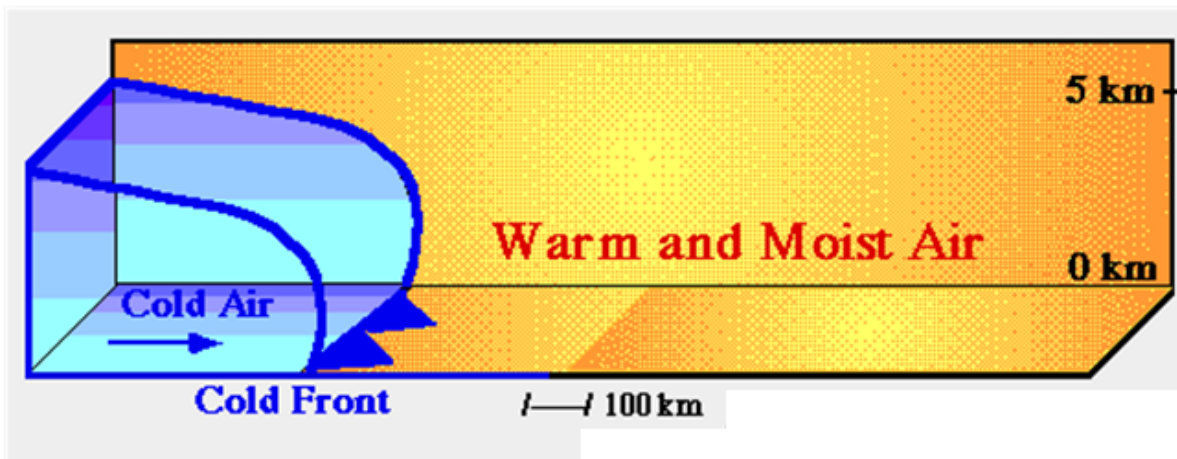
Στο ιστολόγιο αυτό παρατίθεται περιληπτικό εκπαιδευτικό υλικό σχετικό με το σχηματισμό των βαρομετρικών συστημάτων, και ιδιαιτέρως των χαμηλών που φέρνουν κακοκαιρία, τις καταιγίδες και τους σίφωνες. Σημαντικό μέρος του υλικού λήφθηκε από την ακόλουθη βιβλιογραφία:

- Γενική Μετεωρολογία, Χ. Σ. Σαχσαμάνογλου και Τ. Ι. Μακρογιάννης, 1998 Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
- Στοιχεία Ναυτικής Μετεωρολογίας, Γεώργιος Τσιμίνος, 2022 Εκδόσεις 24γράμματα.

### **A. Μέτωπα**

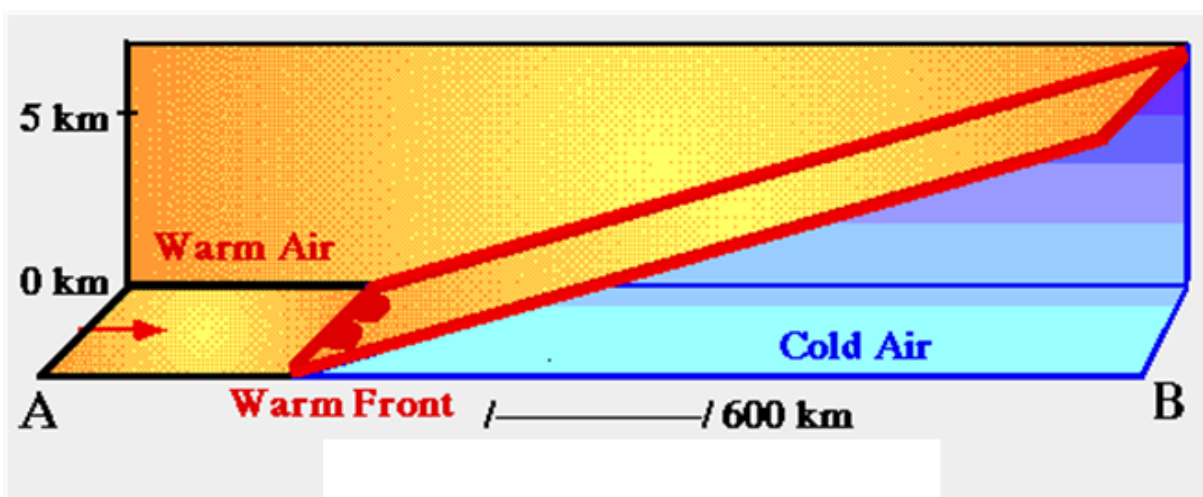
Μέτωπο ονομάζουμε την επιφάνεια συνάντησης δύο αερίων μαζών, μιας ψυχρής και μιας θερμής. Διακρίνουμε δύο κύρια είδη μετώπων, το ψυχρό και το θερμό μέτωπο.

