

Meteorologia 12

Meteorologia Aeronautica

Meteorologia Aeronautica

- *Può venire definita come la Scienza che studia i fenomeni pericolosi per il volo.*

Meteorologia Aeronautica

- ***I fenomeni pericolosi per il volo*** sono essenzialmente i seguenti:
 - 1) Turbolenza***
 - 2) Wind Shear***
 - 3) Temporali***
 - 4) Precipitazioni***
 - 5) Icing***
 - 6) Riduzione della visibilità***
 - 7) Eruzioni vulcaniche***

Meteorologia Aeronautica

- **1) Turbolenza:**
- Secondo l'ICAO *la turbolenza è l'insieme di scossoni cui è soggetto un aereo in volo quando incontra correnti ascendenti, discendenti o raffiche di vento.*
- Questa definizione, basata sulle sensazioni dell'equipaggio e dei passeggeri, dipende:
 - dal tipo e dallo stato dell'aereo e
 - dalla reazione del pilota.

Meteorologia Aeronautica

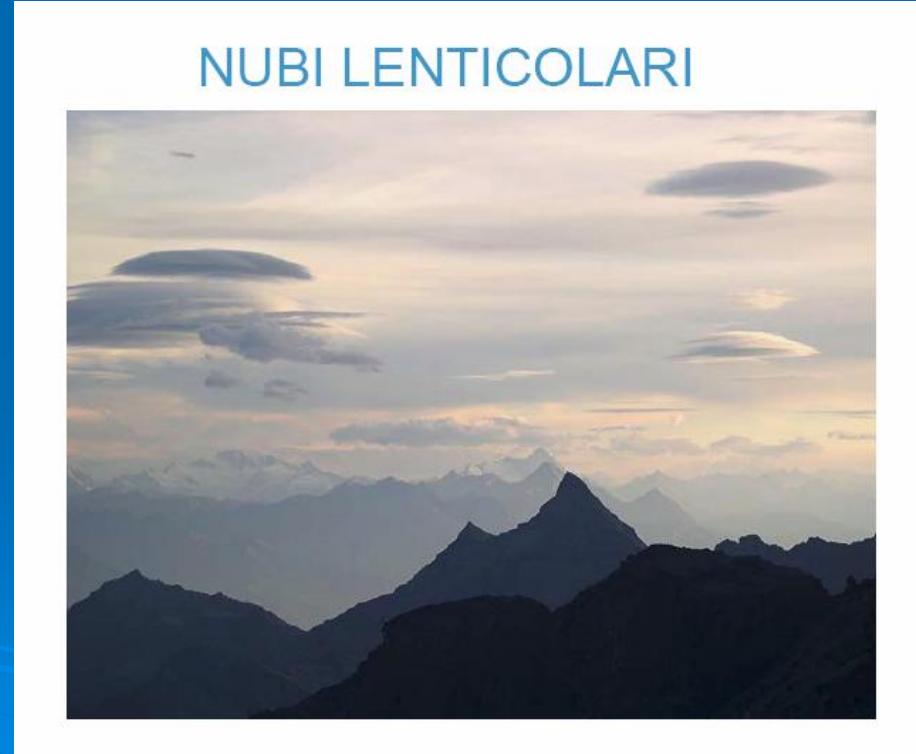
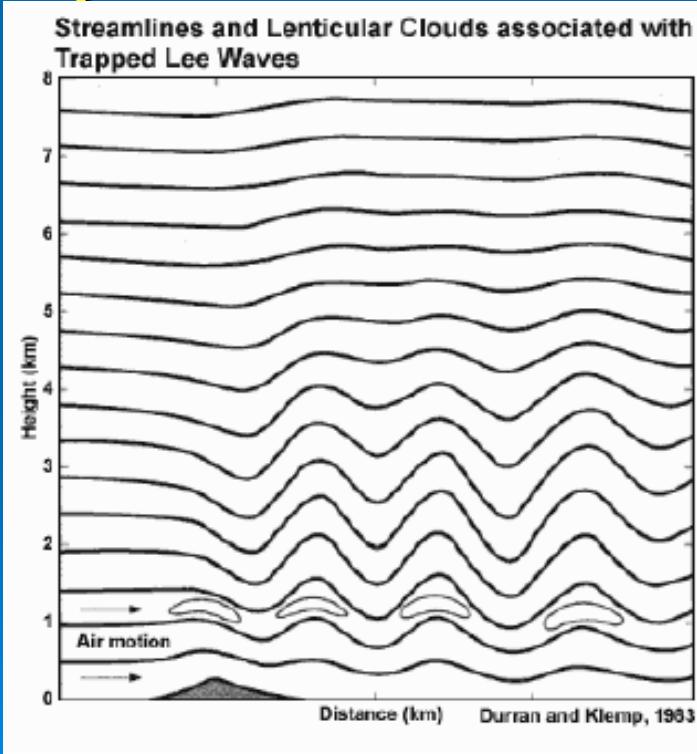
- Un primo criterio per **la classificazione delle turbolenze** è basata sulle reazioni del velivolo:
 - a) **Leggera (Light)**, con momentanee e leggere variazioni di assetto e quota dell'aereo, che però non comportano difficoltà nel mantenere la traiettoria e la quota di volo.
 - b) **Moderata (Moderate)**, con variazioni di assetto più intense che tuttavia non condizionano la condotta del volo.
 - c) **Forte (Severe)**, con ampie, repentine e brusche variazioni di assetto e quota; il velivolo risulta fuori controllo e può subire leggeri danni strutturali.
 - d) **Estrema (Extreme)**, nella quale l'aereo, violentemente sbattuto e totalmente incontrollabile, subisce gravi danni strutturali.

