

# CONDENSAZIONI E PRECIPITAZIONI

## Condizioni per la condensazione

Il processo di condensazione è, come abbiamo visto, determinato dal passaggio di stato che porta l'acqua dallo stato gassoso (vapore acqueo) a quello liquido. Durante questo processo viene rilasciata nell'ambiente una grossa quantità di energia (600cal/g).

Generalmente, in meteorologia, quando si parla di condensazione spesso ci si riferisce, in modo indistinto, sia al processo di condensazione vero e proprio che a quello di brinamento, in quanto, a caratterizzare i due processi, c'è solo una differenza di temperatura: positiva nel primo caso (è cioè superiore a 0°C), negativa nel secondo.

Il meccanismo che definisce il processo di condensazione non è semplice. E' infatti necessario che siano presenti alcune condizioni, come per esempio la presenza dei nuclei di condensazione. In assenza di questi ultimi, il processo non può aver luogo ed è possibile trovarsi nelle condizioni di aria sovrassatura, cioè con umidità relativa superiore al 100%. Si noti che in queste condizioni si può arrivare anche a valori di umidità del 400% senza che la condensazione abbia luogo.

Affinché avvenga la condensazione è necessario che siano soddisfatte le seguenti condizioni:

1. Vi sia un sufficiente contenuto di vapore acqueo nell'aria.
2. Abbia luogo un raffreddamento dell'aria al di sotto del punto di rugiada.
3. Siano presenti i nuclei di condensazione.

Si osservi inoltre che nel fenomeno della rugiada o della brina, tipiche delle stagioni tardo autunnali ed invernali, queste condizioni sono di solito definite dal processo di raffreddamento notturno, specie negli strati inferiori, che porta alla saturazione e nella presenza di superfici piane (foglie o lamiere delle automobili) ove il fenomeno prende atto.

Si comprende, pertanto, come il processo di raffreddamento, indispensabile affinché la condensazione abbia luogo, risulti favorito dalle seguenti condizioni: Irraggiamento del calore

- Miscelamento di masse d'aria differenti
- Espansione adiabatica

Non a caso, il fenomeno della rugiada e della brina, si manifestano a seguito di nottate particolarmente serene, allorché, l'irraggiamento del calore, accumulato durante il giorno, risulta particolarmente intenso, in condizioni di stabilità dell'aria.

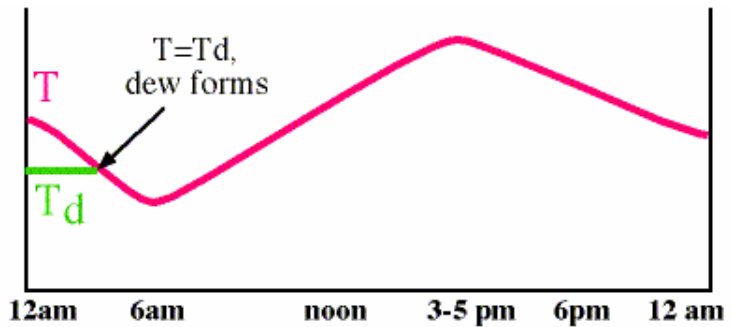


Fig. 1 Condizioni per la condensazione.

## Forme di condensazione

La classificazione avviene essenzialmente in funzione del raffreddamento e della quota; si distinguono:

1. Rugiada
2. Brina
3. Nubi
4. Nebbie

La rugiada si manifesta allorché la temperatura dell'aria scende al di sotto del punto di rugiada, cioè se  $t \leq t_D$  con  $t > 0^\circ$ , dove  $t_D$  rappresenta la temperatura di rugiada dell'aria (dew point)

Lo strato interessato dal processo è limitato a qualche decina di centimetri.

Il processo di brinamento o sublimazione, che porta alla formazione della brina, è del tutto simile al precedente, ma, questa volta, risulta verificata la condizione  $t \leq t_D < 0$ . Si parlerà di "frost point",  $t_f$  anziché di "dew point".

Le nubi rappresentano la manifestazione del processo di condensazione in quota per effetto del raffreddamento conseguente all'espansione adiabatica a seguito dell'ascesa di una "bolla di aria".