Ψυχρό μέτωπο ονομάζουμε την συνάντηση μιας γρήγορης ψυχρής αέριας μάζας με μια αργή θερμή που προπορεύεται. Λόγω του ότι ο ψυχρός αέρας έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τον θερμό, στην επιφάνεια του μετώπου ο ψυχρός αέρας κινείται προς τα κάτω και εξαναγκάζει το θερμό αέρα να κινηθεί προς τα πάνω. Αν επιπλέον η θερμή αέρια μάζα είναι πλούσια σε υγρασία, τότε κατά την ανοδική κίνηση του θερμού αέρα οι υδρατμοί συμπυκνώνονται, σχηματίζονται νέφη και καταιγίδες.



Εικόνα 1: Ψυχρό μέτωπο.

Θερμό μέτωπο ονομάζουμε την συνάντηση μιας γρήγορης θερμής αέρας μάζας με μια αργή ψυχρή που προπορεύεται. Λόγω του ότι ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα, στην επιφάνεια του μετώπου ο θερμός αέρας κινείται προς τα πάνω. Αν επιπλέον η θερμή αέρια μάζα είναι πλούσια σε υγρασία, τότε κατά την ανοδική κίνηση του θερμού αέρα οι υδατμοί συμπυκνώνονται, σχηματίζονται νέφη και μπορεί να σχηματισθούν καιτταιγίδες.



Εικόνα 2: Θερμό μέτωπο.

## Β. Βαρομετρικά συστήματα

Η διαφορά της πίεσης του αέρα είναι αυτή που προκαλεί τα σημαντικότερα μετεωρολογικά φαινόμενα. **Άνεμος είναι η κίνηση αερίων μαζών λόγω διαφοράς της πίεσης.** Η κίνηση των ανέμων δημιουργείται κυρίως λόγω της **διαφοράς θερμοκρασίας**. Διότι μια θερμή αέρια μάζα διαστέλλεται και έχει μικρότερη πίεση από μια ψυχρή αέρια μάζα.

Υπάρχουν δύο τύποι βαρομετρικών συστημάτων: το βαρομετρικό υψηλό και το βαρομετρικό χαμηλό.

Βαρομετρικό υψηλό είναι μια περιοχή της ατμόσφαιρας όπου η πίεση είναι μεγαλύτερη από τις γειτονικές. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι ο αέρας κατεβαίνει προς την επιφάνεια της Γης.

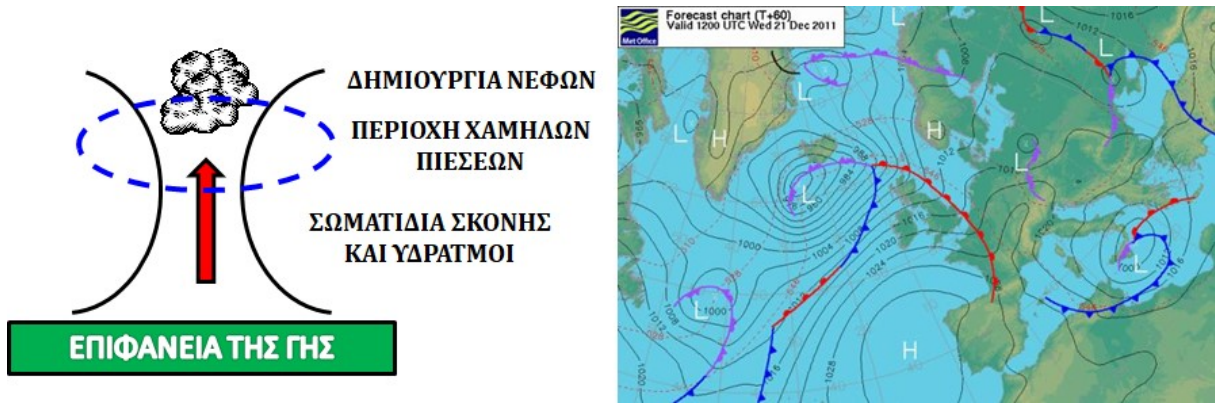
Το βαρομετρικό υψηλό συνοδεύεται από καλοκαιρία. Και αυτό επειδή ο αέρας συμπιέζεται προς τα κάτω, θερμαίνεται και δεν σχηματίζονται σύννεφα. Στους μετεωρολογικούς χάρτες τα βαρομετρικά χαμηλά σημειώνονται με το γράμμα Η.



