

LICENCIATURA EN CIENCIAS METEOROLOGICASPrograma: TERMODINAMICA DE LA ATMOSFERA

Profesor: Lic. Emilio Caimi

I- TERMODINAMICA

- I.1. Resumen de definiciones y conceptos básicos: Sistemas. Propiedades. Constitución y estado de un sistema. Equilibrio. Variables de estado. Equilibrio térmico. Concepto de temperatura. Temperatura empírica y absoluta. Ecuaciones de estado. Modificaciones, procesos, reversibilidad. Trabajo de expansión.
- I.2. Primer principio: Energía interna. Calor. Entalpía. Expresión del primer principio. Expresiones de Q , calores molares y calores específicos. Calores latentes de cambio de fase, calores de reacción. Integración de las funciones U (energía interna) y H (entalpía). Variación de los calores de cambio de fase o de reacción con la temperatura. Gases ideales. Procesos adiabáticos en gases ideales.
- I.3. Segundo principio: Procesos reversibles e irreversibles. Temperatura absoluta. Calor no compensado, casos particulares. Enunciados de Lord Kelvin y de Clausius. Formulación conjunta de ambos principios. Entropía de un sistema. Cálculo de entropías. Tercer principio.
- I.4. Funciones características y ecuaciones fundamentales. Condiciones de equilibrio:
Funciones características, ecuaciones. Condiciones de equilibrio y sentido de los procesos naturales. Variación de la entropía con la presión el volumen, ecuaciones termodinámicas de estado. Diferencia entre los calores molares a presión y a volumen constante. Funciones características de gases ideales.
- I.5. Funciones características y ecuaciones fundamentales de sistemas abiertos:
Número de componentes. Magnitudes parciales molares. Potencial químico; ecuaciones fundamentales de sistemas homogéneos abiertos. Sistemas heterogéneos cerrados; condiciones de equilibrio. Ecuaciones fundamentales de sistemas heterogéneos. Regla de las fases. Irreversibilidad; calor no compensado de Clausius. Afinidad. Expresión del calor recibido. Aire con agua en los tres estados. Equilibrios de cambios de estado. Ecuación de Clausius Clapeyron.
- I.6. Equilibrio con gotas y cristales pequeños: Presión de vapor de gotas pequeñas de una sustancia pura. Presión de vapor de gotas pequeñas de soluciones. Sublimación y congelación de cristales pequeños.
- I.7. Propiedades térmicas del agua y del aire húmedo: Diagrama de Amagat Andrews. Curvas de equilibrio presión-temperatura. Superficie termodinámica, $f(p,v,T)=0$. El aire atmosférico. Variables de humedad. La carta higrométrica. Calores específicos del aire húmedo. Adiabáticas; temperatura potencial; temperatura potencial virtual. Entalpía y entropía del aire húmedo y de una nube. Enfriamiento isobárico; punto de rocío.

Programa: TERMODINÁMICA DE LA ATMÓSFERA (cont...)

- I.8. Diagramas aerológicos: Características generales y criterios de elección. Diagrama de Clapeyron. Emograma y diagrama de Neuhoff. Curvas de procesos adiabáticos saturados; orientación relativa de las líneas fundamentales. Tefigrama. Diagrama de Refsdal. Diagrama pseudoadiabático Stüve. Equivalencias de áreas. Procesos isentrópicos y enfriamiento isobárico; Determinación de relaciones de mezcla. Cálculo de integrales de energía.
- I.9. Procesos en la atmósfera: Condensación por enfriamiento isobárico. Transformaciones adiabáticas isobáricas; temperatura equivalente y temperatura de bulbo húmedo. Mezcla adiabática isobárica (mezcla horizontal). Niebla de mezclas. Expansión adiabática en la atmósfera. Saturación del aire por ascenso adiabático. Mezcla vertical. Proceso adiabático saturado reversible. Proceso pseudoadiabático. Temperaturas adiabática equivalente y adiabática de bulbo húmedo. Propiedades de conservación.
- I.10. Equilibrio hidrostático: El campo de geopotencial; la ecuación hidrostática. Superficies equipotenciales e isobáricas. Altura dinámica. Integración de la ecuación hidrostática. Gradientes térmicos. Expresiones de los gradientes térmicos seco y saturado. Atmósfera de gradiente térmico constante. Atmósfera homogénea, atmósfera adiabática seca, atmósfera isotérmica. Atmósfera Standard. Estabilidad en movimientos verticales; método de la parcela. Criterios de estabilidad. Gradientes térmicos de la parcela y de su entorno. Criterios de estabilidad para procesos adiabáticos. Inestabilidad condicional. Oscilaciones en una capa estable. Método de la capa para analizar la estabilidad. Mezcla con el entorno; corrección del gradiente por efecto de la mezcla con el entorno. Inestabilidad potencial o convectiva. Velocidad de precipitación. Energía interna y potencial en la atmósfera. Energía interna y potencial de una capa de gradiente térmico constante. Vuelco vertical de masas de aire. Transformaciones de una capa de gradiente térmico constante.