Meteorologia Aeronautica

- Volendo invece **classificare le turbolenze** sui **fenomeni meteo che le producono**, si può parlare di:
 - a) **T. Convettiva**, generata dai *temporali* (*vedi più avanti*);
 - b) **T. Meccanica**, generata dall'incontro delle correnti d'aria con gli ostacoli del terreno;
 - c) **T. in Aria Chiara (CAT)**, generata dall'energia del flusso dell'aria;
 - d) **T. di Scia**, non è un fenomeno meteorologico, ma i suoi effetti sono analoghi a quelli della turbolenza meteorologica.

Meteorologia Aeronautica

- Raccogliamo immagini e notizie:
- **b) Turbolenza meccanica**



Meteorologia Aeronautica

NUBI DI ROTORE



Meteorologia Aeronautica

- **c) *Turbolenza in Aria Chiara***
- ***E' un tipo di turbolenza da scorrimento che si incontra quasi sempre solo ad alta quota, che si manifesta in un'aria priva di nubi.***
- I fenomeni meteorologici ad essa associati sono:
- La ***Corrente a Getto (Jet stream)***, una forte corrente in quota concentrata lungo un'asse quasi orizzontale, caratterizzata da un forte vento;
- ***Saccature e Depressioni in quota***, che possono portare variazioni di vento ai loro bordi e dunque turbolenza;
- Le ***onde orografiche***.

Meteorologia Aeronautica

- **d) Turbolenza di Scia**
- Generata da vortici controrotanti prodotti alle estremità alari, che si allargano con rotazione opposta; questi vortici raggiungono diametri di grandezza dell'apertura alare.



Meteorologia Aeronautica

- **2) Il Wind Shear**
- Secondo l'ICAO, ***il wind shear è una variazione nella direzione e/o velocità del vento, includendo correnti ascendenti o discendenti.***
- E' distinto in **orizzontale** e **verticale**.
- L'ICAO prevede una classificazione in quattro parti a seconda dell'intensità:
 - a) **Leggero (Light)**, tra 0-4 KTS
 - b) **Moderato (Moderate)**, tra 5-8 KTS
 - c) **Forte (Strong)**, tra 9-12 KTS
 - d) **Severo (Severe)**, >12 KTS