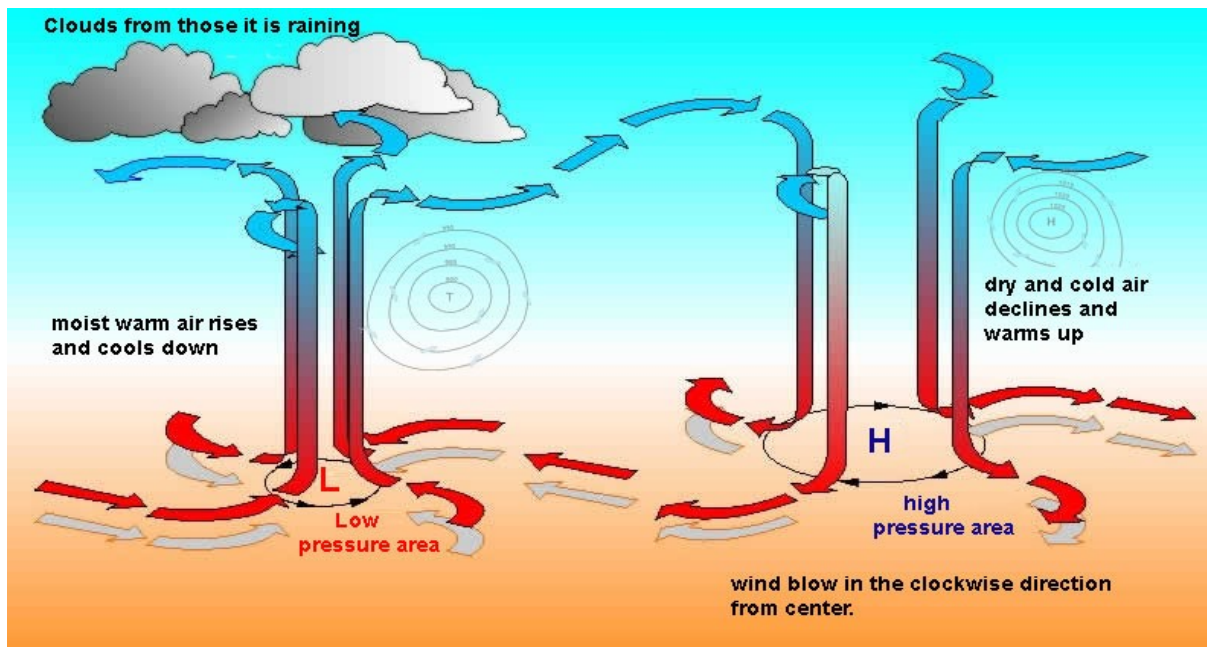
Εικόνα 3: Βαρομετρικό υψηλό.

Βαρομετρικό χαμηλό είναι μια περιοχή της ατμόσφαιρας όπου η πίεση στην επιφάνεια του εδάφους είναι μικρότερη από τις γειτονικές. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι ο αέρας σηκώνει διάφορα σωματίδια όπως σκόνη και υδρατμούς και τα ανεβάζει σε μεγάλο ύψος. Στο ύψος αυτό σχηματίζονται νέφη τα οποία στη συνέχεια δίνουν

βροχές και καταιγίδες. Το βαρομετρικό χαμηλό συνοδεύεται από κακοκαιρία. Στους μετεωρολογικούς χάρτες τα βαρομετρικά χαμηλά σημειώνονται με το γράμμα L (από τη λέξη low).



Εικόνα 4: Βαρομετρικό χαμηλό.

