



FENOMENOS DE TRANSPORTE

PROGRAMA ANALÍTICO

PLAN DE ESTUDIOS 2005

ORDENANZA CSU. N° 1028

OBLIGATORIA

•

ELECTIVA

ANUAL

•

PRIMER CUATRIMESTRE

SEGUNDO CUATRIMESTRE

NIVEL / AÑO

III

HORAS CÁTEDRA SEMANALES

5

OBJETIVO GENERAL

- Comprender y aplicar los fenómenos de transporte de cantidad de movimiento, energía y materia, estudiados a nivel de elemento de volumen.
- Establecer las ecuaciones de variación o cambio y sus formas adimensionales.

CONTENIDOS SINTÉTICOS

- Fluidos.
- Transporte de cantidad de movimiento, energía y materia.
- Balances microscópicos.
- Ecuaciones de variación o cambio.
- Transporte en el límite de una fase.
- Coeficientes de transporte.
- Análisis dimensional. Correlaciones.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS y CONTENIDOS ANALÍTICOS

UNIDAD TEMÁTICA 1 Conceptos Fundamentales y Propiedades.

OBJETIVOS

- Revisar definiciones y conceptos básicos.
- Introducir al alumno en el análisis dimensional.

CONTENIDOS

Sistemas de unidades. Definición de fluido. Propiedades de los fluidos: presión, temperatura, densidad, peso específico, viscosidad dinámica y cinemática, calor específico, energía interna, entalpía, módulo de elasticidad volumétrica y compresibilidad, presión de vapor, tensión superficial.

Similitud, semejanza geométrica, cinemática y dinámica. Números adimensionales; Euler, Froude, Reynolds, Weber. Teorema de Buckingham.

TIEMPO ASIGNADO 10 horas.

UNIDAD TEMÁTICA 2 Fluidos Newtonianos y No Newtonianos

OBJETIVOS

- Plantear y describir la primera de las ecuaciones constitutivas de los Fenómenos de Transporte (Ley de Newton de la viscosidad).
- Introducir al alumno en la aplicación y práctica de la reología.

CONTENIDOS

Ley de Newton de la viscosidad. Influencia de la presión y la temperatura en la viscosidad. Teoría de la viscosidad de los gases a baja densidad. Ecuación de Hirschfelder. Viscosidad de líquidos. Fluidos no-newtonianos; modelos. Fluidos dependientes e independientes del tiempo, fluidos viscoelásticos. Tipos de flujo; permanente y transitorio, uniforme, laminar y turbulento, potencial y en capa límite, compresible e incompresible, subsónico y supersónico, flujo externo e interno.

Ensayo de Laboratorio TP N° 1 Reología.

TIEMPO ASIGNADO: 15 horas

UNIDAD TEMÁTICA 3 Análisis Envolventes en Estado Estacionario





OBJETIVOS

260 - 10

- Comprender, mediante la aplicación de balances de materia y de cantidad de movimiento, las posibilidades de diseño sencillas en sistemas constituidos por envolventes en estado estacionario.

CONTENIDOS

Análisis de sistemas de flujo aplicando una envolvente para el balance de materia y de cantidad de movimiento. Aplicaciones en coordenadas rectangulares y cilíndricas. Ecuación de Hagen-Poiseuille. Flujo reptante alrededor de objetos sumergidos.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 4 Ecuaciones Diferenciales para Flujo de Fluidos Isotérmicos.

OBJETIVOS

- Desarrollar las ecuaciones diferenciales de cambio (Ecuaciones de balance microscópico de materia y balance microscópico de cantidad de movimiento) y aplicarlas a problemas de diseño.
- Comprobar experimentalmente la validez de estas expresiones.

CONTENIDOS

Resumen de notación vectorial y tensorial. Concepto de derivada parcial, total y sustancial, divergencia (significado físico). Balance de continuidad (Ecuación de conservación de la materia). Balance microscópico de cantidad de movimiento. Aplicaciones de los balances de materia y cantidad de movimiento a sistemas de flujo en estado estacionario. Ecuación de energía mecánica. Adimensionalización de las ecuaciones de cambio.