A seconda dei casi le nubi sono costituite da particelle di :

- Acqua (nubi grigiastre)
- Ghiaccio (nubi bianche)

A rigore va osservato che spesso anche lo spessore della nube gioca un ruolo fondamentale nella sua colorazione, perciò una nube molto spessa può apparire grigia anche se la temperatura al suo interno è ben al di sotto del punto di gelo.

Le nubi si formano allorché risulta verificata la condizione:  $t \leq t_D$ , già vista in precedenza. Condizione questa raggiunta a seguito del processo di raffreddamento adiabatico, cioè aria che è ascesa, si è espansa per effetto della riduzione della pressione e si è conseguentemente raffreddata.

In teoria, a causa del loro peso, le goccioline di acqua tenderebbero a precipitare, con moto naturalmente accelerato, per effetto della forza di attrazione gravitazionale. In realtà l'attrito dell'aria e la presenza di deboli correnti ascensionali, non ultime quelle convettive, impedisce che questa condizione si realizzi subito.

	Raggio della particella (mm)	Velocità Terminale (m/s)
Nuvola	0.001	0.0001
	0.005	0.0025
	0.01	0.01
	0.05	0.25
Pioggerella	0.1	0.7
	0.25	2.0
Pioggia	0.5	3.9
	1.0	6.5
	1.5	8.1
	2.0	8.8
	2.5	9.1

Tab. 1 Velocità terminale in funzione delle dimensioni della particella.

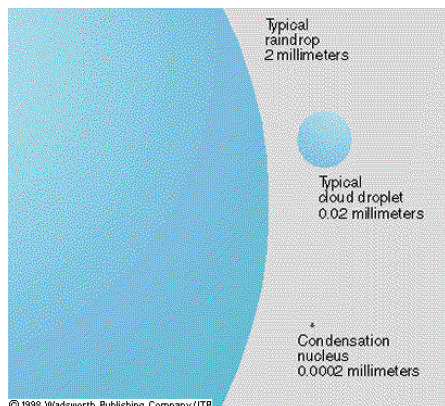


Fig. 2 Dimensioni tipiche delle gocce di pioggia, delle goccioline nelle nubi e dei nuclei di condensazione.

## CONDENSAZIONI E PRECIPITAZIONI

Le goccioline di acqua che compongono la nube presentano un diametro di 0,05mm; inoltre non sono ferme, ma, ben presto, raggiungono una velocità detta velocità terminale che corrisponde a circa 0,25m/s (Tabella 1).

Le nebbie, infine, sono il risultato del processo di condensazione in prossimità del suolo, dovuto come vedremo, a varie cause.

In particolare si parla di nebbia o di foschia a seconda che la visibilità sia inferiore o superiore al chilometro. Lo smog è infine determinato dalla concentrazione di particelle solide nell'aria ed è tipico delle aree industriali ad elevata emissione di agenti inquinanti (smoke + fog).

La presenza di nubi e nebbie consente infine di definire la frazione di copertura del cielo secondo una scala compresa tra 0-9, i cui estremi indicano rispettivamente condizioni di cielo sereno e di cielo invisibile.

### Generalità sulle nuvole

Poiché il problema delle nubi viene trattato, specie per la parte pratica, in una dispensa a sé stante, per ora ci accontentiamo di delinearne le caratteristiche essenziali. In generale lo stato del cielo viene definito a partire dal tipo e dalle caratteristiche della nube nonché dalla frazione di copertura del cielo.

Le nubi possono essere classificate in base a differenti caratteristiche. Ricordiamo in particolare:

#### 1. Aspetto:

- Cirri (Ci)
- Cumuli (Cu)
- Strati (St)
- Nemi (Nb)

#### 2. Sviluppo:

- Orizzontale o stratificato
- Verticale o cumuliforme
- Misto

#### 3. Altezza: l'altezza delle nuvole è evidentemente funzione dell'altezza della troposfera. In ogni caso quelle più alte sono i cirri, mentre quelle più basse sono gli strati. Si suddividono in tre categorie:

- Alte (CH)
- Medie (CM)
- Basse (CL)