Meteorologia Aeronautica

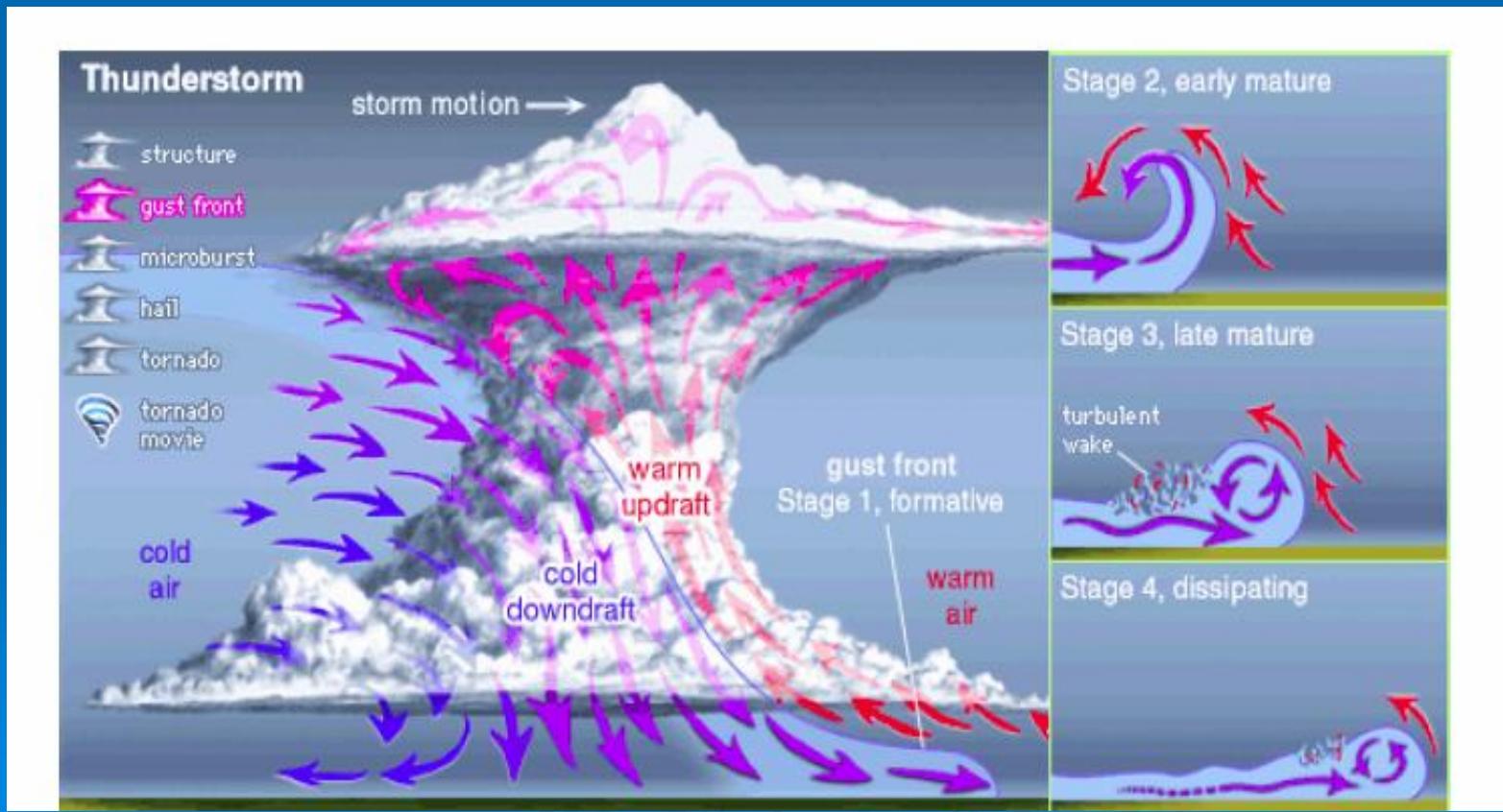
- In **base alla persistenza**, il **wind shear** è classificato in:
- **Non transitorio**, quando la sua durata è nell'ordine delle ore, ed è associato a fronti, fronti di brezza e onde orografiche;
- **Transitorio**, quando la sua intensità è maggiore e la durata è nell'ordine dei minuti; è più pericoloso, la sua scala spaziale è nell'ordine dei metri, è difficile da prevedere e da segnalare ed è associato a nubi temporalesche o convettive.