Ensayo de Laboratorio TP N° 2 Predicción de la Forma de la Superficie Libre de un Líquido Contenido en un Recipiente en Rotación

TIEMPO ASIGNADO 10 horas

UNIDAD TEMÁTICA 5 Resistencia Fluida y Capa Límite.

OBJETIVOS

- Introducir al alumno al estudio de las soluciones aproximadas a la ecuación del balance microscópico de cantidad de movimiento.
- Comprender los problemas fluidodinámicos de arrastre y fricción.





260-10

CONTENIDOS

Efecto de la viscosidad. Resistencia fluida. Experiencia de Reynolds. Paradoja de D'Alembert. Concepto de capa límite, resistencia de superficie. Capa límite laminar y turbulenta. Desarrollo de la capa límite en una placa plana y un conducto cilíndrico. Longitud de entrada, relación con el Reynolds. Desprendimiento de capa límite, resistencia de forma. Perfiles romos y aerodinámicos.

Ensayo de Laboratorio TP N° 3 Visualización de Líneas de Flujo Mediante el Uso de Trazadores.

TIEMPO ASIGNADO 20 horas

UNIDAD TEMÁTICA 6 Flujo Turbulento.

OBJETIVOS

- Desarrollar el alisado de las ecuaciones de cambio para el flujo turbulento.
- Ampliar el campo de utilización y aplicar estas ecuaciones.

CONTENIDOS

Turbulencia, características. Magnitudes de tiempo ajustado. Ajuste de tiempo para las ecuaciones de variación. Esfuerzos cortantes turbulentos y viscosidad de remolino. Ecuaciones empíricas del perfil de velocidad.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 7 Transporte de Interface. Balances Microscópicos Isotérmicos.

OBJETIVOS

- Desarrollar y fundamentar la vía de diseño de los balances macroscópicos de materia, de cantidad de movimiento y de energía mecánica.
- Aplicar esta vía a diversos sistemas ingenieriles.
- Comprobar experimentalmente la validez de estas ecuaciones de balance en situaciones físicas en estado estacionario y transitorio.
- Fundamentar analíticamente las Operaciones Unitarias de Ingeniería Química con énfasis en fluidodinámica y transporte de cantidad de movimiento.

CONTENIDOS

Definición de factor de fricción. Relación entre el factor de fricción y el Reynolds. Métodos de estimación. Factor de fricción en tubos y esferas. Ley de Stokes. Aplicaciones a partículas no





esféricas. Balance macroscópico de materia. Balance macroscópico de cantidad de movimiento. Ejemplo de aplicación al cálculo de fuerzas en las paredes. Balance macroscópico de energía mecánica. Expresión de los balances en estado estacionario. Estimación de las pérdidas por fricción. Introducción al cálculo de cañerías y accesorios.

Ensayo de Laboratorio TP N° 4 Determinación del Factor de Fricción en Conductos.

TIEMPO ASIGNADO 35 horas

UNIDAD TEMÁTICA 8 Mecanismo del Transporte de Energía. Balance de Envolturas.

OBJETIVOS

- Revisar los conceptos básicos de los mecanismos de transferencia de energía.
- Plantear y describir la segunda de las ecuaciones constitutivas de los Fenómenos de Transporte (Ley de Fourier de la conducción del calor).
- Comprender, mediante la aplicación de balances de energía térmica, las posibilidades de diseño sencillas en sistemas constituidos por envolturas en estado estacionario.

CONTENIDOS

Conceptos de conducción, convección y radiación. Conducción del calor; ley de Fourier. Conductividad calorífica, concepto físico, difusividad térmica. Influencia de la presión y la temperatura. Conductividad de gases, líquidos y sólidos; métodos de determinación. Balances de energía calorífica en envolturas simples. Conducción con y sin generación interna. Flujo calorífico, concepto. Conducción en paredes compuestas. Distribuciones de temperatura en sólidos. Conducción en sólidos en estado no-estacionario, aplicaciones a geometrías sencillas (unidimensional). Concepto de coeficiente global de transferencia del calor.

Ensayo de Laboratorio TP N° 5 Cálculo de Pérdidas de Energía por Fricción en Tuberías y Accesorios.

TIEMPO ASIGNADO 15 horas

UNIDAD TEMÁTICA 9 Ecuaciones Diferenciales para la Transferencia de Energía Térmica.