#### 4. Colore:

- Bianche (presenza di ghiaccio)
- Grigie (presenza di acqua)

#### 5. Genesi:

- Convezione: sono generate da movimenti verticali di masse di aria instabili.
- Stratiformi: si possono formare sia dal rimescolamento delle masse di aria che dalla lenta ascensione di una massa d'aria lungo una superficie di discontinuità, condizione questa, tipica del fronte caldo.
- Orografiche: sono nubi originate da una massa di aria che, nel tentativo di superare un rilievo, è costretta ad ascendere. Le nubi che si vengono così a formare possono essere a carattere stratificato, se il pendio è piccolo, oppure di tipo cumuliforme se il pendio è notevole.

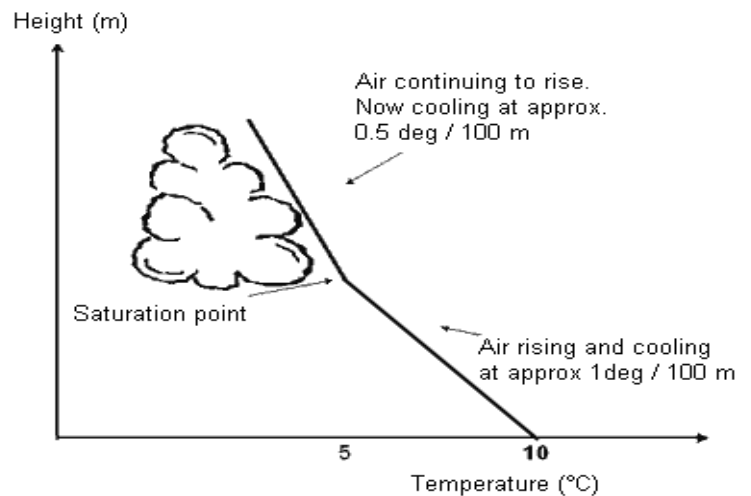


Fig. 3 Processo di formazione della nuvola.

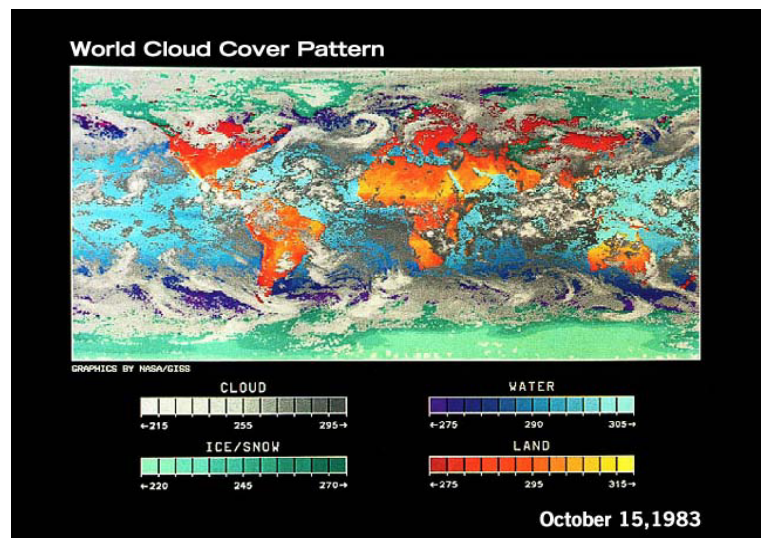


Fig. 4 Distribuzione mondiale della nuvolosità.



Fig. 5 In senso orario: nubi alte, medie e basse.



# CONDENSAZIONI E PRECIPITAZIONI

## Tipi di nebbia

Essendo la nebbia determinata dagli stessi fenomeni che provocano la formazione delle nubi, si tratta, per operare una classificazione, di stabilire quali sono le tipologie di raffreddamento che si possono manifestare in prossimità del suolo. Distinguiamo pertanto:

**Nebbia da radiazione:** è determinata dal raffreddamento per irraggiamento del suolo ed è un fenomeno tipico delle nottate caratterizzate da cielo sereno ed assenza di vento, in un ambiente caratterizzato da un certo tenore di umidità, con atmosfera stabile.

