

Programma di Fisica dell'Atmosfera (A.A. 2016-2017)

Dr. Francesco Cairo

Libri di testo consigliati:

Salby M. L., Physics of the Atmosphere and Climate, Cambridge University Press, 2nd Edition, nel seguito indicato con (S).

Wallace J. M., Hobbs P. V., Atmospheric Science: An Introductory Survey, Academic Press, 2nd Edition, nel seguito indicato con (WH).

Iribarne J. V., Godson W. L., Atmospheric thermodynamics, Kluwer, 2nd edition, nel seguito indicato con (IG).

Andrews D. G., An Introduction to Atmospheric Physics, Cambridge University Press, 2nd Edition, nel seguito indicato con (A)

Slides fornite durante le lezioni.

Introduzione al Sistema Terra e all'Atmosfera

Descrizione del comportamento atmosferico e meccanismi che ne influenzano il comportamento. Composizione e struttura. Descrizione dell'aria. Stratificazione della massa. Struttura termica e dinamica. Costituenti in tracce. Nuvole. Equilibrio radiativo della Terra. Un modello semplice per l'effetto serra. Il bilancio energetico globale e sua media. Distribuzione orizzontale dell'energia. La circolazione generale.

(S1.1, S1.1.1, S1.1.2, S1.2, S1.2.1, S1.2.2, S1.2.3, S1.2.4, S1.2.5, S1.3, A1.3.2, S1.4, S1.4.1, S1.4.2, S1.5; sono stati svolti gli esercizi s1.2/s1.3/s1.6/s1.8/s1.9/s1.12/s1.13/s1.16).

Concetti termodinamici

Proprietà termodinamiche. Lavoro di espansione. Trasmissione del calore. Le variabili di stato e i processi termodinamici. La prima legge. Energia interna e cambiamenti di stati diabatici. Capacità termica. Processi adiabatici. Temperatura potenziale. Comportamento termodinamico dei moti verticali. Processi diabatici. Processi politropici. Processi naturali e reversibili. Il ciclo di Carnot. L'entropia e la seconda legge. Forme particolari della seconda legge e relazioni fondamentali.

Condizioni di equilibrio termodinamico. Rapporto tra entropia e temperatura potenziale.

Dal cap. 2 del (S) sono stati svolti i problemi 1/3/6. Dal cap. 3 del (S) il problema 10.

(S2.1, S2.1.1, S2.1.2, S2.1.3, S2.1.4, S2.2, S2.2.1, S2.2.2, S2.3, S2.4, S2.4.1, S2.4.2, S2.5, S2.5.1, S2.6, S3.1, S3.1.1, S3.2, S3.3, S3.4, S3.5, S3.6; sono stati svolti gli esercizi s2.1, s2.2, s2.3, s2.6, s3.1, s3.2, s3.3, s3.4, s3.5, s3.7)

Sistemi eterogenei e trasformazioni dell'aria umida

Descrizione di un sistema eterogeneo. Equilibrio chimico. Gradi di libertà termodinamici.

Caratteristiche termodinamiche di acqua. Trasformazioni di fase. Calore latente. Equazione di Clausius-Clapeyron, descrizione dell'aria umida, proprietà della fase gassosa, saturazione, implicazioni per la distribuzione dell'acqua in atmosfera. Variabili di stato del sistema a due componenti, comportamento insaturo e saturo. Comportamento termodinamico che accompagna il movimento verticale. Condensazione e il rilascio di calore latente. Il processo pseudo-adiabatico. Il "lapse rate" saturo. Diagrammi termodinamici: pseudo-adiabatico, di Clapeyron, tefigramma, Emagramma, diagramma skewT-logP. Regola di Normand. Raffreddamento isobarico, punto di rugiada e punto di brina. Processi adiabatici isobarici. Temperatura di bulbo umido. Mescolamento adiabatico isobarico. Espansione Adiabatica.

Dal cap. 4 del (S) sono stati svolti i seguenti problemi: 2/3/4. Dal cap. 5 del (S):

1/5/6/7/8/13/14/16/17/22. Dal cap. 3 del (WH): 5/9/10.

