

Περιβαλλοντική Μετεωρολογία και Μοντέλα Ποιότητας αέρα Υγρασία Νέφη Βροχόπτωση



Υγρασία

- ✓ Μερική πίεση υδρατμών e
- ✓ Λόγος ανάμιξης υδρατμών (Mixing Ratio) ή αναλογία μίγματος ονομάζεται ο λόγος των υδρατμών του μείγματος προς τη μάζα του ξηρού αέρα ($\varepsilon=0.622=R_d/R_v$)

$$r = \frac{\varepsilon \cdot e}{P - e}$$

- ✓ Συνολική αναλογία μίγματος :

$$r_T = r + r_L + r_i$$

- ✓ Ειδική υγρασία ονομάζεται ο λόγος των υδρατμών του μείγματος προς την ολική μάζα του αέρα και εκφράζεται σε γραμμάρια υδρατμών ανά γραμμάριο υγρού αέρα

$$q = \frac{\varepsilon \cdot e}{P}$$

- ✓ Ως απόλυτη υγρασία β ορίζουμε το λόγο της μάζας των υδρατμών προς τον όγκο του αέρα που βρίσκεται αυτή η μάζα. Η απόλυτη υγρασία υποδηλώνει την πυκνότητα του νερού σε έναν όγκο αέρα και συνήθως εκφράζεται ως γραμμάρια των υδρατμών σε ένα κυβικό μέτρο αέρα. Για παράδειγμα, εάν οι υδρατμοί σε ένα κυβικό μέτρο αέρα ζυγίζουν 25 g, τότε η απόλυτη υγρασία β του αέρα είναι 25 g/m³.



Υγρασία

- ✓ Σχετική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα ονομάζεται ο λόγος της μάζας των υδρατμών που περιέχονται σε έναν καθορισμένο όγκο αέρα προς τη μάζα των υδρατμών, που θα βρισκόταν στον όγκο αυτό, εάν ήταν κορεσμένος από υδρατμούς κάτω από τις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Η σχετική υγρασία ταυτίζεται με το λόγο της πίεσης υδρατμών προς την πίεση κορεσμού στην ίδια θερμοκρασία. Επομένως, μπορούμε να εκφράσουμε τη σχετική υγρασία ως:

$$\frac{RH}{100\%} = \frac{e}{e_s} = \frac{q}{q_s} = \frac{\rho}{\rho_s} \approx \frac{r}{r_s}$$



Σημείο Δρόσου

- ✓ **Σημείο δρόσου (dew point)** ή Σημείο υγροποίησης ή σημείο κόρου ατμόσφαιρας χαρακτηρίζεται το σημείο εκείνο της θερμοκρασίας που όταν οι υδρατμοί ψυχθούν δημιουργούν το φαινόμενο της δρόσου, δηλαδή τις σταγόνες δρόσου. Στη θερμοκρασία αυτή εξυπακούεται πως ο αέρας είναι κορεσμένος και δεν μπορεί να συγκρατήσει άλλους υδρατμούς με αποτέλεσμα η σχετική υγρασία να είναι 100%.
- ✓ Το σημείο δρόσου δηλώνει τη θερμοκρασία, στην οποία ο αέρας πρέπει να ψυχθεί χωρίς αλλαγή της πίεσης και υγρασίας, ώστε να υπάρξει κορεσμός. Το σημείο δρόσου είναι μία σημαντική παράμετρος που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη δρόσου, πάγου ή ομίχλης. Στο έδαφος δεν υπάρχει σημαντική μεταβολή στην πίεση του αέρα με αποτέλεσμα η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και του σημείου δρόσου να δηλώνει εάν η σχετική υγρασία είναι υψηλή ή χαμηλή. Όταν η θερμοκρασία του αέρα και το σημείο δρόσου είναι ίσα, τότε η σχετική υγρασία είναι 100%.



$$T_d = \left[\frac{1}{T_o} - \frac{R_v}{L} \cdot \ln \left(\frac{e}{e_o} \right) \right]^{-1}$$



Table 5-1. (1) Saturation values of humidity vs. actual air temperature. -or- (2) Actual humidities vs. dew-point temperature. Values are for over a flat surface of liquid water. r and q values are for sea level. e and ρ_v values are for any pressure. T is temperature, T_d is dew-point temperature, e is vapor pressure, r is mixing ratio, q is specific humidity, ρ_v is absolute humidity, and subscript s denotes a saturation value.

T	e_s	r_s	q_s	ρ_{vs}
or				
T_d	e	r	q	ρ_v
(°C)	(kPa)	(g/kg)	(g/kg)	(kg/m ³)
-20	0.127	0.78	0.78	0.00109
-18	0.150	0.92	0.92	0.00128
-16	0.177	1.09	1.09	0.00150
-14	0.209	1.28	1.28	0.00175
-12	0.245	1.51	1.51	0.00204
-10	0.287	1.77	1.76	0.00237
-8	0.335	2.07	2.06	0.00275
-6	0.391	2.41	2.40	0.00318
-4	0.455	2.80	2.80	0.00367
-2	0.528	3.26	3.25	0.00422
0	0.611	3.77	3.76	0.00485
2	0.706	4.37	4.35	0.00557
4	0.814	5.04	5.01	0.00637
6	0.937	5.80	5.77	0.00728
8	1.076	6.68	6.63	0.00830
10	1.233	7.66	7.60	0.00945
12	1.410	8.78	8.70	0.01073
14	1.610	10.05	9.95	0.01217
16	1.835	11.48	11.35	0.01377
18	2.088	13.09	12.92	0.01556
20	2.371	14.91	14.69	0.01755
22	2.688	16.95	16.67	0.01976
24	3.042	19.26	18.89	0.02222
26	3.437	21.85	21.38	0.02494
28	3.878	24.76	24.16	0.02794
30	4.367	28.02	27.26	0.03127
32	4.911	31.69	30.72	0.03493
34	5.514	35.81	34.57	0.03896
36	6.182	40.43	38.86	0.04340
38	6.921	45.61	43.62	0.04827
40	7.736	51.43	48.91	0.05362
42	8.636	57.97	54.79	0.05947
44	9.627	65.32	61.31	0.06588
46	10.717	73.59	68.54	0.07287
48	11.914	82.91	76.56	0.08051
50	13.228	93.42	85.44	0.08884



Επίπεδο συμπύκνωσης (saturation level or Lift Condensation Level)

- ✓ Αέρας ακόρεστος ανεβαίνει και ψύχεται αδιαβατικά.
- ✓ Αν ανεβεί σε μεγάλο ύψος τότε η θερμοκρασία του θα γίνει ίση με τη θερμοκρασία δρόσου
- ✓ Το σημείο αυτό λέγεται επίπεδο συμπύκνωσης

$$z_{LCL} = a \cdot (T - T_d)$$



Θερμοκρασία υγρού βολβού

- ✓ Η θερμοκρασία θερμομέτρου καλυμμένου με υγρό πανί.
- ✓ Είναι μια έκφραση της σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας.

$$C_p \cdot (T - T_w) = -L_v \cdot (r - r_w)$$

- ✓ Για γνωστές θερμοκρασίες ξηρού και υγρού βολβού και πίεσης τότε ο λόγος υδρατμών:

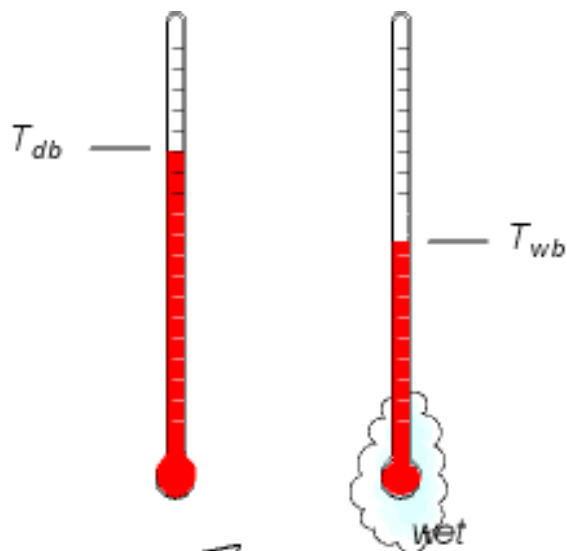
$$r_w = \frac{\varepsilon}{b \cdot P \cdot \exp\left(\frac{-c \cdot T_w}{T_w + \alpha}\right) - 1}$$

$$r = r_w - \beta \cdot (T - T_w)$$



Μέτρηση υγρασίας

- ✓ Πλήθος οργάνων είναι διαθέσιμα για τη μέτρηση της υγρασίας. Οι αισθητήρες αυτοί σχετίζονται με τη μέτρηση θερμοκρασίας υγρού θερμομέτρου, σχετικής υγρασίας, σημείο δρόσου, κλπ. Η μέτρηση της υγρασίας γίνεται με αισθητήρες πυκνωτή.
 - Standard αισθητήρες (τοποθέτηση σε τοίχο ή σε αεραγωγό)
 - Standard αισθητήρες εξωτερικού χώρου
 - Εργαστηριακοί αισθητήρες σημείου δρόσου.



engineeringtoolbox.com



Υγρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα

- ✓ Μετά το σημείο κορεσμού (σχετική υγρασία 100%) της αέριας μάζας, ο ρυθμός μείωσης της θερμοκρασίας ορίζεται σε $\sim 6^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$ και την ονομάζουμε **Υγρή κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα**.



Υγρή κατακόρυφη θερμοβαθμίδα

- ✓ Η υγρή κατακόρυφη θερμοβαθμίδα δίνεται από την εξίσωση:

$$\Gamma_s = \frac{g}{C_p} \cdot \frac{\left(1 + \frac{r_s \cdot L_v}{\mathcal{R}_d \cdot T}\right)}{\left(1 + \frac{L_v^2 \cdot r_s \cdot \varepsilon}{C_p \cdot \mathcal{R}_d \cdot T^2}\right)}$$

Αναλογία ή λόγος
μίγματος
κορεσμένων
υδρατμών

Λανθάνουσα
θερμότητα
συμπύκνωσης =
σταθ.

$$g_{\text{vapour}}/g_{\text{dry}}=0.622$$



Υγρή κατακόρυφη θερμοβαθμίδα

✓ Απλοποιημένη εξίσωση:

$$\Gamma_s = \Gamma_d \cdot \frac{[1 + (a \cdot r_s / T)]}{[1 + (b \cdot r_s / T^2)]}$$

α, b=σταθ



Ομίχλη

- ✓ Λόγω της συμπύκνωσης των υδρατμών η σχετική υγρασία αυξάνεται και η ορατότητα μειώνεται. Με την περαιτέρω αύξηση της σχετικής υγρασίας το μέγεθος των σταγόνων της ομίχλης αυξάνεται μέχρι που γίνονται ορατές. Όταν η ορατότητα μειώνεται σε λιγότερο από ένα χιλιόμετρο, τότε έχουμε την παρουσία νέφους κοντά στο έδαφος που ονομάζεται ομίχλη.

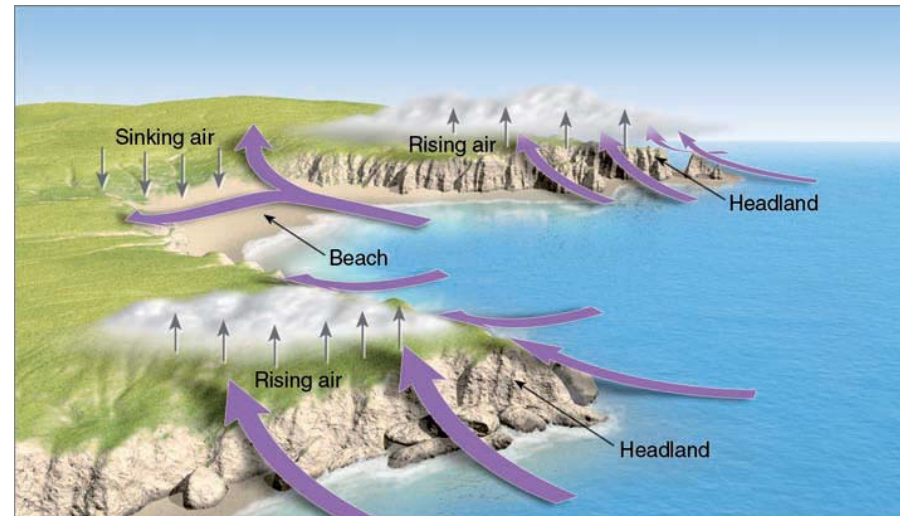
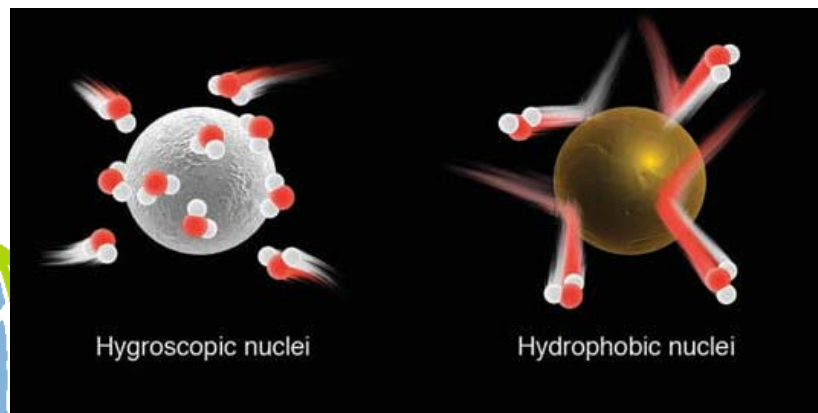


Ομίχλη

Απαραίτητες συνθήκες για το σχηματισμό της ομίχλης είναι:

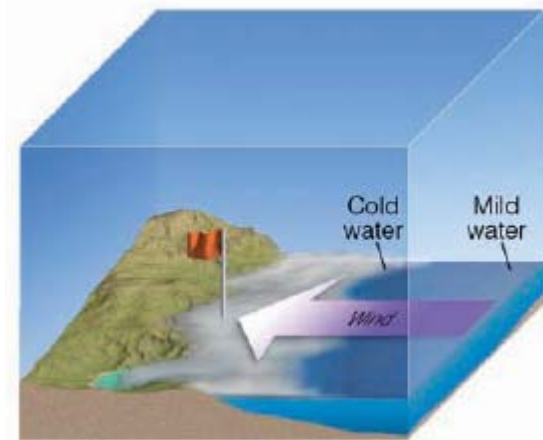
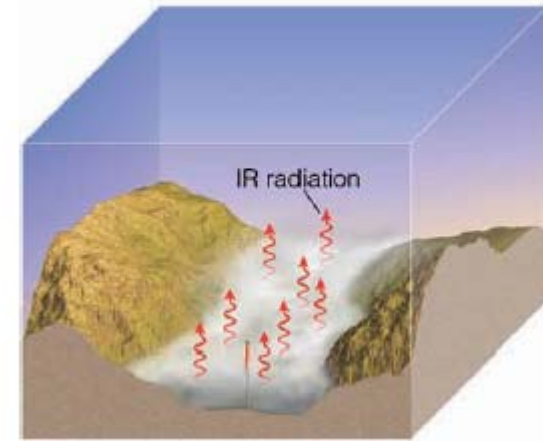
- ✓ μικρή διαφορά θερμοκρασίας - σημείου δρόσου (μεγάλη σχετική υγρασία),
- ✓ άφθονοι πυρήνες συμπύκνωσης CCN: cloud condensation nuclei (ιόντα, μόρια ατμοσφαιρικού κονιορτού και άλλα σωματίδια).
- ✓ ασθενείς επιφανειακοί άνεμοι,
- ✓ κρύα επιφάνεια εδάφους με ζεστό και υγρό αέρα από πάνω ή θερμή θάλασσα και κρύο αέρα από επάνω.

Συνήθως η ομίχλη σχηματίζεται σε παράκτιες περιοχές όπου η υγρασία είναι αυξημένη, αλλά και σε βιομηχανικές περιοχές, όπου υπάρχουν πολλά σωματίδια, τα οποία λειτουργούν ως πυρήνες συμπύκνωσης. Η ομίχλη είναι δυνατό να περιορίζει την ορατότητα της ατμόσφαιρας σε απόσταση μικρότερη από 1.000 μέτρα.



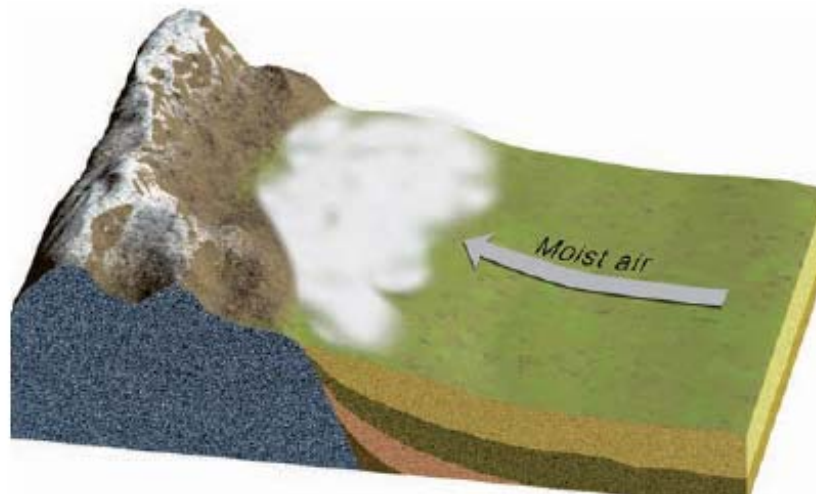
Είδη ομίχλης: Ψύξη υγρού αέρα

- ✓ Ομίχλη ακτινοβολίας (Radiation Fog) : Η ομίχλη ακτινοβολίας σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της νύχτας σε συνθήκες ανέφελου ουρανού και με ελαφρό άνεμο, όταν ένα λεπτό στρώμα υγρού αέρα βρίσκεται κοντά στο έδαφος κάτω από ένα στρώμα ξηρού αέρα. Το λεπτό στρώμα του υγρού αέρα δεν απορροφά μεγάλο μέρος της εξερχόμενης υπέρυθρης ακτινοβολίας από το έδαφος με αποτέλεσμα να ψύχεται γρήγορα.
- ✓ Ομίχλη μεταφοράς: Η ομίχλη μεταφοράς σχηματίζεται όταν θερμές και υγρές αέριες μάζες κινούνται πάνω από ψυχρές επιφάνειες. Οι αέριες αυτές μάζες ψύχονται οπότε ένα μέρος των υδρατμών που περιέχουν συμπυκνώνονται.



Είδη ομίχλης: Ψύξη υγρού αέρα

- ✓ Ομίχλη βροχής: Όταν σχετικά θερμή βροχή ή ψιχάλες πέφτει σε ψυχρό αέρα, εξατμίζεται αυξάνοντας την υγρασία του αέρα με αποτέλεσμα να δημιουργείται ομίχλη στην περιοχή, όπου σημειώνεται η βροχή. Η ομίχλη λόγω βροχής είναι δυνατό να έχει μεγάλο πάχος και να εκτείνεται σε μεγάλη έκταση.
- ✓ Ομίχλη ορέων: Σχηματίζεται όταν υγρός και ευσταθής αέρας, καθώς ανέρχεται αναγκαστικά στις πλαγιές των βουνών, ψύχεται και δημιουργείται ομίχλη. Η ομίχλη αυτή γίνεται αντιληπτή από αυτόν που βρίσκεται μέσα στην περιοχή σχηματισμού της, ενώ για έναν εξωτερικό παρατηρητή που βρίσκεται σε μακρινή απόσταση αναγνωρίζεται σαν νέφος. Συνήθως έχει μεγάλο πάχος και εκτείνεται σε διάφορα ύψη.
- ✓ Ομίχλη αναμίξεως: Συναντάται σε περιοχές όπου αναμειγνύονται ψυχρά και θερμά θαλάσσια ρεύματα. Λόγω της ανάμειξης ψυχρών και θερμών αέριων μαζών η θερμοκρασία γίνεται χαμηλότερη του σημείου δρόσου.
- ✓ Ομίχλη εξατμίσεως: Η ομίχλη αυτή παρατηρείται κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας και όταν υπάρχει μεγάλη θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στη θάλασσα και τον αέρα. Οφείλεται στη γρήγορη εξάτμιση του θαλάσσιου νερού



Νέφη

- ✓ Οι αδιαβατικές διεργασίες περιλαμβάνουν την εκτόνωση και την ψύξη του αέρα καθώς ανέρχεται στην ατμόσφαιρα.
- ✓ Η διεργασία αυτή ξεκινά από την επιφάνεια της γης με τη θέρμανση της μάζας του αέρα και οδηγείται στην εκτόνωσή της και στην ελάττωση της πυκνότητάς της σε σχέση με τον περιβάλλοντα αέρα.
- ✓ Η μάζα αυτή, ως ελαφρύτερη πλέον, θα αρχίσει να ανέρχεται. Η ακόρεστη αρχικά αέρια μάζα θα ψύχεται αδιαβατικά (λόγω εκτόνωσης από τη μεταβολή της πίεσης) με ρυθμό $1^{\circ}\text{C}/100$ μέτρα περίπου. Αυτός ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας με το ύψος είναι η ξηρή αδιαβατική θερμοβαθμίδα.
- ✓ Όταν ο αέρας είναι ψυχρότερος, έχει την ικανότητα να συγκρατεί λιγότερη ποσότητα υδρατμών. Στο ύψος όπου η θερμοκρασία της αέριας μάζας θα εξισωθεί με την θερμοκρασία του σημείου δρόσου (όταν δηλαδή η σχετική υγρασία φθάσει στο 100%), οι πλεονάζοντες πλέον υδρατμοί θα αρχίσουν να συμπυκνώνονται και να μετασχηματίζονται σε απειροελάχιστα μικρά υδροσταγονίδια.
- ✓ Ένας τεράστιος αριθμός υδροσταγονιδίων (σε ποσότητα αλλά και σε μέγεθος σταγόνων) συνθέτουν το νέφος.