II- FISICA DE NUBES

- II.1. Procesos básicos responsables de la formación de nubes: Enfriamiento vertical; enfriamiento por transferencia turbulenta y enfriamiento por radiación. Ascensos lentos y prolongados de masas de aire. La convección celular. El chorro continuo convergente. La teoría de la burbuja de Scorer y Ludram.
- II.2. Transformaciones de fase de la sustancia agua: La nucleación de una nueva fase. Nucleación homogénea de la fase líquida y de la fase hielo. Núcleos de condensación y de congelación en la atmósfera; naturaleza y concentración. Aspectos teóricos de la nucleación heterogénea.
- II.3. El crecimiento inicial de gotitas y de cristales de hielo en las nubes: Teoría del crecimiento y evaporación de las gotas. Crecimiento por condensación de una población de gotas. Crecimiento y sublimación de cristales de hielo en el vapor de agua. Hábitos de crecimiento de los cristales de hielo. Dependencia de la velocidad de crecimiento y del hábito cristalino con la temperatura y la sobresaturación.

Programa: TERMODINAMICA DE LA ATMOSFERA (con...)

II.4. Espectro de tamaños de gota y crecimiento por coalescencia:

Cantidad y distribución espectral del agua en las nubes. Tipos de distribución, nubes de regiones continentales y nubes de regiones marítimas. Métodos de medida de los tamaños de gotas de nubes. Velocidad de caída de las gotas y colisión y coalescencia. Eficacia de colección en un flujo potencial. Diferentes tratamientos para números de Reynolds distintos. Resultados. El modelo continuo y el modelo estocástico. Cálculos de crecimiento de gotas por agregación. Efectos de los campos eléctricos.

II.5. Los procesos de precipitación: Velocidades de caída de hidrometeoros sólidos. Formación de copos de nieve por colisión y coalescencia. El modelo de Bergeron. Multiplicación de partículas de hielo en una nube. Teoría de Bowen-Ludlam sobre la formación de chaparrones por coalescencias de gotas. Formación y crecimiento de las piedras de granizo.

III. RADIACION - ENERGIA RADIANTE

III.1. La naturaleza de la radiación. Radiación de cuerpo negro. Ley de Stefan-Boltzman de la radiación integral. Leyers de Wien. Fórmulas de Rayleigh-Jeans. Fórmula de Planck. Radiación selectiva.

III.2. La absorción y difusión de la radiación solar: El sol como fuente de energía. Algunas características del sol. El sol como cuerpo negro. Insolación no atenuada. Flujo normal con ciclos claros. Insolación por rayos directos de la superficie terrestre. Dispersión de la luz solar. Radiación solar incidente sobre la teoposfera en días claros y en días nublados.

III.3. Radiación Terrestre: Características de la radiación terrestre. Absorción de la radiación terrestre por los gases atmosféricos. Tratamiento de Simpson. Trasmisión de la intensidad por el vapor de agua. Flujos de vapor de agua y del dióxido de carbono. Método del Elsasser. Flujo neto.

III.4. Balance de radiación del sistema Tierra-Atmósfera: Balance de radiación en la estratósfera. Balance de radiación en la troposfera con cielo claro. Balance de calor en las nubes. Albedo de la tierra y de distintas superficies. Balance de calor en el suelo, enfriamiento nocturno. Balance de calor por zonas de latitud. Balance global del calor en el transporte vertical.