(S4.1, S4.2, S4.4, S4.5, S4.6, S4.6.1, S4.6.2, S5.1, S5.1.1, S5.1.2, S5.2, S5.3, S5.3.1, S5.3.2, S5.4, S5.4.1, S5.4.2, S5.4.3, S5.5, IG6.1, IG6.2, IG6.3, IG6.4, IG6.5, WH 3.4.4, WH 3.5.6, IG 7.1, IG 7.2, IG 7.3, IG7.4 IG7.5, IG 7.6)

Equilibrio idrostatico e stabilità statica

Gravità effettiva. Coordinata geopotenziale. Bilancio idrostatico. Equazione ipsometrica. Analisi meteorologica. Stratificazione. Interpretazione lagrangiana della stratificazione. Stratificazione adiabatica per la troposfera e diabatica per la stratosfera. Stabilità statica. Reazione allo spostamento verticale. Categorie di stabilità, in termini di temperatura e di temperatura potenziale. Dipendenza dall'umidità. Implicazioni per il movimento verticale. Spostamenti finiti. Instabilità condizionale. Entrainment. Instabilità potenziale. Modificazioni alla stabilità in condizioni insature, influenze destabilizzanti. Dispersione Turbolenta, rimescolamento convettivo, inversioni. Ciclo di vita delle inversioni notturne. La struttura termica osservata.

Dal cap. 7 del (S) sono stati svolti i problemi 4/6; Dal cap. 7 del (S) sono stati svolti i problemi:

2/4/5/6/8/10/15/19/20/24.

(S6.1, S6.2, S6.3, S6.3.1, S6.3.2, S6.4, S6.4.1, S6.5, S6.5.1, S6.5.2, S7.1, S7.2, S7.2.1, S7.2.2, S7.2.3, S7.3, S7.4, S7.4.1, S7.4.3, S7.4.4, S7.5, S7.6, S7.6.1, S7.6.2, S7.6.3, S7.7)

Trasferimento radiativo

Radiazione a onde e ad onde lunghe. Spettri di osservati SW e LW. Descrizione del trasferimento radiativo. Quantità radiometriche. Assorbimento. Emissione. Diffusione. L'equazione del trasferimento radiativo. Caratteristiche di assorbimento dei gas. L'interazione tra radiazione e molecole. Allargamento di riga. Trasferimento radiativo in una atmosfera piano parallela. Funzione di trasmissione. Approssimazione "two streams". Equilibrio termico. Equilibrio radiativo in una atmosfera grigia. Equilibrio radiativo-convettivo. Riscaldamento radiativo.

Dal cap. 8 del (S) sono stati svolti i problemi 1/2/3/4/7/8/9/10/11/12/13/14/17/18.

(S8, S8.1, S81.1, S8.2, S8.2.1, S8.2., 8.2., S8.2.4, S8.2.5, S8.3, S8.3.1, S8.3.2, S8.4, S8.4.1, S8.4.2, S8.5, S8.5.1, S8.5.2, S8.5.3)

Aerosol e Nubi

Morfologia dell'aerosol atmosferico. Aerosol continentali, marini, stratosferici. Microfisica delle nubi. Crescita delle gocce per condensazione e per collisione. Crescita di particelle di ghiaccio. Precipitazione. Formazione e classificazione delle nubi. Proprietà microfisiche delle nubi. Dissipazione delle nubi. Elettificazione nei temporali: generazione di carica, lampi e tuoni. Diffusione ottica da molecole e particelle. Trasferimento radiativo nelle nubi, un semplice modello di diffusione da nubi. Ottica atmosferica.

Dal cap. 9 del (s) sono stati svolti i problemi 3/4/5/6/8.

(S9, S9.1, S9.1.1, S9.1.2, S9.1.3, S9.2, S9.2.1, S9.2.2, S9.2.3, S9.3.1, S9.3.2, S9.3.3, WH6.7.1, WH6.7.2, S9.4.1 S9.4.2, A3.8) Fare riferimento alle slides presentate a lezione per quanto riguarda i fenomeni di ottica atmosferica e di elettificazione nei temporali.

Strato limite

Lo strato limite atmosferico. La turbolenza. Vortici e termiche. Descrizione statistica della turbolenza. L'energia cinetica turbolenta e l'intensità della turbolenza. Trasporto turbolento e

flussi. Chiusura della turbolenza. Scale della turbolenza e teoria di similarità. Bilancio energetico superficiale. Struttura verticale e sua evoluzione. Effetti speciali del PBL sulla circolazione.
(WH9, WH9.1, WH 9.1.1, ,WH 9.1.2, WH 9.1.3, WH9.1.4, WH 9.1.5, WH 9.1.6, WH9.2 tutto, WH9.3 tutto, WH 9.4 tutto, WH 9.5 tutto)

Chimica dell'Atmosfera

Composizione dell'aria troposferica. Fonti, trasporto e pozzi di gas in traccia. Alcuni importanti gas in traccia. Inquinamento. Influenza delle nubi e della precipitazione. I cicli chimici troposferici. Ciclo dell'Azoto. Ciclo dello Zolfo.
WH5.1 tutto, WH5.2 tutto, WH 5.3 tutto, WH 5.5 tutto, WH 6.8 tutto , WH 5.6 tutto, WH 5.7 tutto.
Fare inoltre riferimento alle slides presentate a lezione