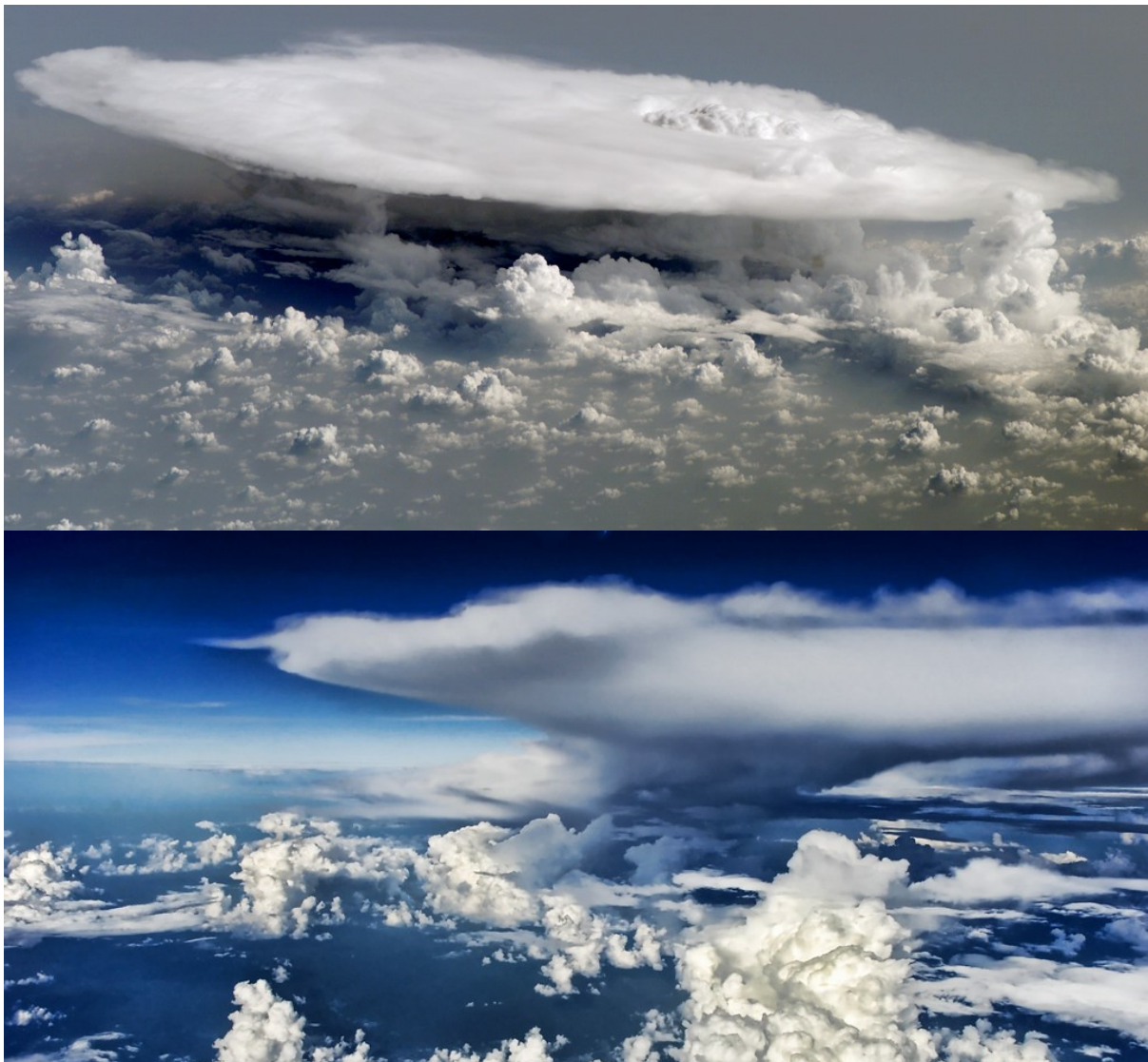


Εικόνα 5: Κίνηση αέρα στο βαρομετρικό χαμηλό και υψηλό.

### Γ. Η καταιγίδα

Όταν συμβαίνει στον τόπο μας καταιγίδα, δηλαδή, αστραπές, κεραυνοί, βροντές, πρέπει να θυμόμαστε ότι πάνω από το κεφάλι μας ή τριγύρω από τον τόπο μας υπάρχει και κινείται ένα συγκεκριμένο είδος νέφους, που λέγεται σωρειτομελανίας ή λατινικά cumulonimbus.

Οι σωρειτομελανίες είναι ογκώδη νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης Μπορούν και καλύπτουν έκταση δεκάδων έως και εκατοντάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων, η βάση τους είναι χαμηλή και φτάνουν σε ύψος έως και 15 χιλιόμετρα, στο τέλος της τροπόπαυσης. Οι σωρειτομελανίες είναι τα εντυπωσιακότερα νέφη και συνοδεύονται από βίαιες καταρακτώδεις βροχές και χαλάζι, αστραπές, κεραυνούς και βροντές.

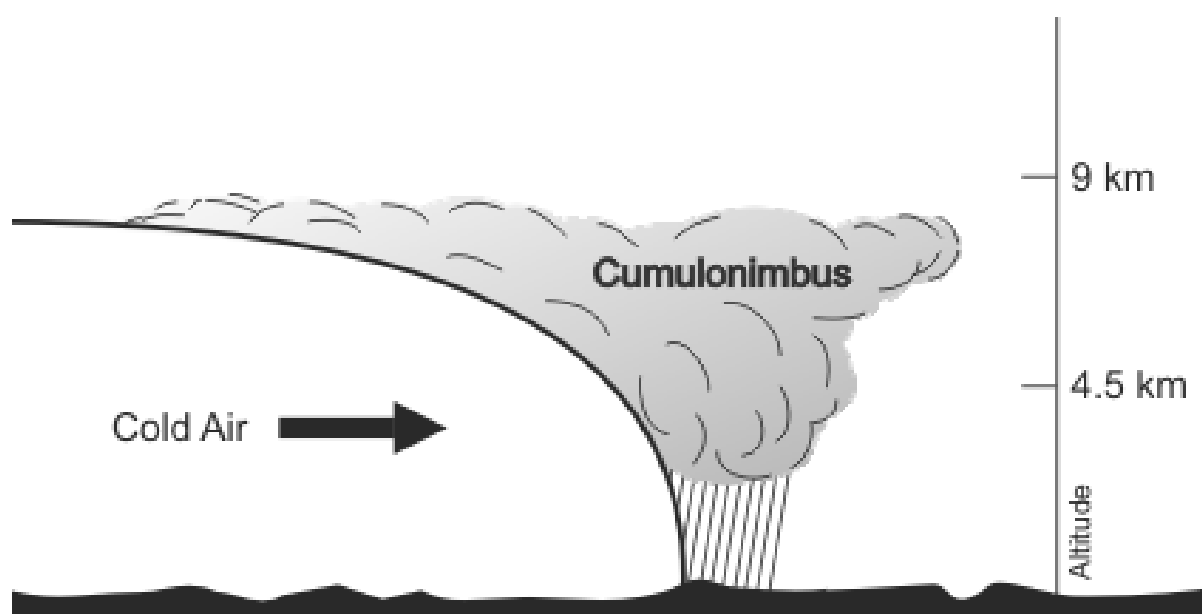


**Εικόνα 6:** Σωρειτομελανίες όπως φαίνονται από το διάστημα.



**Εικόνα 7:** Σωρειτομελανίας όπως φαίνεται από το έδαφος.

Η εικόνα 8 δείχνει το σχηματισμό σωρειτομελανία στο ψυχρό μέτωπο. Σωρειτομελανίες μπορούν να σχηματισθούν και στην περίπτωση ενός θερμού μετώπου.

