

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos

ASIGNATURA: Meteorología Teórica

CÓDIGO: 9091

CUATRIMESTRE: Segundo

AÑO: 2014

CARRERA: Licenciatura en Ciencias de la Atmósfera

CÓDIGO DE CARRERA: 20

CARÁCTER DE LA MATERIA: de grado, obligatoria

DURACIÓN: Cuatrimestral

HORAS DE CLASE SEMANAL:	Teóricas: 9	Seminarios: --
	Problemas: 4	Teórico-problemas: --
	Laboratorio: 2	Teórico-prácticas: --
	Total de horas: 15	

CARGA HORARIA TOTAL: 240

ASIGNATURAS CORRELATIVAS: F Meteorología General. F Física 1, TP Física 3, TP Matemática 3

FORMA DE EVALUACIÓN: Evaluación en proceso (participación de alumnos en clase y evaluaciones breves al final de cada trabajo práctico), 4 exámenes parciales y examen final.

## PROGRAMA

### 1. TERMODINAMICA DE LA ATMOSFERA

#### Revisión de termodinámica general.

- i) Conservación de la energía. Primer Principio de la Termodinámica. Capacidades caloríficas de un gas ideal. Experiencia de Joule. Entalpía. Relación entre  $C_p$  y  $C_v$ . Entalpía de vaporización. Ecuación de Kirchoff. Expansión adiabática de un gas ideal: relaciones de Poisson. Definición de temperatura potencial.
- ii) Segundo principio de la termodinámica. Función entropía. Procesos reversibles. Cálculo de la entropía para un gas ideal y para sólidos y líquidos. Funciones de Helmholtz y de Gibbs. Ecuaciones fundamentales de la termodinámica. Relaciones de Maxwell. La segunda ley, la irreversibilidad y los criterios de equilibrio.
- iii) Aplicaciones: Cálculo de la energía interna, la entalpía y la entropía para sistemas homogéneos cerrados. Ejemplos aplicados a la atmósfera seca: Entalpía de una atmósfera hidrostática. Gradiente térmico vertical. Gradiente adiabático seco.

#### Sistemas heterogéneos

Sistemas abiertos. Potencial químico. 1ra y 2da. leyes de la termodinámica para sistemas abiertos. Sistemas heterogéneos cerrados. Ecuaciones fundamentales para sistemas heterogéneos. Equilibrio interno. Regla de las fases de Gibbs. Criterios de equilibrio. Ecuación de Clausius - Clapeyron. Diagramas de fases. Efecto del aire sobre la presión de vapor de equilibrio.

#### Termodinámica de la atmósfera

- i) Variables para cuantificar la humedad en la atmósfera. Ecuación de estado para el aire húmedo. Humedad relativa. Temperatura virtual. Agua precipitable. Capacidades caloríficas específicas. Temperatura potencial del aire húmedo. Entalpía, energía interna y entropía del aire húmedo. Aire saturado. Entalpía, energía interna y entropía de una nube.

ii) Procesos termodinámicos en la atmósfera:

Enfriamiento isobárico, condensación en la atmósfera por enfriamiento isobárico (rocío, escarcha, heladas, nieblas).

Procesos isoentálpicos. Temperatura isobárica de bulbo húmedo. Temperatura isobárica equivalente ( $T_{ie}$ ). La ecuación psicrométrica.

Procesos adiabáticos: gradiente adiabático húmedo ( $\Gamma$  o  $\gamma$ ). Energía estática seca. Saturación del aire por ascenso adiabático. Ecuación termodinámica para procesos adiabáticos reversibles saturados. Gradiente adiabático saturado. Energía estática saturada. Temperatura potencial equivalente.