Queste condizioni, se si protraggono nel tempo, portano all'inversione termica con formazione della rugiada e, successivamente, della foschia e della nebbia.

Da osservare che il fenomeno si manifesta con una certa intensità nelle ore più fredde della giornata (prima dell'alba e dopo il tramonto) e si dissolve nelle ore più calde. Se le condizioni di stabilità dell'atmosfera si protraggono per molti giorni è però possibile che il fenomeno si mantenga per l'intera giornata. Infatti, la presenza di un regime di vento non troppo intenso può portare ad un rimescolamento degli strati superiori dell'aria, determinando spessori di potenza anche superiori ai 100 metri.

In talune circostanze (tipiche del Nord Europa) la nebbia può essere trasportata dal vento.

**Nebbia di avvezione:** questo tipo di nebbia si forma quando una massa di aria umida scorre sopra una superficie più fredda. E' un processo tipico del mare, nei punti in cui c'è confluenza tra correnti marine calde e fredde, oppure in

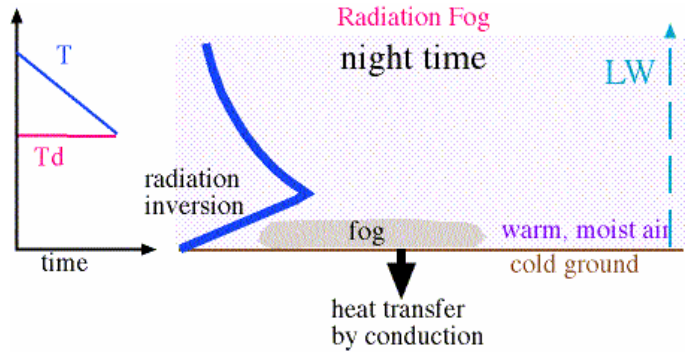


Fig. 6 Condizioni per la nebbia da irraggiamento.

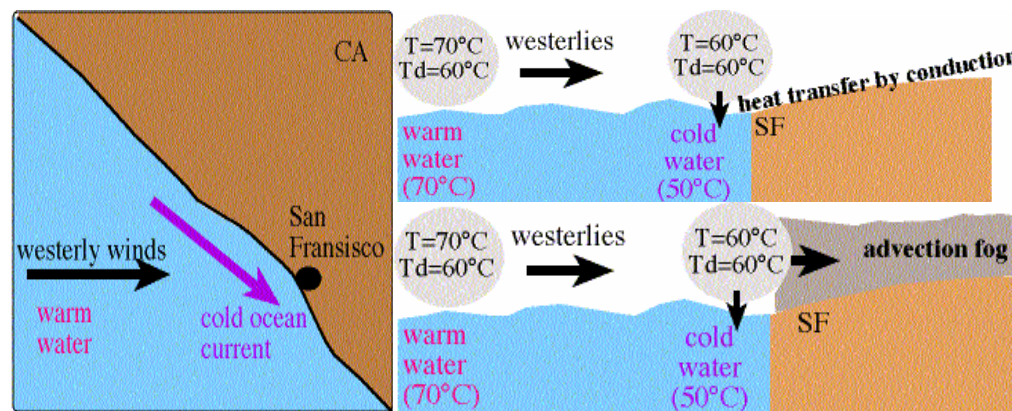


Fig. 7 Processo di formazione della nebbia di avvezione.

corrispondenza dell'interfaccia oceano (oppure mare, lago o fiume), più caldo e continente, più freddo.

Il processo che porta alla formazione della nebbia è molto semplice: l'aria calda ed umida si raffredda dal basso e diventa più stabile. Se  $t \leq t_D$  si ha la formazione della

nebbia. Questa situazione è tipica in

California, Terranova, Perù e Cile.

**Nebbia di evaporazione:** è un fenomeno poco frequente che si forma sui mari, laghi e fiumi quando l'acqua è più calda dell'aria sovrastante. Si parla di "sea smoke". Il fenomeno si può vedere in Norvegia e nel nord Europa.