Meteorologia Aeronautica

- **Cause del Wind Shear**
- **E' causato dal moto di masse d' aria con differente velocità che vengono a contatto tra loro, ovvero**
- **da diverse accelerazioni di masse d' aria vicine.**
- **L'orografia del sito può essere determinante.**

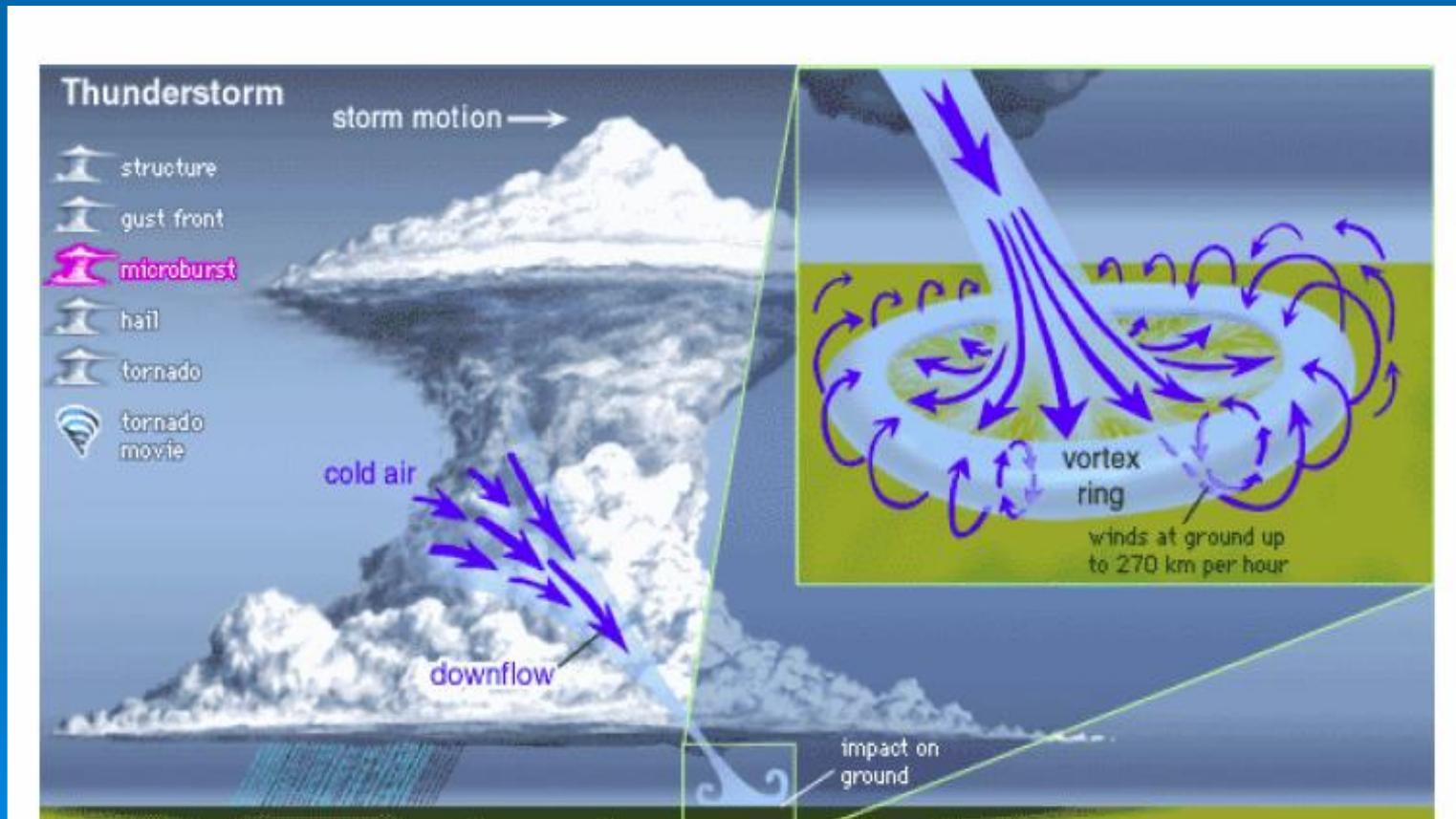
Meteorologia Aeronautica

- **Wind Shear generato sul Fronte delle Raffiche (Gust Front), associato ad un temporale:**



Meteorologia Aeronautica

- Microburst, associati ad un temporale:



Meteorologia Aeronautica

- ***Effetti del Wind Shear sugli Aeromobili***
- ***La pericolosità del wind shear dipende da:***
 - - *tipo di aereo*
 - - *fase di volo*
 - - *scala e durata del wind shear*
 - - *intensità del wind shear*
- ***Il più pericoloso è il LLWS (Low Level Wind Shear).***
- ***Si verifica quando il wind shear si presenta nei primi 600 metri:***
 - - *lungo il sentiero di avvicinamento*
 - - *nella fase terminale di atterraggio*
 - - *nella fase iniziale di decollo*

Meteorologia Aeronautica

- **3) Temporali.**
- **Il temporale è una perturbazione locale caratterizzata da:**
 - **Nubi del tipo cumulonembo;**
 - **Breve durata;**
 - **Fenomeni elettrici;**
 - **Forti raffiche di vento;**
 - **Violente correnti verticali;**
 - **Rovesci di pioggia o grandine.**

Meteorologia Aeronautica

- *All'interno del temporale si possono produrre tutti i fenomeni meteorologici pericolosi per il volo:*
 - **Turbolenza e wind shear;**
 - **Ghiaccio;**
 - **Riduzione di visibilità.**

Meteorologia Aeronautica

- **Condizioni favorevoli alla formazione dei Temporali**
- 1) **La presenza di aria umida in uno strato considerevole;**
- 2) **La presenza di un meccanismo di sollevamento dell'aria, che può essere:**
 - - orografico; l'aria è costretta a salire in presenza di rilievi montuosi.
 - - frontale; l'aria sale perché sospinta da altra aria che la scalza.
 - - convergenza; l'aria converge in un punto ed è costretta a salire.
 - - termico; l'aria a contatto con il suolo, più calda di quella circostante, è più leggera e sale verso l'alto.
- 3) **Aria instabile:**
 - la diminuzione della temperatura con la quota dell'atmosfera è superiore a quella della particella d'aria che si solleva; essa sarà sempre più calda dell'aria circostante e continuerà a salire, e tenderà a formare una nube a forte sviluppo verticale.

Meteorologia Aeronautica

- ***Tipi di Temporale***
- ***Sono abitualmente divisi in temporali di massa d'aria e temporali frontali, a seconda del meccanismo che porta alla loro formazione.***
- ***Temporali di massa d'aria:***
- ***Sono prevalentemente di tipo convettivo;***
- ***Sono dovuti al riscaldamento del suolo da parte del sole;***

