



Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Ministerio de Educación
Unidad de Coordinación del Sistema de Formación Docente



Instituto Superior del Profesorado
"Dr. Joaquín V. González"

"1983 - 2023. 40 años de Democracia"

Nivel: Superior

Carrera: Profesorado de Educación Superior en Química

Eje: Campo de Formación Específica

Instancia curricular: CALOR Y TERMODINÁMICA QUÍMICA

Cursada: anual

Carga horaria: (6) (seis) horas cátedra semanales

Profesor/a: Roberto A. García

Año: 2023

Fundamentación (enfoque de la instancia curricular)

El enfoque de la instancia curricular se ha diseñado de forma tal que

- Articule con los conocimientos adquiridos en espacios curriculares anteriores, posibilitando la integración, aplicación y profundización de los mismos, dándole continuidad a la construcción del conocimiento científico sobre los fenómenos físicos y químicos desde el comienzo de la carrera.
- Aporte los conocimientos que se requieren para el aprendizaje de los contenidos que se desarrollan en espacios curriculares posteriores de la carrera como Química Física y Química Industrial.
- Concientice a los futuros profesores sobre el uso racional de la energía para satisfacer la demanda de la sociedad, resaltando la importancia de diseñar y utilizar sistemas de obtención, transformación y transferencia que garanticen el cuidado del medio ambiente.
- Promueva la divulgación del conocimiento científico con un lenguaje riguroso, preciso y claro.
- Esté intervenido por consideraciones pedagógicas específicas de las ciencias naturales que optimicen la tarea docente en las áreas de incumbencia de la Química.
- Mientras dure el ASPO en el contexto de la crisis sanitaria por el Covid-19, se mantenga el vínculo pedagógico con los estudiantes mediante la realización de

actividades sincrónicas y asincrónicas utilizando la Internet, diferentes recursos tecnológicos, aplicaciones y la Plataforma virtual ISFoD, y se implementen instancias pedagógicas compensatorias para quienes no hayan podido garantizar continuidad en el seguimiento de las actividades virtuales por falta de conectividad o dispositivos tecnológicos requeridos.

Objetivos / Propósitos

Que el estudiante sea capaz de:

- Manejar los conceptos referidos a las características de los sistemas termodinámicos que necesitará para las asignaturas siguientes en el trayecto formativo.
- Entender que la temperatura no es una magnitud en el sentido físico de este término.
- Comprender que el calor no está contenido en los cuerpos, sino que es una energía en tránsito de características especiales.
- Manejar los conceptos relativos al comportamiento gaseoso, especialmente aquello que deberá transferir a los educandos en su actividad profesional.
- Entender que el trabajo mecánico es sólo una de las formas de trabajo, que es energía en tránsito que puede establecerse mediante efectos exteriores al sistema que lo intercambia.
- Conocer el sentido y los alcances de los principios de la Termodinámica, los que, además, le serán indispensables para las asignaturas siguientes en el trayecto formativo.
- Conocer las principales aplicaciones que se derivan de los principios de la Termodinámica.

Contenidos / Unidades temáticas

UNIDAD I: Termometría

Estados térmicos. La ley cero de la termodinámica o del equilibrio térmico. Temperatura. Escalas termométricas: la escala Celsius y escala Fahrenheit. La escala absoluta de gas ideal.

Termómetros. Sustancias y propiedades termométricas.

UNIDAD II: Calorimetría

Energía. Calor y energía. Calor y temperatura. Calor sensible. La caloría. Calor específico y capacidad calorífica. Calor latente. Leyes de la Calorimetría. Determinaciones calorimétricas. El calorímetro de las mezclas. Generación de calor en los procesos biológicos y en los procesos químicos industriales. Importancia.

UNIDAD III: Transmisión del calor

Dilatación. Dilatación de sólidos. Dilatación lineal, superficial y cúbica. Relación entre los coeficientes de dilatación. Dilatación de líquidos. Dilatación real y aparente. Variación de la densidad de un cuerpo con la temperatura. Dilatación de gases. Aplicaciones de la dilatación térmica.

Trasmisión de calor por conducción. Régimen estacionario. Ley de Fourier. Conducción a través de una pared plana. Conducción a través de paredes planas en serie. Analogía eléctrica de la conducción. Flujo de calor en dirección radial: a través de tubos y esferas. Régimen transitorio.

Transmisión de calor por convección. Ley de Newton de enfriamiento/calentamiento. Variación de la temperatura. Aplicaciones con conducción y convección combinadas. Convección forzada y natural.