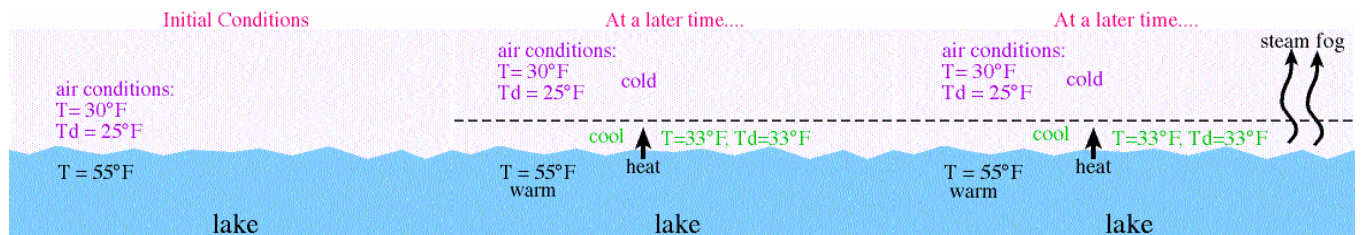


Fig. 8 Processo di formazione della nebbia da evaporazione.

**Nebbia da ascesa orografica:** è un fenomeno che si manifesta allorché una massa di aria comincia ad ascendere lungo un pendio e, raffreddandosi, raggiunge la temperatura di rugiada.

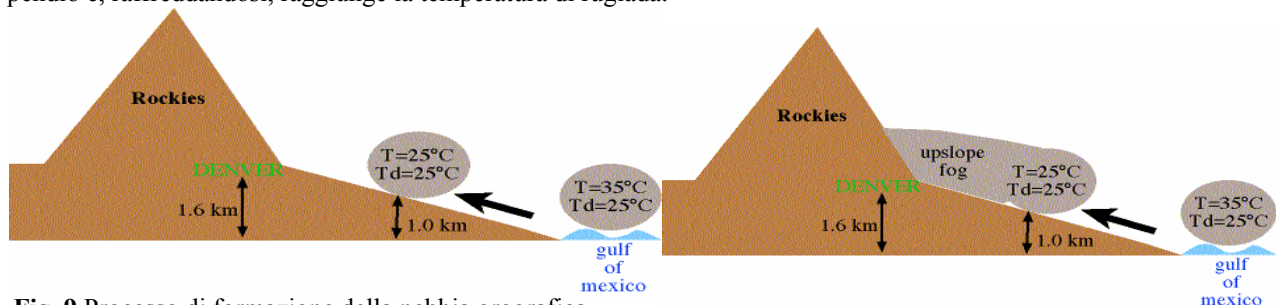


Fig. 9 Processo di formazione della nebbia orografica.

## CONDENSAZIONI E PRECIPITAZIONI

### Stima dell'istante della nebbia

Il metodo che ora introduciamo è un metodo approssimato permette di stimare l'istante più probabile di formazione della nebbia in mare. In sostanza si tratta di effettuare delle misure ad intervalli regolari dei valori della temperatura del mare e della temperatura di rugiada dell'aria e, successivamente, di riportarli in grafico in relazione all'istante di misura. Nel punto di intersezione tra le due rette, indicanti l'andamento della temperatura del mare e di quella di rugiada, si determina l'istante più probabile per la formazione della nebbia (Figura 10).

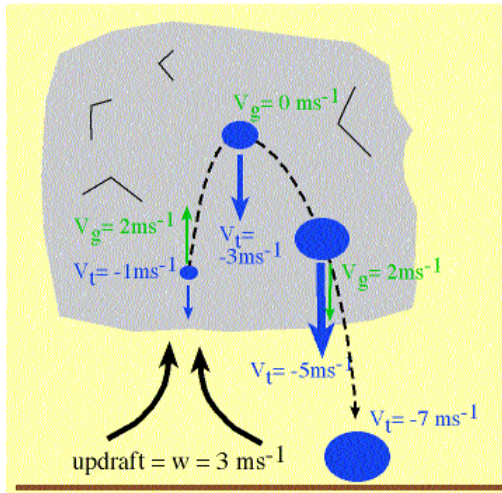


Fig. 11 Ciclo di una goccia di pioggia.