Νέφη

- ✓ Ο σχηματισμός των νεφών γίνεται με:
- ✓ 1. Ακτινοβολία ποσότητας θερμότητας από μία αέρια μάζα προς το περιβάλλον.
- ✓ 2. Μεταφορά αέρα σε ψυχρότερη περιοχή και
- ✓ 3. **Αδιαβατική διαργασία.**
- ✓ Όσο θα συνεχιστεί να ανέρχεται η κορεσμένη πλέον αέρια μάζα θα ψύχεται αυξάνοντας ακόμη περισσότερο την ποσότητα των υδροσταγονιδίων και το μέγεθος του νέφους. Ο ρυθμός όμως ψύξης της αέριας μάζας δε θα είναι πλέον αυτός της ξηρής κατακόρυφης αδιαβατικής θερμοβαθμίδας, αφού η αέρια μάζα θα προσλαμβάνει τη λανθάνουσα θερμότητα, η οποία θα απελευθερώνεται από τους υδρατμούς κατά τη διεργασία της συμπύκνωσης τους. Έτσι ο ρυθμός πτώσης της θερμοκρασίας της ανερχόμενης κορεσμένης μάζας θα είναι πλέον περίπου $0.5^{\circ}\text{C}/100$ μέτρα , που είναι γνωστός και ως υγρή κατακόρυφη αδιαβατική θερμοβαθμίδα (Γ_s)

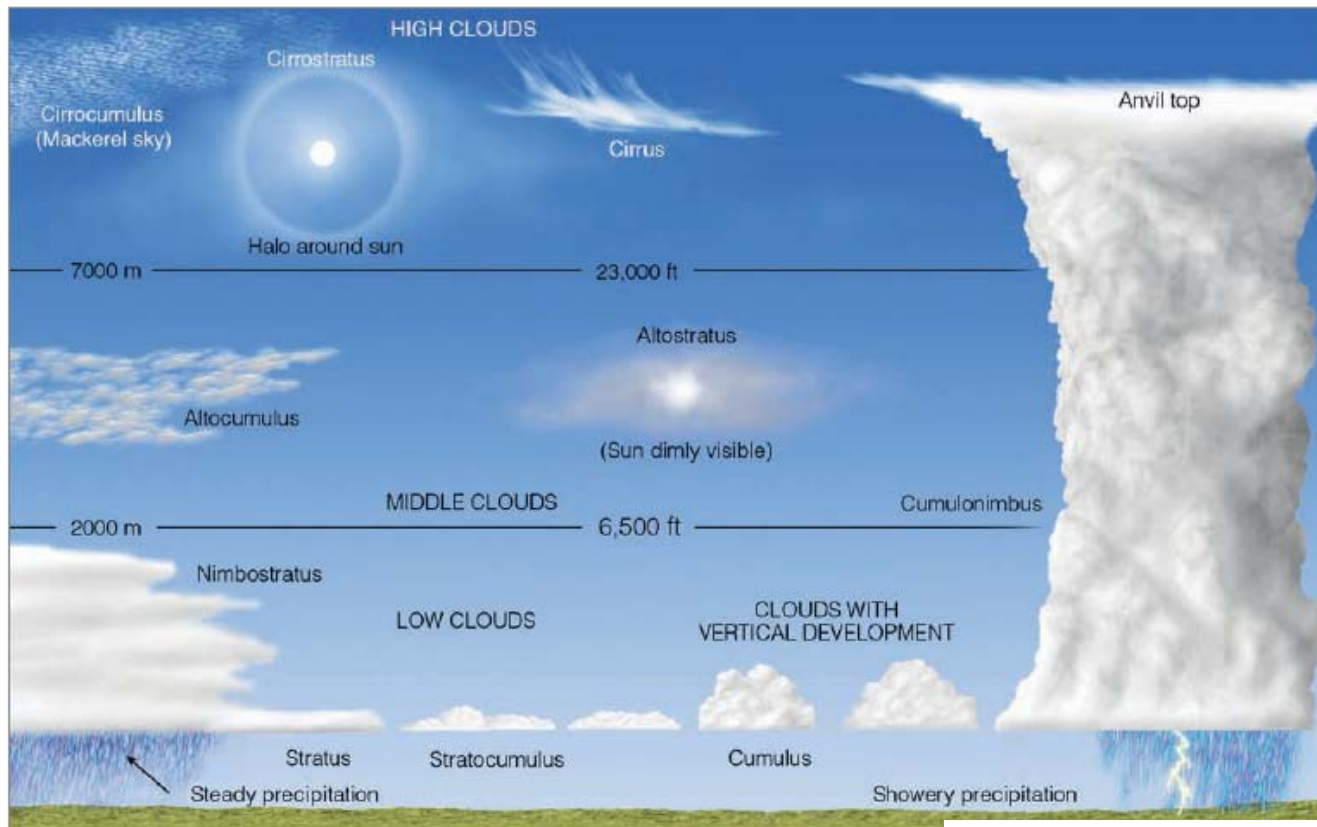


Δημιουργία νεφών

- ✓ Τοπική θέρμανση – Κατακόρυφη ανάπτυξη
- ✓ Επίδραση τοπογραφίας
- ✓ Τα νέφη διακρίνονται σε:
 - Στρωματόμορφα νέφη (Stratoform - STF)
 - Σωρειτόμορφα νέφη ή ανοδικών ρευμάτων (Cumulus)
- ✓ Άλλη κατάταξη:
 - Κατώτερα
 - Μεσαία
 - Ανώτερα νέφη
 - Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης



Κατηγορίες νεφών



1. High clouds

Cirrus (Ci)

Cirrostratus (Cs)

Cirrocumulus (Cc)

2. Middle clouds

Altostratus (As)

Altostratus (Ac)

3. Low clouds

Stratus (St)

Stratocumulus (Sc)

Nimbostratus (Ns)

4. Clouds with vertical development

Cumulus (Cu)

Cumulonimbus (Cb)

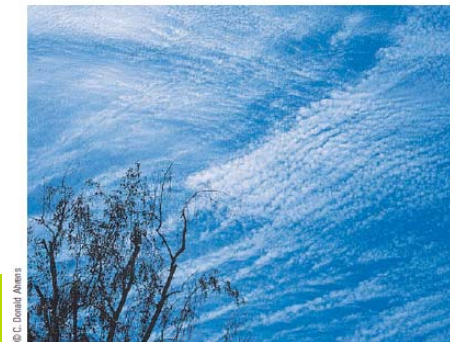


Ανώτερα νέφη > 6000m

✓ Cirrus-Ci (Θύσανοι)