Proceso pseudo-adiabático saturado, gradiente pseudo-adiabático saturado. Temperatura potencial equivalente para procesos pseudo-adiabáticos saturados.

iii) Estabilidad vertical:

Diagramas aerológicos. Emagrama: características, descripción y visualización de procesos y de la estructura vertical de la atmósfera. Estabilidad vertical. Empuje hidrostático. Método de la parcela, análisis de la estabilidad para desplazamientos infinitesimales. Gradientes de la parcela (proceso) y del entorno (geométrico). Oscilación de la parcela en una capa estable. Criterios de estabilidad para procesos adiabáticos. Análisis de la estabilidad para desplazamientos finitos. Inestabilidad potencial e inestabilidad condicional. Inestabilidad potencial convectiva. Índices de inestabilidad. Cambios de la estabilidad de una capa por estiramiento vertical.

## 2. RADIACION EN LA ATMOSFERA

### Revisión general:

Naturaleza ondulatoria y naturaleza cuántica de la radiación electromagnética. Definición de intensidad de radiación y densidad de flujo radiativo. Aplicación de estas nociones a la radiación solar: constante solar, distribución regional y estacional de la insolación. Espectro electromagnético. Bandas significativas para la meteorología y el sensoramiento remoto.

### Interacción de la radiación con la materia:

Reflexión y refracción en medios homogéneos. Índice de refracción. Coeficiente de absorptividad volumétrico. Ley de Beer -Bouguer-Lambert. Reflexión y refracción para interfaces planas. Propiedades radiativas de las superficies naturales: reflectividad y absorptividad. Albedo. Aproximación de cuerpo gris. Reflectancia bidimensional. Aplicación: interpretación de imágenes visibles

### Emisión de cuerpo negro y de cuerpo gris:

La función de Planck, la ley de Wien, la ley de Stefan-Boltzmann y la aproximación de Raleigh-Jeans; temperatura de brillo. Cuerpos no negros: emisividad, ley de Kirchoff. Aplicación al sistema tierra-atmósfera: modelos sencillos de equilibrio radiativo.

### Transmisión de la radiación en la atmósfera:

Generalización de la ley de Beer-Bouguer-Lambert a partir del coeficiente volumétrico de extinción. Transmitancia. Camino óptico. Coeficientes de extinción de masa. La aproximación plano-paralela: el espesor óptico como coordenada vertical. Aplicación: las bandas de absorción en la atmósfera para distintos gases. Caso idealizado: variación de la transmitancia con la altura en una atmósfera isotérmica.

### La ecuación de transferencia radiativa:

La ecuación de Schwarzschild. La función de peso para la emisividad de una capa. Casos particulares: radiación de onda larga medida con sensores ubicados en la superficie y en el tope de la atmósfera. La ecuación de transferencia radiativa con dispersión. Regímenes de dispersión para los distintos componentes de la atmósfera. Aplicación: interpretación de espectros de emisión en onda larga. Equilibrio radiativo en una atmósfera gris. El equilibrio radiativo-convectivo.

## 3. CINEMÁTICA Y DINÁMICA DEL CONTINUO.

### Cinemática del continuo:

Fluido. Fluido continuo. Métodos de descripción: Euler y Lagrange. Líneas de corriente y trayectoria. Función potencial. Función corriente.

### Fuerzas fundamentales:

Fuerzas fundamentales en el sistema inercial: gravedad, presión y fricción. Segundo Principio de Newton en un sistema inercial. Sistema no inercial. Velocidad y aceleración absoluta y relativa. Fuerza de Coriolis y fuerza centrípeta. Ecuación de movimiento relativo.

### Sistema de ecuaciones:

Principio de conservación de masa: la ecuación de continuidad. Concepto de convergencia y divergencia. Ecuación de la tendencia. Ecuación termodinámica de la energía.

### El sistema completo de ecuaciones y aproximaciones:

El problema de la previsión del tiempo. Escalas de movimiento. Análisis de escala. Aproximaciones: equilibrio geostrófico y equilibrio hidrostático. Componente ageostrófica. Flujo inercial. Viento ciclostrófico. Viento gradiente. Aproximaciones en la capa límite planetaria. Espiral de Ekman.