Fig. 12 Cristallo di neve.



Fig. 13 Chicchi di grandine.

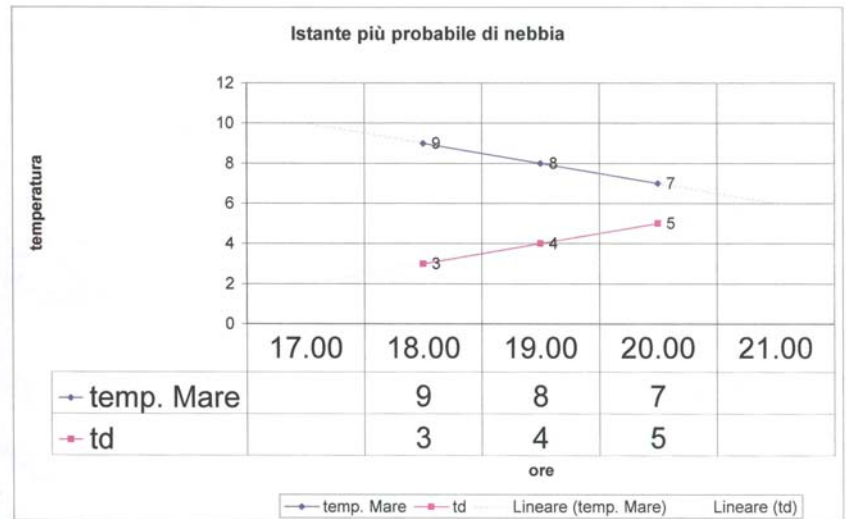


Fig. 10 Stima dell'istante più probabile di nebbia.

### Precipitazioni

La precipitazione rappresenta la terza fase del ciclo dell'acqua.

La formazione delle gocce di pioggia è spiegata dalla teoria della coalescenza. Questa teoria afferma che l'esistenza di nuclei di condensazione più grandi della media da origine a gocce più grandi caratterizzate da una velocità terminale che non è in grado di mantenere in quota la goccia, che, pertanto, comincia a cadere. Nel processo di caduta quest'ultima finisce con l'urtare altre particelle accrescendo via via di dimensioni, peso, velocità, innescando un processo a catena.

### Tipi di precipitazioni

Distinguiamo:

**Pioggia:** è una precipitazione di gocce di acqua aventi diametro superiore ai 0,5mm, altrimenti si parla di pioggerella ( $d < 0,5\text{mm}$ ). Si misura in millimetri (mm) con il pluviografo.

Si distinguono:

**piogge da instabilità:** sono tipici esempi il temporale da instabilità ed il temporale estivo. Nel primo caso l'aria sale a causa dei moti convettivi, condensa, libera calore latente, porta a precipitazione, si condensa nuovamente e genera umidità. Non a caso dopo la pioggia da instabilità aumenta anche la temperatura. Il temporale estivo non nasce a causa di instabilità, ma piuttosto da un impulso di aria fredda che spinge l'aria calda verso l'alto, portando al fenomeno. Non a caso dopo la pioggia la temperatura è diminuita in quanto è cambiata la qualità dell'aria.

**piogge cicloniche:** sono le piogge associate alle perturbazioni. Possono essere violente (fronte freddo, cicloni tropicali) o leggere e persistenti (fronte caldo).  
**piogge orografiche:** sono le precipitazioni che si manifestano a seguito di un'ascesa forzata di una massa di aria. Tipico è il caso della catena montuosa da superare.

**Neve:** si ha neve quando la temperatura scende al di sotto del punto di gelo. La neve è costituita da cristalli di ghiaccio esagonali, a stella o ramificati (Figura 12). Solitamente la neve porta ad un brusco rialzo della temperatura a

causa del calore latente di sublimazione. In caso di temperature molto basse si ha neve secca, che non si presenta a fiocchi.

La neve si misura in mm equivalenti di acqua oppure in centimetri (cm).

**Grandine:** è formata da sfere o pezzi di ghiaccio di dimensioni comprese tra 5÷50mm. E' spesso associata agli intensi movimenti convettivi tipici dei fenomeni temporaleschi, ovvero quei fenomeni che coinvolgono l'intera troposfera.