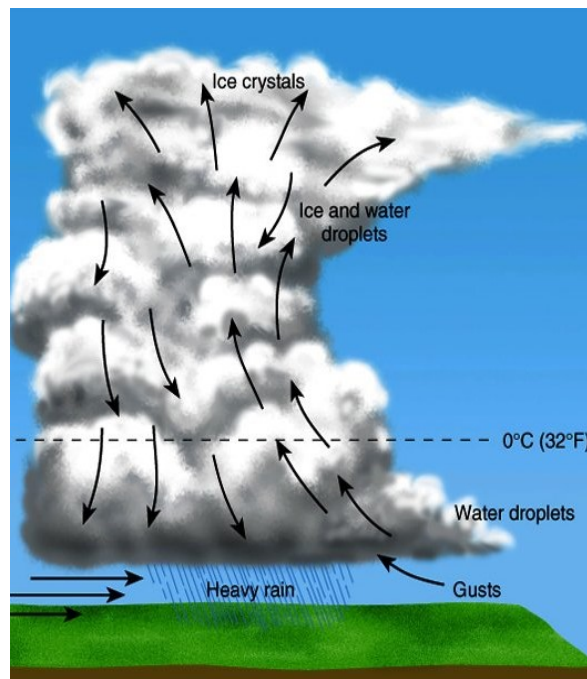


**Εικόνα 8:** Σχηματισμός σωρειτομελανία στο ψυχρό μέτωπο.

#### Δ. Ηλεκτρικά φορτία στον σωρειτομελανία

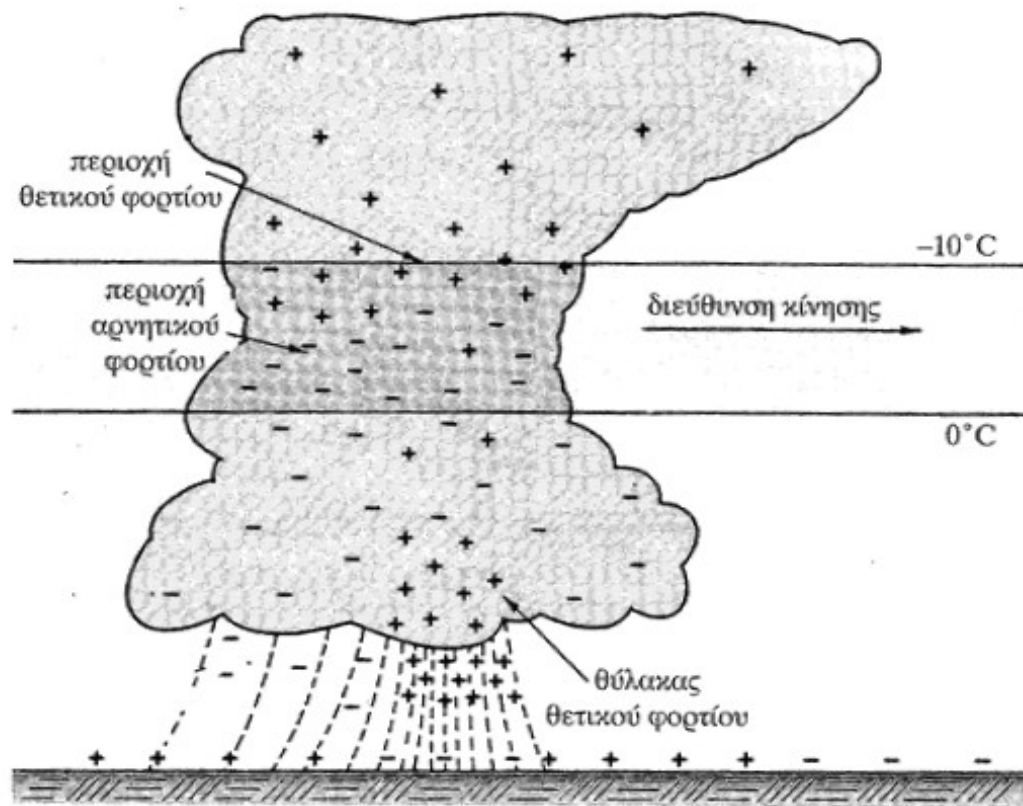
Αποτέλεσμα της συνάντησης της ψυχρής με τη θερμή αέρια μάζα είναι ο σχηματισμός ισχυρών ανοδικών και καθοδικών ρευμάτων. Τα ανοδικά ρεύματα μεταφέρουν προς τα πάνω υδροσταγονίδια και τα καθοδικά μεταφέρουν προς τα κάτω παγοκρυστάλλους.