### Sistemas de coordenadas:

El sistema de coordenadas naturales. Ecuaciones fundamentales en el sistema de coordenadas naturales. El sistema de coordenadas isobárico. Ecuaciones de movimiento y continuidad en el sistema  $(x,y,p)$ .

### Variación del viento con la altura:

Viento térmico geostrófico. Flujo barotrópico y baroclínico. Advección térmica. Estabilidad relativa.

### Vorticidad.

Circulación y Vorticidad. Vorticidad absoluta y relativa. Ecuación de vorticidad. Vorticidad potencial y vorticidad potencial de Ertel. Conservación de la vorticidad potencial: análisis para flujos del oeste y flujos del este.

### Circulación:

Teoremas de circulación: Teorema de Kelvin, Teorema de Bjerkness. Teorema de Stokes. Aplicaciones

## BIBLIOGRAFÍA

1. A Climate Modelling primer. Henderson-Seller and McGuffie, ED. John Willey & sons, 1987, 217 pag.
2. A First Course in Atmospheric Radiation (2nd Ed. 2006) Grant W. Petty, Sundog Publishing, 472 pp.
3. An Introduction to Atmosphere Physics. R. G. Feagle and J.A. Bussinger. Academic Press, N.Y. 432 págs. 1990.

4. An Introduction to Atmospheric Radiation. K. Nan Liou, Academic Press, Elsevier, 583 págs. 2002.
5. An Introduction to Dynamics Meteorology. J.R. Holton, 4° Edition. Academic Press, N.Y. , 1992, 507págs.
6. Atmospheric Science: An Introductory Survey. J. M. Wallace and P. V. Hobbs, Academic Press, Elsevier. 483 págs. 2006
7. Atmospheric Thermodynamics. C. R. Bohren and B. Albrecht: Oxford University Press, NY, 402 págs, 1998.
8. Atmospheric Thermodynamics. J. V. Iribarne and W.L. Godson. De Reidel Publ. Co., Boston, 332 págs. 1973 y la 2° edición 1981.
9. Compendio de Meteorología, Vol. 1 Parte 1. Meteorología Dinámica Wiin-Nielsen, A. Material didáctico OMM N° 364, 1974.
10. Curso de Cinemática y Dinámica de la Atmósfera, Necco, G. V., EUDEBA, 1980.
11. Dynamical and Physical Meteorology. G. J. Haltiner and F.L. Martín, McGraw Hill, N.Y., 479 págs. 1957.
12. Fluid Mechanics of the atmosphere. Robert A. Brown, Academic Press, San Diego, 1991, 489 pags.
13. Fundamentals of Atmospheric Physics. M Salby, International Geophysics editors R. Pielke and R. Dmowska. Academic Press, 1996, 627 pp.
14. Meteorology today, Ahrens, D. C. West Publishing Company, 1994, 591 pag.
15. Modern thermodynamics. D. Kondepudi and I Prigogine. John Wiley and Sons, England, 1998 (edición corregida en 2006), 486 pp.
16. Satellite Meteorology: An introduction. S Kidder and T Vonder Haar. Academic Press 1995, 466 pp.
17. Synoptic-Dynamic Meteorology in mid-latitudes. Vol. II. Bluestein, New York, Oxford University Press, 1993,594 pág.
18. The Ceaseless Wind. An Introduction to the theory of atmospheric motion. J.A. Dutton, McGraw Hill, N.Y. 579 págs. 1976.

Publicaciones en revistas científicas:

The Computation of Equivalent Potential Temperature. David Bolton. Monthly Weather Review, Volume 108, Issue 7 (1980) pp. 1046–1053

The Relationship between Relative Humidity and the Dewpoint Temperature in Moist Air: A Simple Conversion and Applications. Mark G. Lawrence. Bulletin of the American Meteorological Society, Volume 86, Issue 2 (2005) pp. 225–233