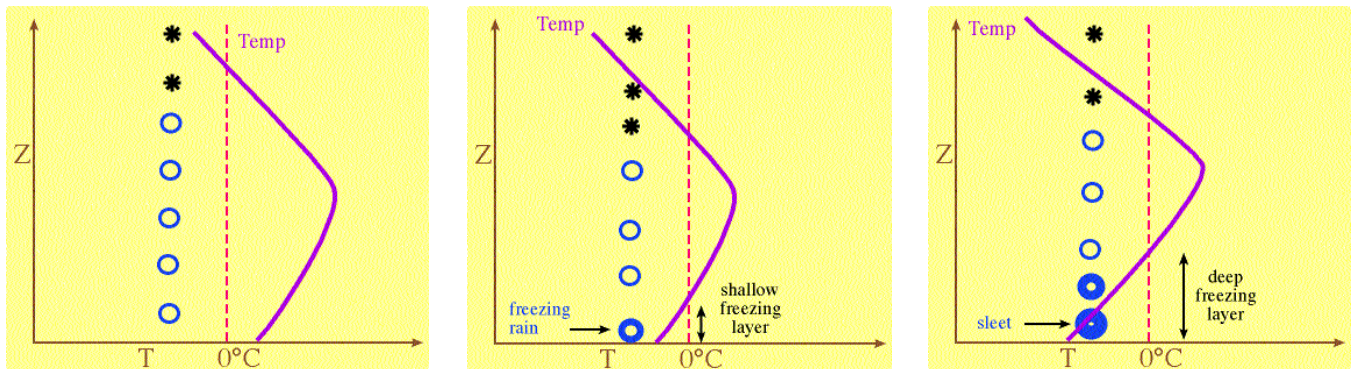
Il chicco di grandine è essenzialmente composto da più strati sovrapposti che aderiscono via via ai precedenti allorché nella fase di cumulo di un temporale, le goccioline di acqua sono soggette ad un violento processo di spostamento



## CONDENSAZIONI E PRECIPITAZIONI

verticale dalla parte più bassa a quella più alta della nube. Tutto ciò è visibile nell'alternanza degli strati di ghiaccio trasparente (il processo di congelamento è lento) e ghiaccio opaco (il processo di congelamento è rapido e rimane intrappolata dell'aria) che caratterizzano il chicco (Figura 15).

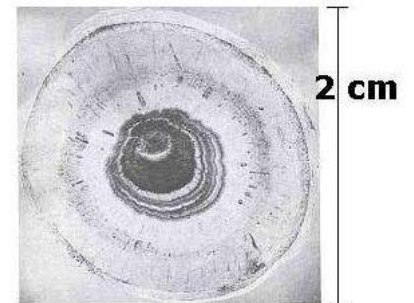
Nei diagrammi riportati in figura 14 si può infine osservare come la natura della precipitazione dipenda dall'andamento verticale della temperatura.



**Fig. 14** Dipendenza del tipo di precipitazione dal profilo verticale della temperatura: pioggia, pioggia sopraffusa e nevischio.

### Riferimenti Bibliografici

- ❑ Abate "Lezioni di meteorologia generale" Ed Liguori.
- ❑ Ahrens, "Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment" Brooks & Cole Pub Co.
- ❑ Barry, Chorley "Atmosphere, weather & climate" Ed. Routledge, Londra
- ❑ <http://apollo.lsc.vsc.edu/>
- ❑ <http://www.meto.govt.nz/education/training/index.html>
- ❑ <http://www.nws.noaa.gov/er/akq/May197.htm>
- ❑ [http://www.umfvg.adriacom.it/conferenzesvolte/Hail4web/chicco\\_strati.jpg](http://www.umfvg.adriacom.it/conferenzesvolte/Hail4web/chicco_strati.jpg)
- ❑ <http://www.wrh.noaa.gov/wrhq/01TAs/0105/>
- ❑ Sannino "Meteorologia Nautica" Ed. Italibri



**Fig. 15** Sezione di un chicco di grandine.