

Unità 11: DINAMICA E TERMODINAMICA DELL'ATMOSFERA – FENOMENI PERICOLOSI PER IL VOLO

1. Le meteore e le nubi

Per meteora si intende un fenomeno osservato nell'atmosfera o sulla superficie terrestre. Tale fenomeno può consistere in una precipitazione, una sospensione o un deposito di particelle liquide o solide, di natura acquosa oppure no.

Può anche consistere in una manifestazione di natura ottica o elettrica.

Le meteore vengono classificate in:

- ✚ Idrometeore
- ✚ Litometeore
- ✚ Fotometeore
- ✚ Elettrometeore

1.1 Idrometeore

L'idrometeora è costituita da un insieme di particelle d'acqua, allo stato liquido o solido, in sospensione nell'atmosfera o precipitanti al suo interno, o sollevate dalla superficie terrestre dal vento, o depositate su oggetti che si trovino nella libera atmosfera o al suolo.

Tra le idrometeore ricordiamo:

- Pioggia
- Pioviggine
- Neve
- Grandine
- Scaccianeve
- Nebbia
- Foschia
- Rugiada
- Brina

1.2 Litometeore

Sono costituite da particelle solide e non acquose, in sospensione nell'atmosfera o sollevate dal vento dalla superficie terrestre.

Tra le litometeore ricordiamo:

- Caligine
- Tempesta di sabbia
- Tempesta di polvere
- Fumo

1.3 Fotometeore

E' un fenomeno luminoso prodotto da riflessione, rifrazione, diffrazione o interferenza della luce solare o lunare con le particelle presenti nell'atmosfera.

Tra le fotometeore ricordiamo:

- Arcobaleno
- Corona solare o lunare

1.4 Elettrometeore

Per elettrometeora s'intende la *manifestazione visibile o udibile dell'elettricità atmosferica*.
Tra le elettrometeore ricordiamo:

- Temporale
- Lampo
- Tuono
- Aurora polare

1.5 Le precipitazioni

Per precipitazioni si intendono i fenomeni atmosferici associati alla caduta sulla superficie terrestre dell'acqua allo stato liquido (pioggia) o allo stato solido (neve e grandine) contenuta nelle nubi.

Le precipitazioni avvengono solo in presenza di nubi ma non sempre le minuscole goccioline che le costituiscono generano le precipitazioni. Affinché ciò avvenga occorre che si formino delle gocce di dimensioni, e quindi peso, tali da vincere le correnti ascensionali che le mantengono in sospensione all'interno della nube. Le **gocce di nubi** hanno dimensioni comprese tra pochi micron e 50 micron e solo nelle nubi cumuliformi raggiungono i 100 micron. Le gocce di pioggia per poter cadere devono raggiungere un diametro dell'ordine del millimetro. I fenomeni che permettono alle gocce di nube di aggregarsi e trasformarsi in **gocce di pioggia** sono molto complessi e ancora non del tutto noti; tuttavia, sono state elaborate alcune teorie a tale riguardo come la **Teoria della coalescenza** valida per le **nubi cumuliformi** e la **Teoria dei cristalli di ghiaccio** valida per **nubi stratiformi**.

Le precipitazioni si possono presentare in modo **uniforme** o sotto forma di **rovesci**.

Le precipitazioni uniformi sono associate a nubi stratiformi e possono avere:

- carattere **continuo**
- carattere **intermittente**

mentre per intensità si possono distinguere in:

- **deboli**
- **moderate**
- **forti**

Per rovescio si intende una precipitazione caratterizzata da un inizio e una fine bruschi e da variazioni di intensità generalmente rapide.

La quantità di acqua caduta allo stato solido (neve) o allo stato liquido (pioggia, pioviggine) viene misurata in millimetri. Si misura cioè l'altezza raggiunta dalla quantità di precipitazione raccolta su una superficie orizzontale, impermeabile e delimitata da pareti verticali impermeabili. Se consideriamo una base di 1m^2 sulla quale cade 1mm di pioggia si ottiene che la quantità di precipitazione è pari ad un litro di acqua; infatti il volume risultante è:

$$V = S h = 1\text{mm} \times 1\text{m}^2 = 1\text{dm}^3 = 1\text{litro} = 1\text{Kg}$$

1.6 LE NUBI

La nube è un insieme visibile di piccolissime goccioline di acqua o di cristalli di ghiaccio, oppure di entrambe, in sospensione nell'atmosfera.

L'aspetto di una nube dipende da molti fattori ma essenzialmente è legato alla natura, alle dimensioni e alla distribuzione nello spazio delle particelle da cui è costituita. Per descriverne l'aspetto occorre analizzare la sua forma, le dimensioni, la struttura, la luminanza e il colore.