✓ Cirrostratus – Cs



2000m < Μεσαία νέφη < 6000m



Altocumulus-Ac



Altostratus-As



Κατώτερα νέφη < 2000m



Nimbostratus-Ns



Stratocumulus-Sc



Stratus-St



Νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης



Cumulonimbus-Cb



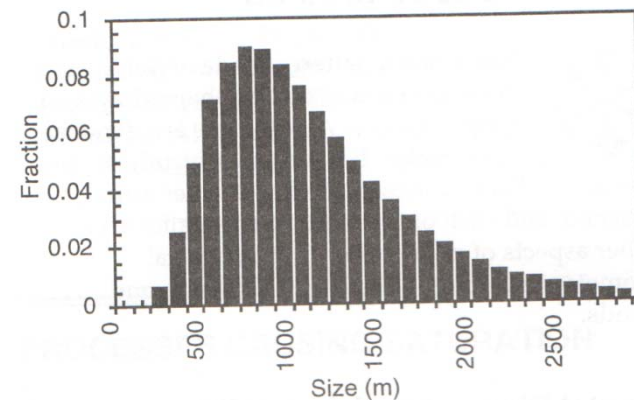
Cumulus-Cu



Μέγεθος και σχήμα νεφών

- ✓ Σύννεφα όπως οι σωρείτες και οι σωρειτομελανίες έχουν συχνά διάμετρο σχεδόν ίση με το βάθος τους. Στην καλοκαιρία ένας σωρείτης έχει μέγεθος 1km ενώ σε περιπτώσεις καταιγίδας το μέγεθος μπορεί να φτάσει τα 10km.
- ✓ Τα σύννεφα δεν είναι ίδια σε διαστάσεις και σε κάθε χρονική στιγμή παρουσιάζουν ένα ολόκληρο φάσμα μεγεθών με λογαριθμική κατανομή που δίνεται ως:

$$f(X) = \frac{\Delta X}{\sqrt{2\pi} X S_x} \exp \left[-0,5 \left(\frac{\ln(X / L_x)}{S_x} \right)^2 \right]$$



- ✓ X η διάμετρος του νέφους, ΔX ένα μικρό εύρος μεγεθών, $f(X)$ το φάσμα των νεφών με μεγέθη $X - 0.5 \Delta X$ και $X + 0.5 \Delta X$, L παράμετρος που δηλώνει θέση και S_x αδιάστατη παράμετρος διασποράς. Αυτοί οι παράμετροι μεταβάλλονται πολύ με το χρόνο και τη θέση.



Fractals

- ✓ Τα fractals είναι πατέντες που σχηματίζονται από τοποθέτηση μορφών της μιας πάνω στην άλλη. Οι μορφές αυτές έχουν διάφορες κλίμακες μεγεθών. Ως παράδειγμα μπορούμε να θεωρήσουμε τη μορφή μιας νιφάδας χιονιού που τα άκρα της διακλαδίζονται συνεχώς από το κέντρο. Κάθε άκρο έχει μικρότερα άκρα και αυτά με τη σειρά τους ακόμη μικρότερα άκρα.
- ✓ Η διάσταση fractal είναι ένα μέτρο της ικανότητας να καλύπτεται ο χώρος. Για παράδειγμα εάν έχουμε τη σκιά ενός συννέφου με περίπλοκη περιφέρεια μήκους L και επιφάνειας A , τότε έχουμε ως διάσταση fractal D το λόγο:

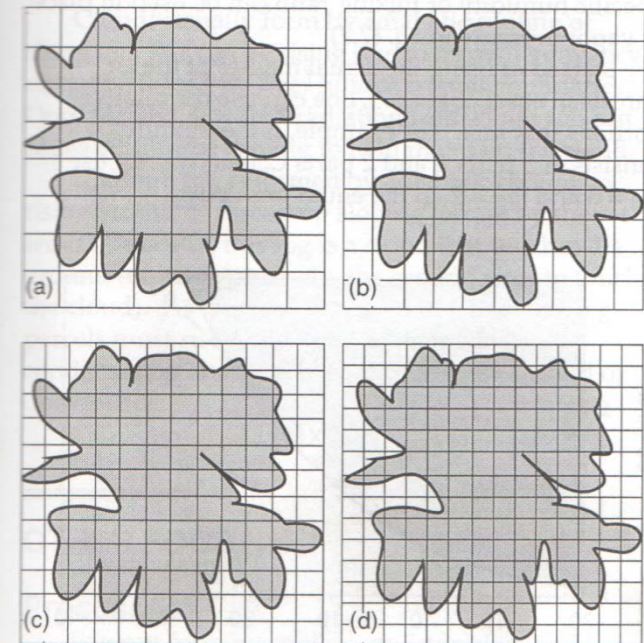
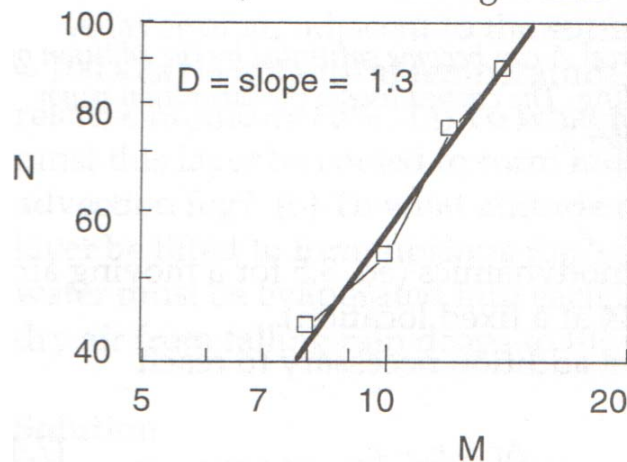
$$D = 2 \frac{\log(L)}{\log(A)}$$



Fractals-Box Counting Method

$$D = \frac{\log(N_1 / N_2)}{\log(M_1 / M_2)}$$

M: αριθμός των τετραγώνων διαχωρισμού
N: Πλήθος τετραγώνων που καταλαμβάνει το σχήμα



Συμπυκνώσεις υδρατμών στο έδαφος

- ✓ ΔΡΟΣΟΣ :Μετά από μία ανέφελη και νήνεμη νύκτα κατά τις πρωινές ώρες η χλόη, τα φύλλα των δένδρων και γενικά οι επιφάνειες των διάφορων σωμάτων καλύπτονται από λεπτά υδροσταγονίδια. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται δρόσος.
- ✓ ΠΑΧΝΗ: Όταν η συμπύκνωση των υδρατμών κοντά στο έδαφος γίνεται με θερμοκρασία κάτω από το μηδέν, τότε οι υδρατμοί μεταβαίνουν απευθείας από την αέρια στη στερεή κατάσταση και σχηματίζουν παγοκρυστάλλους. Το φαινόμενο αυτό καλείται πάχνη.