OBJETIVOS

- Desarrollar las ecuaciones diferenciales de cambio (Ecuaciones de balance microscópico de materia y balance microscópico de cantidad de movimiento) y aplicarlas a problemas de diseño.

CONTENIDOS





Condiciones límites. Ecuaciones de la energía en coordenadas rectangulares y cilíndricas. Distribuciones de temperatura. Formas especiales y simplificadas de las ecuaciones. La ecuación del movimiento para la convección forzada y para la convección libre en flujo no-isotérmico. Análisis dimensional de las ecuaciones de variación. Capa límite térmica, concepto, relaciones con la capa límite hidrodinámica. Analogías de Reynolds. Distribuciones de temperatura en flujo laminar y turbulento. Magnitudes de tiempo ajustado. Aplicaciones del análisis adimensional y las analogías en la resolución de problemas. Uso del teorema en sistemas de transferencia de calor.

Ensayo de Laboratorio TP N° 6 Cálculos de Tiempo de Descarga.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 10 Transporte de Interface. Balances Macroscópicos no Isotérmicos

OBJETIVOS

- Desarrollar y fundamentar la vía de diseño de los balances macroscópicos de energía térmica.
- Aplicar esta vía a diversos sistemas ingenieriles.
- Comprobar experimentalmente la validez de estas ecuaciones de balance en situaciones físicas en estado estacionario y transitorio.
- Fundamentar analíticamente las Operaciones Unitarias de Ingeniería Química con énfasis en fluidodinámica y transporte de energía térmica.

CONTENIDOS

Diferencia media de temperatura aritmética y logarítmica. Coeficientes de transmisión del calor, concepto. Convección libre y forzada; característica. Convección forzada; determinación del coeficiente de transmisión de calor para flujo interno (tubos) y alrededor de objetos sumergidos. Analogías entre la transferencia de energía y momento. Concepto de convección libre; determinación del coeficiente de transmisión del calor. Condensación de vapores puros sobre placas verticales. Correlación de Nusselt. Balance macroscópico de energía y de energía mecánica (no-isotérmico).

Ensayo de Laboratorio TP N° 7 Calentamiento de un Fluido en un Tanque Agitado.

TIEMPO ASIGNADO 15 horas

UNIDAD TEMÁTICA 11 Flujo de Fluidos Compresibles

OBJETIVOS

- Introducir al alumno en el conocimiento y aplicación del flujo de fluidos compresibles.





CONTENIDOS

Velocidad del sonido. Número de Mach y regímenes de flujo compresibles. Flujo isentrópico en conducciones de área variable. Choque normal, flujo con fricción en conducciones de sección constante.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 12 Radiación Térmica.

OBJETIVOS

- Introducir al alumno en el conocimiento del transporte de energía por radiación.

CONTENIDOS

Transporte de energía por radiación. Ley de Kirchoff. Poder emisor de los cuerpos. Cuerpo negro. Emisividad. Cuerpo gris. Energía irradiada por un cuerpo negro. Ley de desplazamiento de Wien. Ley de Stefan-Boltzmann. Radiación entre superficies. Factores de visión. Radiación entre cuerpos no-negros que están a distinta temperatura. Factores globales de intercambio. Pantallas de radiación.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 13 Difusividad y Mecanismos. Balances Envolventes de Materia.

OBJETIVOS

- Desarrollar y fundamentar los balances de materia aplicados a una envoltura.

CONTENIDOS

Concentración, velocidad y densidad de flujo de materia. Ley de Fick de la difusión. Difusividad. Influencia de la presión, temperatura y composición. Difusividad de gases y líquidos. Difusividad equimolar y no equimolar. Número de Schmidt. Balances de materia aplicados a una envoltura. Difusión en una película gaseosa estancada. Determinación de la difusividad binaria.

TIEMPO ASIGNADO 10 horas

UNIDAD TEMÁTICA 14 Ecuaciones Diferenciales de la Transferencia de Masa.





OBJETIVOS

- Desarrollar las ecuaciones diferenciales de la transferencia de masa (Ecuaciones de balance microscópico de materia y balance microscópico de cantidad de movimiento) y aplicarlas a problemas de diseño.