Αποτέλεσμα των ισχυρών ανοδικών και καθοδικών ρευμάτων είναι η ηλεκτρίση με τριβή και η δημιουργία στατικού ηλεκτρισμού στον όγκο του σωρειτομελανία. Συγκεκριμένα, στη βάση του νέφους συγκεντρώνεται το αρνητικό φορτίο ενώ στην κορυφή του νέφους συγκεντρώνεται το θετικό φορτίο. Η κατανομή αυτή του αρνητικού και του θετικού φορτίου θα μπορούσε να εξηγηθεί θεωρώντας τα ανερχόμενα υδροσταγονίδια να δίνουν ηλεκτρόνια στους κατερχόμενους παγοκρυστάλλους, αφού λόγω μεγαλύτερης θερμοκρασίας τα ηλεκτρόνιά τους έχουν μεγαλύτερη κινητικότητα. Έτσι, τα ανερχόμενα σωματίδια φορτίζονται θετικά και τα κατερχόμενα σωματίδια αρνητικά. Τα αρνητικά φορτία στη βάση του νέφους επάγουν θετικά φορτία στο έδαφος δημιουργώντας μια ανακατανομή του φορτίου στο έδαφος. Με αυτό τον τρόπο, στον σωρειτομελανία μπορούν να σχηματισθούν και θύλακες θετικού φορτίου στη βάση του, φαινόμενο που μπορεί να εξηγήσει το σχηματισμό του κεραυνού.



**Εικόνα 9:** Ανοδικά και καθοδικά ρεύματα στον σωρειτομελανία.

Η εικόνα 10 δείχνει την κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου στον όγκο του σωρειτομελανία.



*Η κατανομή των ηλεκτρικών φορτίων σε τυπικό καταγιδοφόρο νέφος  
(W.Donn, Meteorology)*

**Εικόνα 10:** Κατανομή ηλεκτρικού φορτίου στον σωρειτομελανία.

Όταν το ηλεκτρικό φορτίο αυξηθεί πάρα πολύ, η διαφορά δυναμικού μεταξύ θετικών και αρνητικών περιοχών φθάνει μερικά εκατομμύρια Volt (το ηλεκτρικό πεδίο ξεπερνά τα 3000 V/m) και ο αέρας καθίσταται αγώγιμος. Τα ηλεκτρόνια μέσω του αέρα κινούνται από την περιοχή αρνητικού φορτίου προς την περιοχή θετικού φορτίου, δηλαδή έχουμε ηλεκτρική εκκένωση.

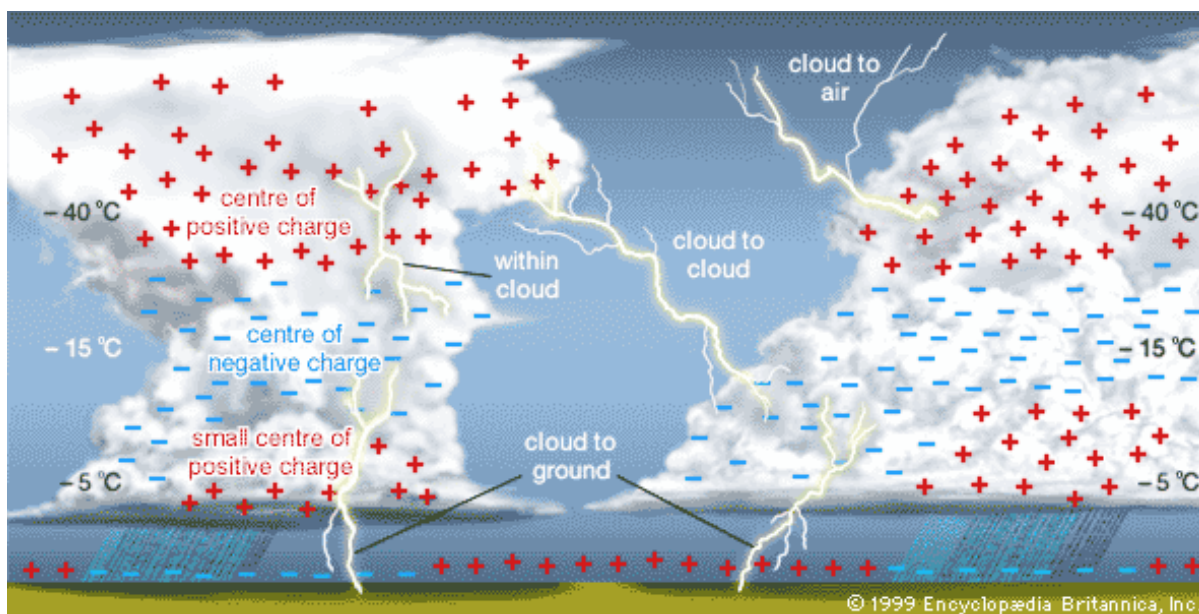
Αστραπή λέγεται η κίνηση ηλεκτρονίων από ένα νέφος στο ίδιο νέφος ή σε ένα γειτονικό νέφος. Κεραυνός λέγεται η κίνηση ηλεκτρονίων από το νέφος στο έδαφος. Στον κεραυνό, τα ηλεκτρόνια από τη βάση του νέφους κινούνται προς τη θετικά φορτισμένη περιοχή του εδάφους και θετικά φορτία (π.χ. πρωτόνια) από την θετικά φορτισμένη περιοχή του εδάφους κινούνται προς τα πάνω. Τα φορτία συναντώνται μερικές δεκάδες μέτρα πάνω από το έδαφος.