1.6.1 Formazione delle nubi

La formazione di una nube si ottiene quando aria sufficientemente umida, contenente nuclei di condensazione, viene portata alla saturazione e successivamente venga fatto condensare il suo vapore. In generale una massa d'aria può essere saturata attraverso due processi fondamentali:

- Raffreddamento (isobarico, adiabatico).
- Umidificazione.

1.6.2 Classificazione delle nubi

Le nubi possono assumere una grande varietà di forme in continua evoluzione, la loro classificazione risulta quindi molto difficoltosa. E' possibile tuttavia definire un limitato numero di forme caratteristiche osservabili frequentemente in ogni parte della terra che permettono di darne una classificazione.

La classificazione delle forme caratteristiche porta alla suddivisione delle nubi in:

- ✚ Generi
- ✚ Specie
- ✚ Varietà

La maggior parte dei generi di nubi vengono suddivisi in specie. Ogni specie è caratterizzata da un attributo che individua una particolarità della forma o della struttura interna di una nube. Le diverse varietà di nubi si riferiscono alle caratteristiche riguardanti la differente disposizione degli elementi costitutivi, o al grado di trasparenza complessivo delle nubi (Tabella 8). La classificazione delle nubi a cui si fa riferimento si basa su dieci gruppi fondamentali denominati generi, che si escludono a vicenda. I nomi dei dieci generi, le loro abbreviazioni ed i relativi simboli sono riportati nella tabella 9.

Tabella 9 - Abbreviazioni e simboli dei generi fondamentali di nubi











Generi			Specie		Varietà	
Denominaz.	Abbr.	Simb.	Denomin..	Abbr.	Denomin.	Abbr.
Cirrus	Ci		fibratus	fib	intonsus	in
Cirrocumulus	Cc		uncinus	unc	vertebratus	ve
Cirrostratus	Cs		spissatus	spi	undulatus	un
Altostratus	Ac		castellatus	cas	radiatus	ra
Altostratus	As		floccus	flo	lacunosus	la
Nimbostratus	Ns		stratiformis	str	duplicatus	du
Stratocumulus	Sc		nebulosus	neb	translucidus	tr
Stratus	St		lenticularis	len	perlucidus	pe
Cumulus	Cu		fractus	fra	opacus	op
Cumulonimbus	Cb		humilis	hum		
			mediocris	med		
			congenitus	con		
			calvus	cal		
			capillatus	cap		

Tabella 8 - Classificazione delle nubi in genere, specie, varietà

Generi	Specie	Varietà	Particolarità supplém. e nubi accessorie	Nubi generatrici Genitus	Generi	Specie	Varietà	Particolarità supplém. e nubi accessorie	Nubi generatrici Genitus
Cirrus	fibratus uncinus spissatus castellanus foccosus	inornatus radiatus verticillatus duplicellus	mamma	Cirrocumulus Altoocumulus Cumulonimbus	Stratocumulus	stratiformis lenticularis castellanus	translucidus perlucidus opacus duplicellus undulatus radiatus lacunosus	mamma virga praecipitatio	Altostratus Nimbostratus Cumulus Cumulonimbus
Cirrocumulus	stratiformis lenticularis castellanus foccosus	undulatus lacunosus	virga mamma	---	Stratus	nebulosus fractus	opacus translucidus undulatus	praecipitatio	Nimbostratus Cumulus Cumulonimbus
Cirrostratus	fibratus nebulosus	duplicellus undulatus	---	Cirrocumulus Cumulonimbus	Cumulus	humilis medicosis congestus fractus	radiatus	pileus velum virga praecipitatio arcus pannus tuba	Altoocumulus Stratocumulus
Altoocumulus	stratiformis lenticularis castellanus foccosus	translucidus perlucidus opacus duplicellus undulatus radiatus lacunosus	virga mamma	Cumulus Cumulonimbus	Cumulonimbus	calvus capillatus	---	praecipitatio virga pannus incus mamma pileus velum arcus tuba	Altoocumulus Altostratus Nimbostratus Stratocumulus Cumulus
Altostratus	---	translucidus opacus duplicellus undulatus radiatus	virga praecipitatio pannus mamma	Altoocumulus Cumulonimbus	Nimbostratus	---	---	---	---
Nimbostratus	---	---	praecipitatio virga pannus	Cumulus Cumulonimbus	---	---	---	---	---

Nota: Le specie, le varietà, le particolarità supplementari e le nubi accessorie sono riportate approssimativamente in ordine decrescente di frequenza; le nubi generatrici sono riportate nello stesso ordine dei generi.

La suddivisione delle nubi nei **10 generi fondamentali** è fatta raggruppandole in funzione della loro altitudine media (distanza verticale tra la base della nube ed il livello medio del mare) alla quale si presentano abitualmente.