CONTENIDOS

La ecuación de continuidad en una mezcla binaria. La ecuación de continuidad de A en diversos sistemas coordenados. Las ecuaciones de variación para sistemas de varios componentes. Condiciones límite. Formas especiales y simplificadas. Adimensionalización de las ecuaciones de variación.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 15 Distribuciones de Concentraciones de Flujo Turbulento.

OBJETIVOS

- Desarrollar el alisado de las ecuaciones de cambio de transferencia de materia para el flujo turbulento. Ampliar el campo de utilización y aplicar estas ecuaciones.

CONTENIDOS

Magnitudes de tiempo ajustado. Ajuste de tiempo de la ecuación de continuidad de A. Densidad de flujo turbulento de materia.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

UNIDAD TEMÁTICA 16 Transporte de Interface. Balances Macroscópicos Multicomponentes.

OBJETIVOS

- Desarrollar y fundamentar la vía de diseño de los balances macroscópicos de cantidad de movimiento, energía térmica y materia.
- Aplicar esta vía a diversos sistemas ingenieriles.
- Fundamentar analíticamente las Operaciones Unitarias de Ingeniería Química con énfasis en fluidodinámica, y transporte de energía térmica y materia.
- Comprender y vincular las analogías entre el transporte de cantidad de movimiento, energía y de materia.

CONTENIDOS





Equilibrio. Coeficientes individuales y totales de transferencia de masa. Correlaciones de transferencia convectiva de masa. Balances macroscópicos de materia, cantidad de movimiento, energía y energía mecánica en sistemas de varios componentes. Analogías entre la transferencia de masa, energía y cantidad de movimiento. Balance en torre de pared mojada. Número de unidades de transferencia.

TIEMPO ASIGNADO 5 horas

BIBLIOGRAFÍA

- Fenómenos de Transporte – Bird y Lightfoot – Reverté – 2006.
Fundamentos de Transferencia de Calor y Masa – Welty, Wicks, y Wilson – Limusa – 1978.
Fundamentals of Heat and Mass Transfer – Incropera y DeWitt - John Wiley & Sons, Inc – 1996.
Fundamentos de Transporte y Operaciones Unitarias – Geankoplis - Cía Editorial Continental S. - 1999 .

FORMACIÓN PRÁCTICA

FORMACIÓN EXPERIMENTAL: 15 HS

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE INGENIERÍA: 36 HS

ACTIVIDADES DE PROYECTO Y DISEÑO: -

CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR

DESCRIPCIÓN

Se desarrolla con el dictado de las clases teóricas, planteo y resolución de problemas de aplicación y trabajos prácticos de laboratorio que ilustran los temas desarrollados. Se ha implementado una guía de trabajos prácticos, tablas y gráficos.





MODALIDAD DE LA ENSEÑANZA

1. Clases teóricas: Se realiza la exposición del marco que sustenta cada tema.
2. Trabajos prácticos: Comprende la realización de 16 seminarios (36 horas reloj) con activa participación de los alumnos en la resolución de los mismos, fomentando adquirir un criterio ingenieril, espíritu crítico y capacidad de análisis de los resultados obtenidos.
3. Experiencia de laboratorio: A través de 7 experiencias se ejemplifican los temas clave.
4. Modalidad de agrupamiento: Los seminarios se resuelven en comisiones de 4 alumnos como máximo.
5. Clases de consulta: Se dispone de una clase semanal para realizar consultas sobre cualquier contenido o tarea práctica que involucre los temas desarrollados.
6. Visitas: Anualmente se realiza un cronograma de actividades a fin de realizar visitas relacionadas con los contenidos de la Cátedra y de la Carrera Ingeniería Química.

EVALUACIÓN

La evaluación comprende:

1. Evaluación inicial o diagnóstica: Prueba de suficiencia realizada al inicio de cada ciclo lectivo.
2. Evaluaciones parciales: Se realizan 3 exámenes individuales y escritos sobre los contenidos desarrollados.
3. Presentación de carpetas de trabajos prácticos: Se evalúan los informes elaborados por el alumno.
4. Encuesta anual: Se realiza en el final de cada ciclo lectivo para conocer la opinión de los alumnos.
5. Aprobación: Se realiza mediante un examen final teórico práctico.