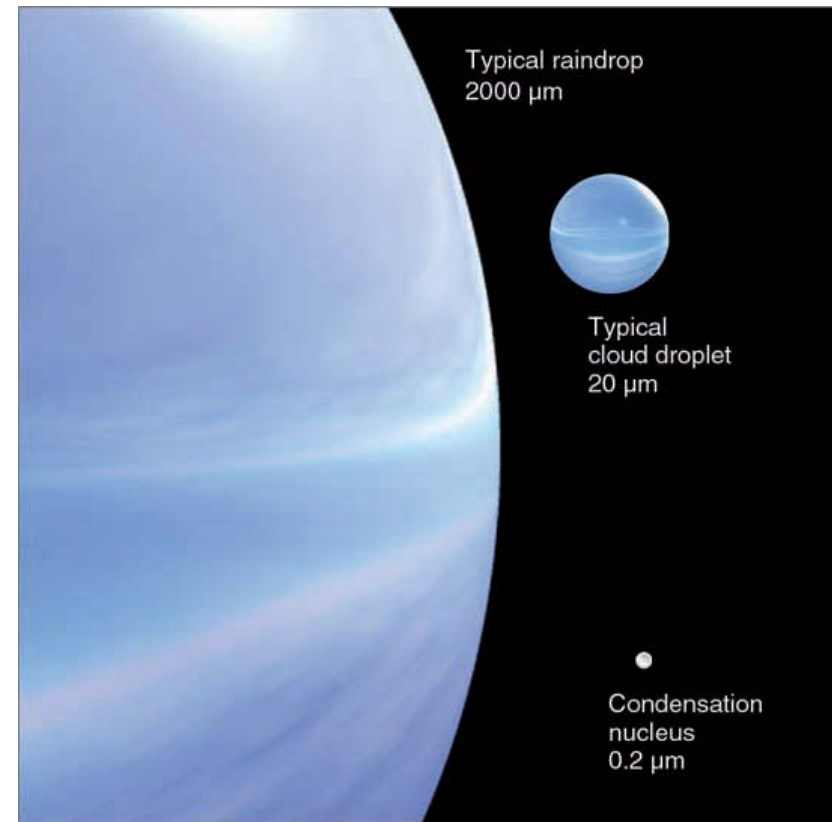
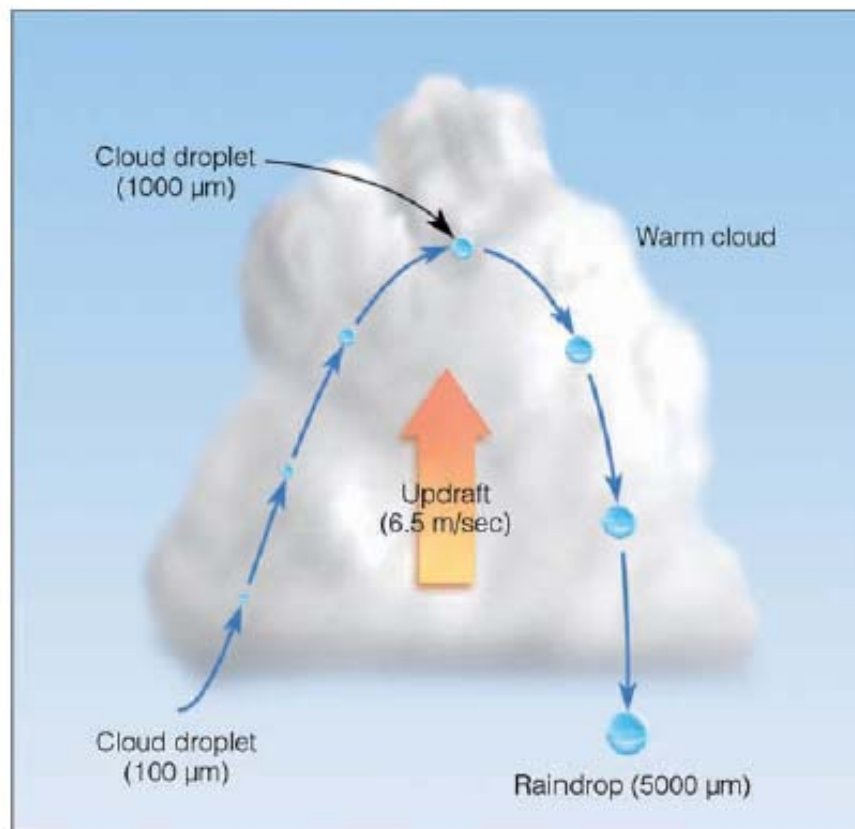


Υετός - Βροχόπτωση

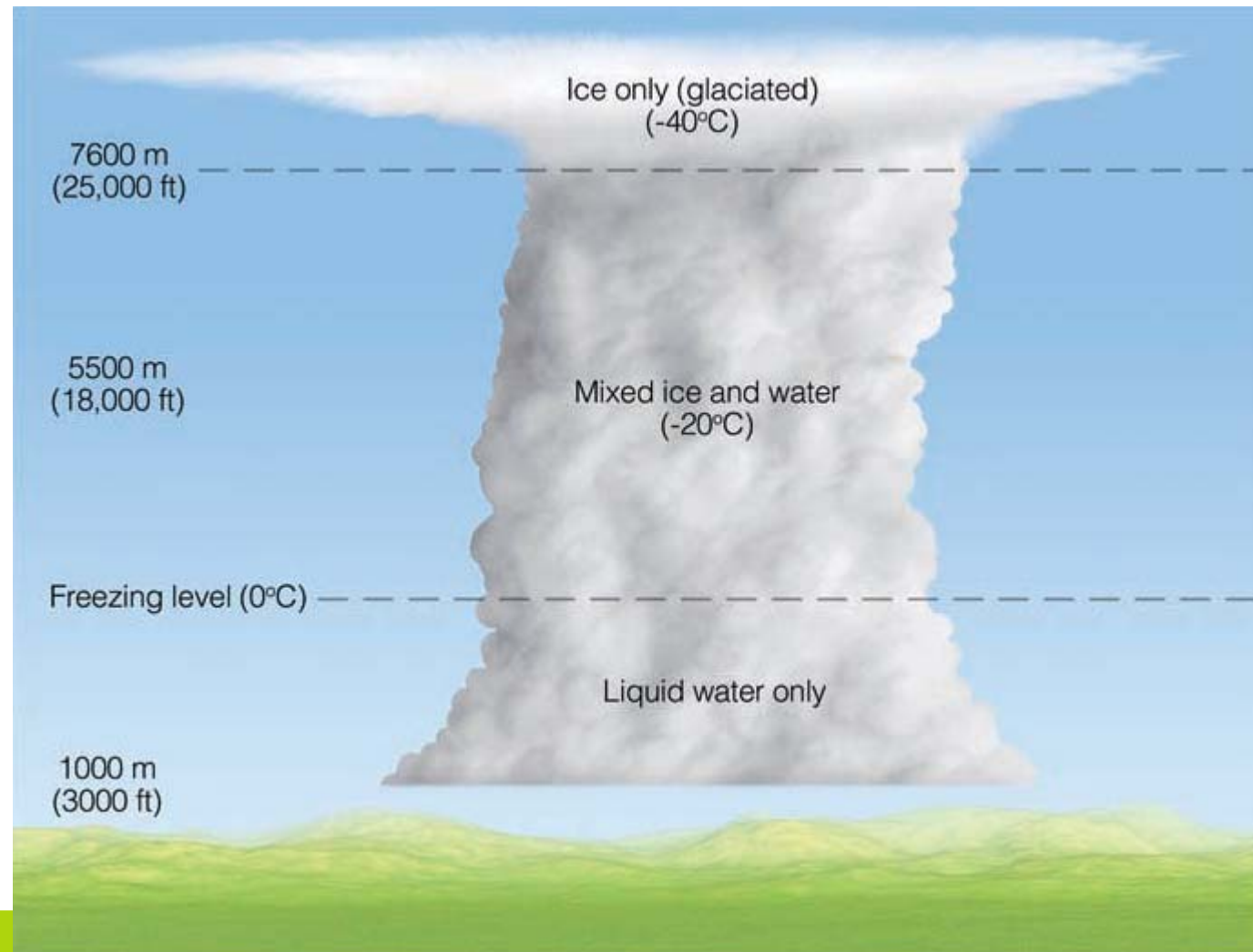
- ✓ Όταν τα υδροσταγονίδια, από τα όποια αποτελούνται τα σύννεφα, ενωθούν μεταξύ τους σχηματίζουν υδροσταγόνες. Οι υδροσταγόνες εξαιτίας του βάρους τους πέφτουν με μεγάλη σχετικά ταχύτητα και όταν φθάσουν στην επιφάνεια της Γης, δημιουργούν το φαινόμενο της βροχής.
- ✓ Ο τρόπος, με τον οποίο γίνεται ή συνένωση αυτή, δεν είναι εντελώς γνωστός. Από τις διάφορες θεωρίες, που έχουν προταθεί, επικρατέστερες είναι δύο.
 - Η μία υποστηρίζει ότι η συνένωση γίνεται όταν τα νέφη περιέχουν εκτός από υδροσταγονίδια και πολύ λεπτούς παγοκρυστάλλους.
 - Η άλλη ότι οι υδροσταγόνες σχηματίζονται στα κατώτερα τμήματα του νέφους και ο σχηματισμός γίνεται από τη συνένωση υδροσταγονιδίων με διαφορετικές διαστάσεις.