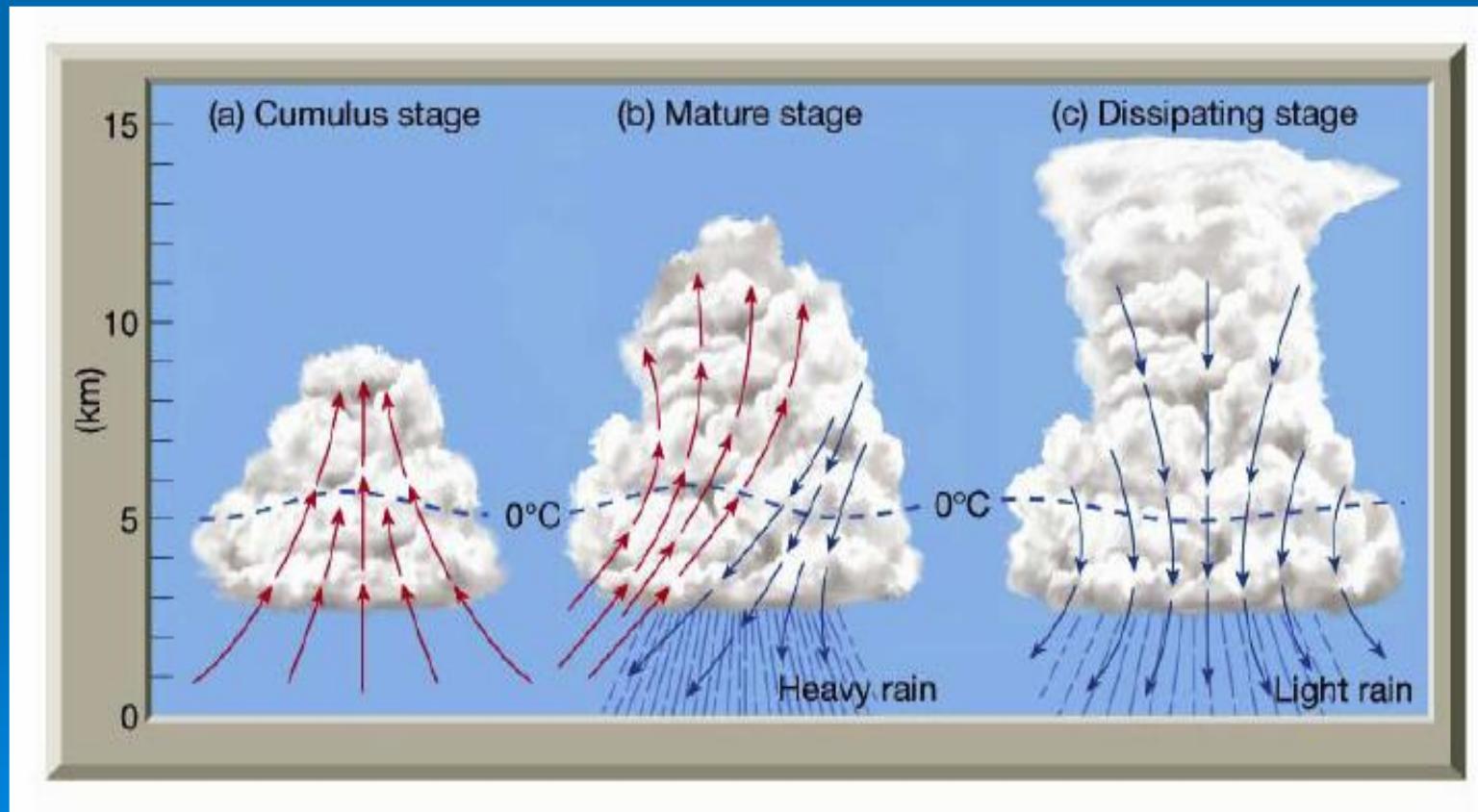
Meteorologia Aeronautica

- Possono essere composti da **una o più celle temporalesche**: il diametro di ciascuna cella è inferiore a 10 Km.
- Lo sviluppo di una singola cella avviene in tre fasi, dette **ciclo vitale del temporale**:
 - La **fase di formazione** di cumulo
 - La **fase di maturità** o di massimo sviluppo
 - La **fase di dissolvimento**
- Il ciclo vitale di ciascuna cella dura mediamente **1-2 ore**.

Meteorologia Aeronautica

- **Temporali frontali:**
- Sono più frequenti nei fronti freddi che in quelli caldi;
- Si possono formare anche davanti al fronte (***temporali prefrontali***) .
- I temporali prefrontali sono localizzati anche a ***200/300 Km*** “***davanti***” al fronte freddo che li genera.
- Si parla allora di ***squalls lines***.

Meteorologia Aeronautica



Meteorologia Aeronautica

- ***La nube temporalesca***
- E' certamente *il fenomeno meteorologico più pericoloso* per il volo per aerei di qualunque dimensione.
- Sebbene la maggior parte delle nubi a sviluppo verticale non riescano a maturare e a diventare temporali, *ogni temporale nasce da un cumulo.*

Meteorologia Aeronautica

- Durante lo stadio di *formazione del cumulo*, la nube si gonfia e cresce verticalmente sotto l'azione della corrente ascensionale, la cui velocità può superare i *15 m/sec.*

Meteorologia Aeronautica

- **Inizialmente** le gocce d'acqua sono piccole ma per l'aggregazione il loro volume cresce a mano a mano che cresce la nube.
- Sotto l'azione combinata del loro peso e della corrente ascendente (basso-alto), **le gocce sono sottoposte a continui sfregamenti reciproci**, visibili attraverso lampi e udibili attraverso i tuoni.

Meteorologia Aeronautica

- *L'aria ascendente* riesce a trascinare grosse gocce d'acqua al di sopra della quota dello zero termico, dove si formano i granuli di grandine; quando diventano troppo pesanti, cadono.