Le nubi sono generalmente presenti nella **troposfera**, per convenzione la troposfera è stata divisa in tre regioni dette rispettivamente: **regione superiore** (o **alta C_H**), **regione media (C_M)** e **regione inferiore** (o **bassa C_L**). I limiti delle varie regioni variano con la latitudine e risultano in parte sovrapposte come mostrato nella tabella 10, dalla quale risulta che rispetto alla forma si possono individuare tre tipi di nubi fondamentali:

- **stratiforme**
- **cumuliforme**
- **stratocumuliforme**

In generale si può affermare che:

- ✚ Le **nubi stratiformi** sono **tipiche dell'aria stabile**, spesso sono dovute a raffreddamento isobarico, hanno generalmente forte sviluppo orizzontale e possono dar luogo a precipitazioni il cui carattere è uniforme. Tra queste nubi ricordiamo i **nembostrati** ai quali sono associate precipitazioni generalmente di forte intensità.
- ✚ Le **nubi cumuliformi** sono **tipiche dell'aria instabile** e si originano per condensazione del vapore d'acqua, presente nella massa d'aria, a causa del raffreddamento adiabatico. Hanno generalmente forte sviluppo verticale e le precipitazioni associate sono a carattere di rovescio.
- ✚ Le **nubi stratocumuliformi** o composte hanno le caratteristiche di quelle cumuliformi e di quelle stratiformi.

Tabella 10 - Nubi C _H , C _M , C _L				
Regioni	Calotte polari	Zone temperate	Zone tropicali	Nubi
alta C _H	da 3 a 8 Km	da 5 a 13 Km	da 6 a 18 Km	C _I C _C C _S
media C _M	da 2 a 4 Km	da 2 a 7 Km	da 2 a 8 Km	A _C A _S N _S
bassa C _L	da 0 a 2 Km	da 0 a 2 Km	da 0 a 2 Km	S _C S _T C _U C _B

1.6.3 Osservazione delle nubi

Le osservazioni e le misure riferite alle nubi riguardano essenzialmente:

- la "**nuvolosità**"
- il **tipo di nubi**
- l'**altezza della base**
- il **moto delle nubi**

La **nuvolosità** o copertura del cielo è *la frazione del cielo coperto da nubi e può essere parziale o totale.*

Il **tipo di nube** identifica la nube o le nubi presenti ed il riconoscimento avviene secondo quanto specificato in precedenza.

L'**altezza della base delle nubi** è *la distanza che intercorre tra il suolo e la base delle nubi.* Dal punto di vista operativo, in ambito aeroportuale, viene fornito il **ceiling** che per definizione è: *l'altezza, riferita all'elevazione dell'aeroporto, della base dello strato più basso delle nubi, al di sotto di 20.000 piedi (6.000 metri) che copre più della metà del cielo (copertura broken BKN).* L'osservazione a vista, per la determinazione del ceiling, in genere, non soddisfa le esigenze dell'assistenza alla navigazione aerea, in particolare se si tiene conto che in ambito aeroportuale il pilota effettua la fase del volo più delicata e cioè l'atterraggio e il decollo; pertanto il ceiling viene misurato strumentalmente. Gli strumenti che possono essere usati sono:

- ✚ radar
- ✚ nefoipsometro
- ✚ palloncino pilota
- ✚ proiettori a fasce luminose (di notte).

Il ceiling assume particolare importanza quando lo strato nuvoloso, anche se copre meno della metà del cielo, è situato nella zona che interessa il sentiero di avvicinamento. Un ceiling basso è particolarmente pericoloso per un aeromobile privo della strumentazione necessaria per il volo nelle nubi, poiché costringe il pilota a mantenere una quota molto vicina al suolo, dove vi sono pericoli di collisione con gli ostacoli.

Il **moto delle nubi**, o **direzione di spostamento delle nubi**, può essere determinato per confronto con un oggetto fisso. Le misure vengono effettuate con il **nefoscopio** che permette di stimare sia la direzione di spostamento delle nubi che la loro velocità apparente. Attraverso lo spostamento delle nubi è quindi possibile stabilire il vento in quota.



Fig. 81 - Nubi orografiche (montagna che fuma) sulle Pale di S. Martino



Fig. 82 - Il moto ascendente dell'aria lungo il pendio della montagna genera la condensazione del vapore d'acqua (Bellamonte)



Fig. 83 - Cumuli di bel tempo nel pressi di Campobasso



Fig. 84 - Cumulonembo con la classica forma ad incudine



Fig. 85 - Stratocumuli e strati visti da Erice (Trapani)



Fig. 86 - Stratocumuli e cirri (Erice-Trapani)



Fig. 87 - Altocumuli



Fig. 88 - Nube lenticolare



Fig. 89 - Cirrostrati



Fig. 90 - Cirri ad uncino