**Εικόνα 11:** Κεραυνός: κίνηση προς τα κάτω των αρνητικών φορτίων και κίνηση προς τα πάνω των θετικών φορτίων του εδάφους (από <https://www.youtube.com/watch?v=JXhif3E3I2s>).

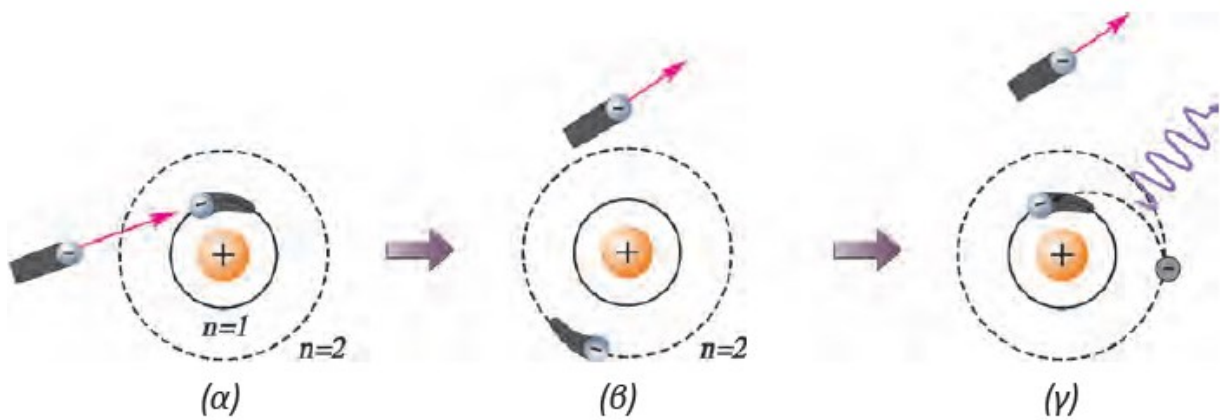
Τόσο η αστραπή όσο και ο κεραυνός έχουν ως σκοπό την εξουδετέρωση του ηλεκτρικού φορτίου ώστε το σύστημα νέφος και έδαφος να αποφορτισθεί και να γίνει ηλεκτρικά ουδέτερο.



**Εικόνα 12:** Αστραπή και κεραυνός.

Το φως που βλέπουμε δημιουργείται ως εξής: τα ηλεκτρόνια που κινούνται είναι πολύ ενεργητικά και διεγείρουν τα μόρια του αέρα μέσω κρούσεων. Στη συνέχεια, τα μόρια του αέρα που διεγέρθηκαν από-διεγείρονται ακτινοβολητικά

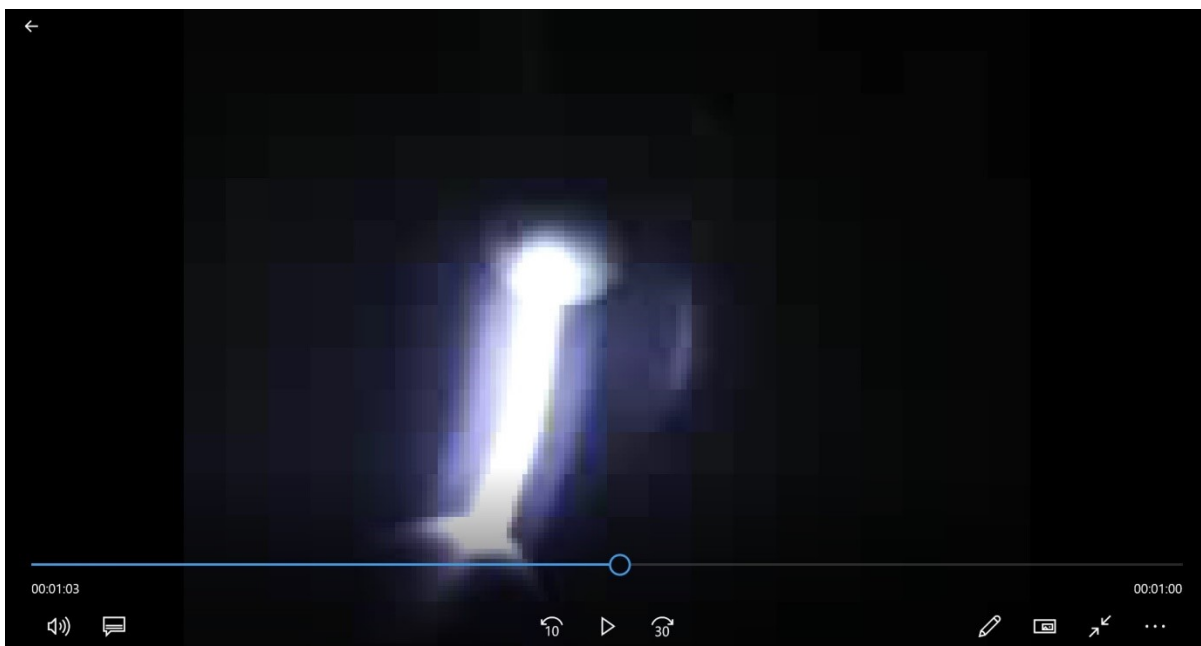
εκπέμποντας φως. Είναι ακριβώς ο ίδιος τρόπος με τον οποίο δουλεύουν οι λάμπες οικονομίας, που περιέχουν αέριο σε σωλήνα.