Meteorologia Aeronautica

- *Durante la discesa, la pioggia fredda trascina con sé una grande quantità d'aria creando una corrente fredda discendente che coesiste con quella ascendente: a questo punto la cellula temporalesca ha raggiunto la maturazione*, e l'inizio delle precipitazioni ne è il segnale.

Meteorologia Aeronautica

- **4) Le precipitazioni**
- **Le precipitazioni sono l'insieme di particelle d'acqua, liquide o solide, che cadono dalle nubi fino al suolo.**
- **A seconda della loro intensità sono classificate deboli, moderate o forti.**
- **A seconda della loro durata nel tempo sono classificate come continue o intermittenti.**

Meteorologia Aeronautica

- *Fanno parte delle Precipitazioni:*
 - 1) **Pioggia e piovigGINE** (generano il pericolo di **acquaplaning** durante le fasi di atterraggio e durante le principali operazioni al suolo, condotte ad elevata velocità)
 - 2) **Grandine**
 - 3) **Neve**

Meteorologia Aeronautica

- 5) Icing
- Per **icing** si intende **la formazione di un deposito di ghiaccio sulla struttura dell'aeromobile o sul motore.**
- La formazione può avvenire:
 - per *congelamento di acqua sopraffusa*.
 - attraverso il *processo di deposizione*, nel quale il vapore acqueo è trasformato in ghiaccio senza passare dallo stato liquido.

Meteorologia Aeronautica

➤ Il ghiaccio si può formare:

- in volo nelle nubi;
- in aria chiara;
- a terra.

Meteorologia Aeronautica

- *Effetti Pericolosi Dell'Icing:*
- **Alterazione del flusso aerodinamico** lungo i profili deformati dagli accumuli di ghiaccio
- **Ostruzione delle prese d'aria** di alimentazione dei motori.
- **Ostruzione della presa dinamica e blocco dell'avvisatore di stallo.**
- Nel motore, può portare a **perdite di potenza**.
- **Appesantimento dell'aereo.**
- **Mancanza di visibilità anteriore** (pericolosa in atterraggio).

Meteorologia Aeronautica

- **Icing in volo nelle nubi**
- **I fattori che contribuiscono alla formazione di ghiaccio in una nube sono divisi in:**
 - **fattori meteorologici** e
 - **fattori aerodinamici.**

Meteorologia Aeronautica

➤ I **fattori meteorologici** sono:

- **il contenuto di acqua sovrapposta;**
- **il contenuto di cristalli di ghiaccio;**
- **la temperatura;**
- **l'umidità;**
- **la distribuzione delle gocce e dei cristalli.**

Meteorologia Aeronautica

➤ I fattori aerodinamici sono:

- l'efficienza di cattura delle gocce da parte dell'aereo;
- la velocità dell'aereo;
- la temperatura superficiale dell'aereo.

Meteorologia Aeronautica

- **6) Riduzione di visibilità.**
- I fenomeni meteorologici di riduzione della visibilità sono:
 - la nebbia
 - la foschia
 - la caligine
 - il fumo

Meteorologia Aeronautica

- le nubi basse
 - le tempeste di sabbia
 - le tempeste di polvere
 - le eruzioni vulcaniche
 - forti precipitazioni
 - le tempeste di neve
- *Nei nostri aeroporti il fenomeno più frequente e che porta a riduzioni di visibilità più critiche è la nebbia.*

Meteorologia Aeronautica

- 7) Eruzioni vulcaniche
- *Il pericolo più rilevante è costituito dall'incontro con le nubi di cenere che le eruzioni scagliano nell'atmosfera fino a quote che possono superare di parecchio la tropopausa.*

Meteorologia Aeronautica

- Gli organi più vulnerabili sono i motori (specialmente se a turbina) che, ingerendo le ceneri, cominciano a intasarsi e cessano di funzionare per soffocamento.

Meteorologia Aeronautica

- Le ceneri possono causare seri inconvenienti anche sugli aeroporti nelle vicinanze del vulcano che ha eruttato: infatti rendono impossibile il rullaggio a causa della totale riduzione di visibilità, danneggiano i motori e intasano le prese esterne degli aerei (es. quelle degli strumenti a capsula).