

INTRODUZIONE ALLA FISICA DELL'ATMOSFERA

PROGRAMMA DETTAGLIATO A.A. 2019-2020

1) Introduzione (W&H cap. 1-2)

Sistema di coordinate geocentrico. Proiezioni conformi e di Hammer. Geometria dell'orbita terrestre. Angolo zenitale solare. Costante solare (L cap.2.2.2). Insolazione (L 2.2.3). Albedo Planetaria. Temperatura di equilibrio. Composizione dell'atmosfera. Evoluzione (HR cap. 2.5). Gas in traccia (S&P cap. 2). Profili verticali della pressione, densità, temperatura. Distribuzione zonale temperatura e vento zonale. Circolazione ciclonica e anticiclonica. Circolazione generale: aquaplanet e reale. Distribuzione geografica vento zonale superficiale e precipitazioni. Idrosfera. Proprietà acqua oceanica. Effetto della salinità. Profilo verticale temperatura, salinità e densità. Correnti oceaniche: circolazione superficiale e termoalina. Criosfera. Permafrost. Tettonica. Ciclo dell'acqua: distribuzione geografica e bilancio globale. Ciclo del carbonio: ripartizione e scambi tra i serbatoi.

2) Termodinamica atmosferica (W&H cap 3, N&E cap. 1-3 5-7)

Richiami di termodinamica classica. Mezzo continuo. Pacchetto d'aria. Equazione idrostatica. Equazione idrostatica. Geopotenziale, altezza geopotenziale ed equazione ipsometrica. Mappe isobariche. Temperatura potenziale. Lapse rate adiabatico secco. Stabilità verticale e frequenza di Brunt-Vaisala. Stabilità statica. Lapse rate atmosferico. Miscela aria vapore d'acqua: pressione parziale, mixing ratio, umidità specifica, temperatura virtuale. Misura dell'umidità. Aria satura: mixing ratio di saturazione, temperatura di rugiada, lapse rate adiabatico umido. Lifting condensation level. Temperatura potenziale equivalente. Diagrammi termodinamici: Stuve e Skew-T. Uso dei diagrammi per lo studio dei processi adiabatici atmosferici, della stabilità statica, delle inversioni di temperatura. Radiosondaggi. Energia potenziale totale e cinetica dell'atmosfera.

3) Dinamica atmosferica (W&H cap. 7, HL cap. 1-3)

Approccio lagrangiano ed euleriano. Linee di flusso e traiettorie. Variabili cinematiche: shear, curvatura, diffluenza, stretching, divergenza, vorticità, deformazione. Conservazione della massa. Conservazione della quantità di moto: forza di gravità, forza di gradiente di pressione, forza viscosa. Conservazione dell'energia termodinamica. Equazione di stato. Equazioni primitive in forma lagrangiana ed euleriana: termini avvettivi. Sistema di riferimento rotante: forza di Coriolis, forza centrifuga. Sistema geocentrico: termini di curvatura. Previsioni meteorologiche: da *computer* di Richardson ai modelli numerici ad ensemble, problema dell'assimilazione dei dati. Analisi di scala. Approssimazione e vento geostrofico. Coordinate isobariche: vento geostrofico e velocità verticale. Flusso bilanciato: flusso inerziale, vento giroscopico e vento di gradiente. Attrito con la superficie. Spirale di Eckman. Strato limite planetario. Flussi turbolenti. Atmosfera barotropica e baroclina. Equazione del vento termico. Formazione dei jet-stream. Avvezione di temperatura.

4) Trasferimento radiativo (W&H cap 4., L cap. 1-5)

Onde elettromagnetiche. Angolo solido. Variabili radiative: radianza, irradianza, flusso. Corpo nero: leggi di Plank, Stefan-Boltzmann, Wien, Kirchhoff. Emissione solare e terrestre. Equilibrio radiativo. Effetto serra: modello singolo strato. Assorbimento ed emissione della radiazione: sezioni d'urto d'assorbimento, temperatura di brillantezza. Scattering elastico: teoria di Rayleigh e di Mie, sezione d'urto di scattering, funzione di fase. Equazione generale del trasferimento radiativo. Approssimazioni: leggi di Beer-Lambert e Schwarzschild, atmosfera piano-parallela. Spessore ottico. Soluzione generale: coefficienti di assorbimento, emissione e scattering, albedo

di singolo scattering. Flusso attinico. Fotodissociazione. Fotochimica dell'ozono: modello di Chapman, reazioni catalitiche, decremento e buco dell'Ozono

Testi

J. M. Wallace and P. V. Hobbs, *Atmospheric Science: an introductory survey*, 2nd ed, Academic Press, 2006.

G. R. North and T. L. Erukhimova, *Atmospheric Thermodynamics*, 1st ed., Cambridge University Press, 2009

K. N. Liou, *An Introduction to Atmospheric Radiation*, 2nd ed., Academic Press, 2002

J. R. Holton, *An Introduction to Dynamic Meteorology*, 4th ed., Academic Press, 2004

D. L. Hartmann, *Global Physical Climatology*, 1st ed., Academic Press, 1994

J. H. Seinfeld and S. N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics*, , 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 2006