**Εικόνα 13:** Διέγερση με κρούση (α) και ακτινοβολητική αποδιέγερση (β).

Λόγω των κρούσεων ηλεκτρονίων-αέρα, ο αέρας θερμαίνεται τοπικά πάρα πολύ και η θερμοκρασία του αυξάνει απότομα μερικές χιλιάδες βαθμούς κελσίου (>10000 °C). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απότομη διαστολή του αέρα, οπότε ακούγεται κρότος, η βροντή, κατά τον ίδιο τρόπο όταν σκάει ένα μπαλόνι.

Η εικόνα 13 δείχνει τον ηλεκτρικό σπινθήρα που δημιουργείται στην ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst.



**Εικόνα 14:** Ηλεκτρικός σπινθήρας στην ηλεκτροστατική μηχανή Wimshurst (Γυμνάσιο-ΛΤ Δονούσας).

## **E. Μέτρα ασφαλείας κατά την καταιγίδα**

Κατά τη διάρκεια της καταιγίδας:

- Αποφεύγουμε να σταθούμε κάτω από δέντρα, μεταλλικές κολώνες, στύλους, και γενικά ψηλά αντικείμενα γιατί τα ψηλά αντικείμενα έχουν μεγαλύτερη πιθανότητα να χτυπηθούν από τον κεραυνό.
- Στο εσωτερικό του σπιτιού μας αποφεύγουμε την επαφή με τις ηλεκτρικές συσκευές που συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο (ακόμα και το ψυγείο!) καθώς και με τα μεταλλικά αντικείμενα (σωλήνες, καλώδια, κλπ).
- Δεν χρησιμοποιούμε το τηλέφωνο (καρτοτηλέφωνο σε εξωτερικούς χώρους, σταθερό τηλέφωνο στο σπίτι).
- Δεν κάνουμε μπάνιο και δεν πλένουμε/καθαρίζουμε με το νερό της βρύσης. Στεκόμαστε μακριά από τα παράθυρα.
- Κλείνουμε τις ηλεκτρικές συσκευές και τις βγάζουμε από την πρίζα (τηλεοράσεις, ψυγεία, πλυντήρια, κλιματιστικά) γιατί μπορεί να παρουσιάσουν βλάβη από τις αυξομειώσεις της ηλεκτρικής τάσης.
- Αν είμαστε στη θάλασσα, βγαίνουμε αμέσως έξω.
- Αν είμαστε μέσα στο αυτοκίνητό μας, μένουμε μέσα και δεν ακουμπάμε τα μεταλλικά του αντικείμενα (το μεταλλικό αμάξωμα του αυτοκινήτου μας προστατεύει χάρη στο φαινόμενο του κλωβού Faraday).

## **ΣΤ. Σίφωνες**

Σίφωνας ονομάζεται μια ταχέως περιστρεφόμενη στήλη ανέμου που οφείλεται σε πολύ χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση στο κέντρο της στήλης και η οποία αποφύεται από τη βάση ενός σωρειτομελανία. Οι σίφωνες έχουν πλάτος περί τα 70 μέτρα, έχουν ταχύτητες περιστροφικών ανέμων μικρότερες από 180 Km/h και διάρκεια έως 30 λεπτά. Πρόκειται για ένα από τα πιο έντονα και βίαια μετεωρολογικά φαινόμενα της φύσης. Λέγονται και ανεμοστρόβιλοι.

Η εικόνα 14 δείχνει τη δομή ενός σίφωνα.



**Εικόνα 15:** Σχήμα και δομή σίφωνα.

Υπάρχουν σίφωνες ξηράς (tornados) και θαλάσσης (υδροσίφωνες, waterspouts).



**Εικόνα 16:** Σίφωνας ξηράς.



**Εικόνα 17:** Σίφωνας θαλάσσης.

Οι σίφωνες αποτελούν μια παγκόσμια απειλή, καθώς εμφανίζονται τακτικά σε πάρα πολλά σημεία του πλανήτη και σε όλες τις ηπείρους, εκτός από την Ανταρκτική. Οι ετήσιες ανθρώπινες απώλειες λόγω των σιφώνων ανέρχονται σε 300 - 400 άτομα παγκοσμίως, σύμφωνα με τις επίσημες εκτιμήσεις του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού. Ωστόσο, η πλειονότητα των σιφώνων παρατηρείται στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι οποίες έχουν τον μεγαλύτερο αριθμό σιφώνων από κάθε άλλη χώρα και συγκεκριμένα κατά μέσο όρο 1.200 σίφωνες ανά έτος, σχεδόν τέσσερις φορές περισσότερους από το σύνολο ολόκληρης της Ευρώπης (με εξαίρεση τους θαλάσσιους σίφωνες) και ετήσιο απολογισμό συνήθως 60 - 100 θύματα.