Μέγεθος υδροσταγόνων βροχής

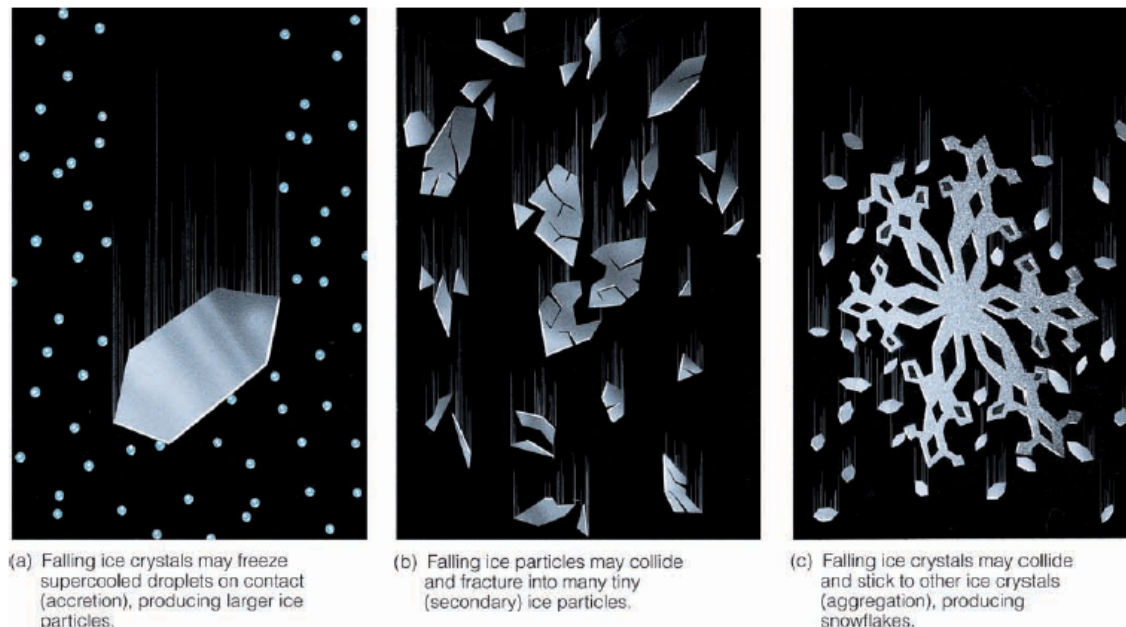


Κατανομή νερού με το ύψος στην ατμόσφαιρα



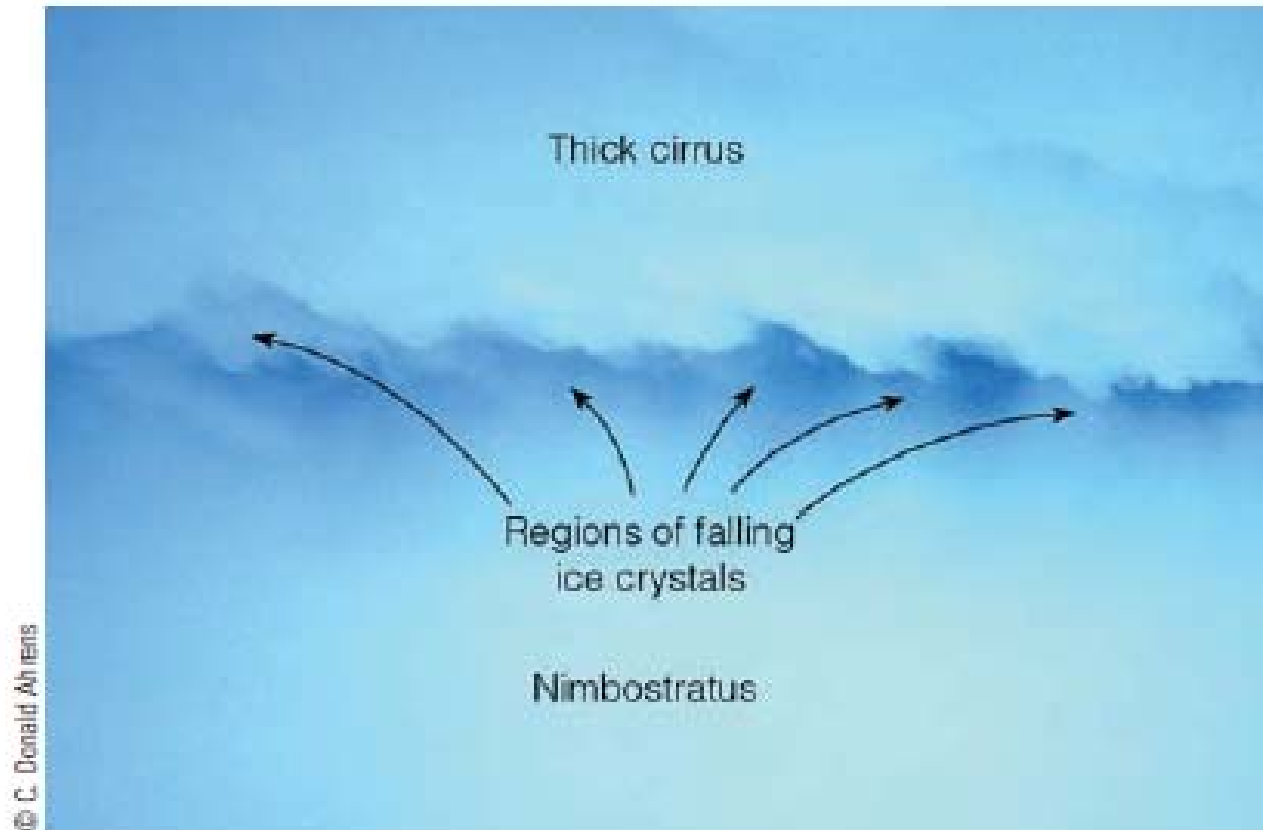
Χιόνι

- ✓ Όταν οι παγοκρύσταλλοι που δημιουργούνται σ' ένα σύννεφο μεγαθύνονται, τότε πέφτουν με μεγαλύτερη ταχύτητα και τελικά εγκαταλείπουν το σύννεφο. Όταν προλάβουν και φτάσουν στην επιφάνεια του εδάφους, πριν να λιώσουν, τότε δημιουργούν το φαινόμενο του χιονιού.
- ✓ Αν η θερμοκρασία του αέρα είναι πολύ χαμηλή (-8 - 10 C κάτω από το μηδέν), τότε το χιόνι πέφτει με μορφή μικρών παγοκρυστάλλων. Όταν η θερμοκρασία είναι μεταξύ -12°C και -16°C τότε οι παγοκρύσταλλοι ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν νιφάδες.



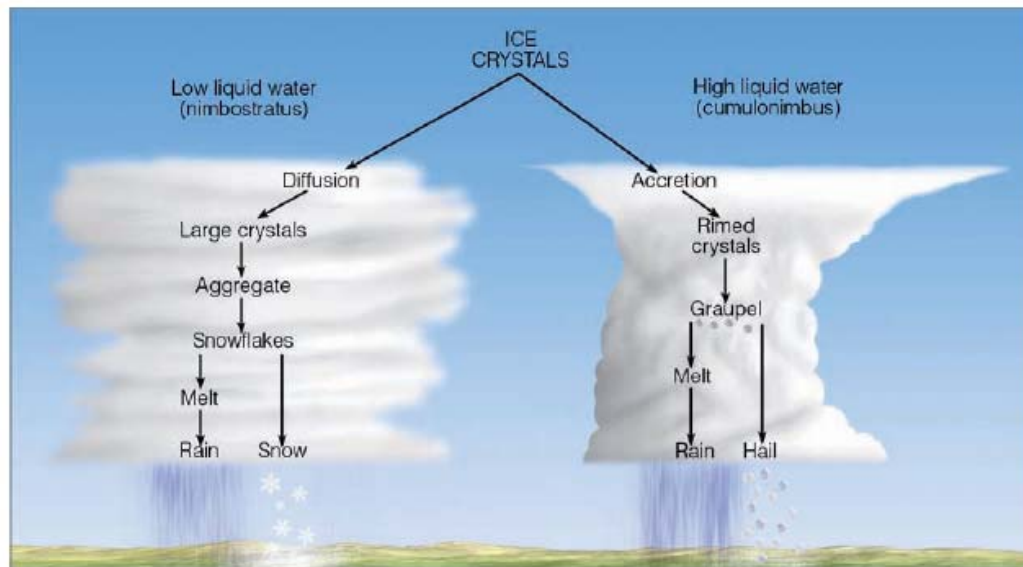
● FIGURE 7.10 Ice particles in clouds.

Τροφοδότηση νεφών



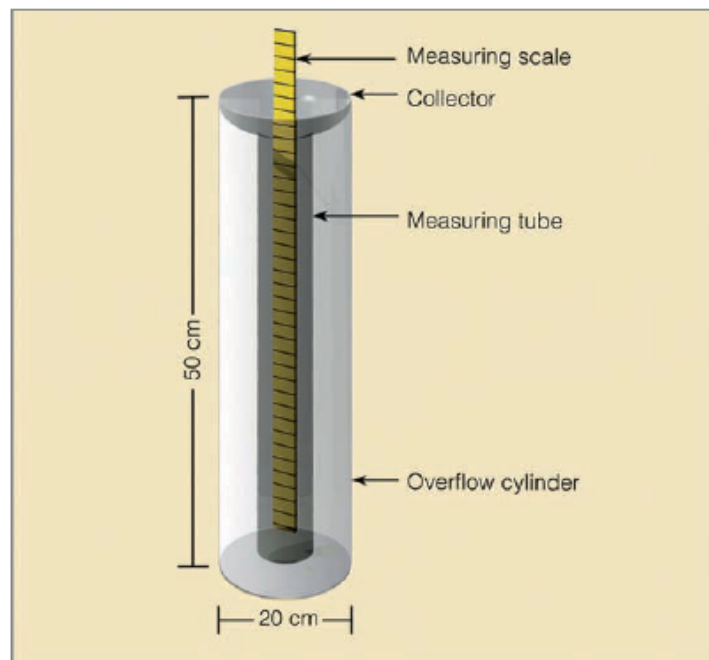
Χαλάζι

- ✓ Το χαλάζι αποτελείται από μικρές σφαιρικές μάζες πάγου με διάμετρο 5-50 mm ή και περισσότερο. Όμως έχουν πέσει χαλαζόκοκκοι με διάμετρο 150 mm περίπου και με βάρος μεγαλύτερο από ένα κιλό.
- ✓ Το χαλάζι σχηματίζεται κυρίως μέσα σε cumulonimbus και απαιτεί ισχυρά ανοδικά ρεύματα.



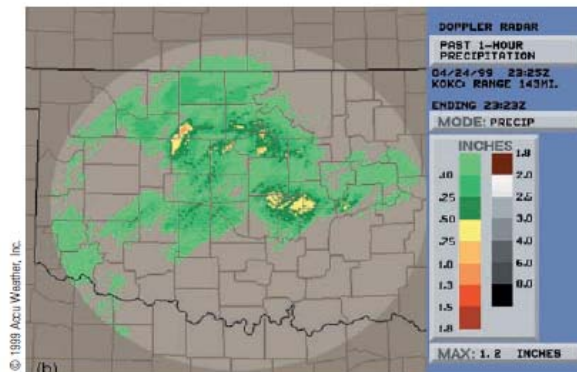
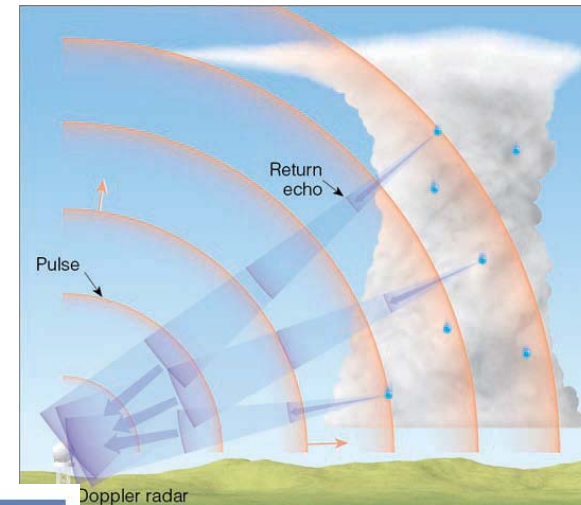
Μέτρηση βροχόπτωσης

- ✓ Βροχόμετρα:
 - Ύψος
 - Ένταση βροχόπτωσης



Doppler Radars

- ✓ Το Ραντάρ έχει καταστεί ένα βασικό εργαλείο για να συγκεντρώνει πληροφορίες σχετικά με τις καταιγίδες και βροχοπτώσεις σε απρόσιτες περιοχές.
- ✓ Ουσιαστικά, η μονάδα ραντάρ αποτελείται από μια συσκευή αποστολής σημάτων που στέλνει παλμούς μικροκυμάτων. Όταν αυτή η ενέργεια συναντά ένα μέρος της ενέργειας ανακλάται προς τα πίσω και ανιχνεύεται από ένα δέκτη.
- ✓ Η επιστροφή ενισχύεται και εμφανίζεται σε μια οθόνη, που παράγει μια εικόνα, ή ηχώ, από το στόχο.



Δορυφόροι

✓ Cloudsat