Transmisión de calor por radiación: Radiación electromagnética. La energía de la radiación electromagnética. Potencia radiante. Emisión y recepción de energía radiante por una superficie. Emisividad. Reflectividad. Absorbancia, Transmisividad y radiosidad. Ley de Kirchhoff. Superficies grises. Ley de Stefan – Boltzmann. Distribución espectral de la radiación. Ley de Wien. Ley del cuadrado inverso. Transmisión de calor por radiación. Transmisión de calor por radiación y convección.

Intercambiadores de calor: Intercambiadores de casco y tubos. Flujo en paralelo y a contracorriente.

UNIDAD IV: El estado gaseoso

Gases ideales: Presión. Unidades. Ley de Boyle-Mariotte. Las leyes de Charles y Gay Lussac. Ecuación de estado del gas ideal. Isotermas, isobaras e isométricas del gas ideal. Teoría cinética molecular de los gases. Propiedades intensivas y extensivas. Ley de Avogadro. Ecuación general de estado del gas ideal. Mezcla de gases ideales. Presión parcial. Ley de Dalton. Volúmenes parciales. Ley de Amagat. Ley de la distribución barométrica.

Gases reales: Desviaciones respecto del comportamiento ideal. Desviaciones aparentes y reales. Factor de compresibilidad. La ecuación de van der Waals. Isotermas de un gas real e isotermas de un gas de van der Waals. Estado crítico. Ley de los estados correspondientes. Curvas de compresibilidad generalizadas. La temperatura de Boyle. Mezcla de gases reales.

UNIDAD V: Sistemas termodinámicos

Termodinámica: objetivos, alcances y limitaciones de la termodinámica. Enfoques macroscópico y microscópico. Termodinámica clásica y estadística.

Propiedades de los sistemas termodinámicos: Sistema, entorno y universo. Frontera.

Equilibrio termodinámico. Tipos de sistemas: cerrado, abierto, adiabático y aislado. Coordenadas termodinámicas y estado de un sistema. Variables intensivas y extensivas. Transformaciones o procesos. Clasificación de procesos: reversibles e irreversibles. Transformaciones cuasi-estáticas. Ciclos. Trabajo, energía y calor. Funciones de estado y de la trayectoria. Diferenciales exactas e inexactas.

UNIDAD VI: Primer Principio de la Termodinámica

Trabajo: Trabajo de expansión. Procesos termodinámicos reversibles e irreversibles. Trabajo reversible de expansión. Cantidades máximas de trabajo en expansión isotérmica reversible.

Primer Principio: La energía interna como función de estado. Enunciados del Primer Principio. La energía interna como función de la temperatura y del volumen. Cambios de estado y capacidad calorífica de un sistema a volumen constante. Energía interna de un gas ideal. Ley de Joule.

Entalpía: definición de la función de estado entalpía. Dependencia de la entalpía con la temperatura y la presión. Cambios de estado y capacidad calorífica de un sistema a presión constante. Entalpía de un gas ideal. Efecto Joule-Thomson. Variación de la entalpía respecto de la presión. Temperatura de inversión. Relación entre las capacidades caloríficas. La relación de Mayer. Capacidad calorífica de los gases en función de la temperatura.

UNIDAD VII: Aplicaciones del Primer Principio

Procesos en sistemas cerrados: Balance de energía. Transformaciones de gases perfectos. Procesos a volumen constante y a presión constante. Transformaciones isotérmicas, adiabáticas y politrópicas. Diagramas de Clapeyron.

Procesos en sistemas abiertos: balances de masa y energía. Volumen de control. Expresión del primer principio para sistemas abiertos en régimen estacionario y no estacionario. Compresores, bombas, turbinas, toberas y difusores.

Aplicaciones a procesos químicos: Termoquímica. Calor de reacción. Calor de reacción a presión constante y a volumen constante. Leyes de la Termoquímica. Calor de formación. Calor de combustión. Variaciones de entalpía en los cambios en el estado de agregación. Dependencia del calor de reacción con la temperatura. Ecuación de Kirchhoff. Temperatura máxima de reacción. Temperatura de llama. Calores de disolución y de dilución.

UNIDAD VIII: Segundo Principio de la Termodinámica

Segundo Principio: Limitaciones del Primer Principio. Irreversibilidad de las transformaciones espontáneas. Los enunciados del Segundo Principio. El teorema de Carnot. El ciclo de Carnot. Rendimiento máximo de una máquina térmica. La escala termodinámica de temperaturas. Entropía. Cambio entrópico en un proceso reversible.

Diagramas entrópicos. Variaciones de entropía en transformaciones irreversibles. La desigualdad de Clausius.

Propiedades de la entropía: Relación entre entropía y variables de estado. Variación de la entropía con la temperatura. Variación de la entropía con el volumen y la presión. Ecuaciones termodinámicas de estado. Variación de entropía en procesos de un gas ideal. Entropía de mezcla. Entropía en procesos adiabáticos. Relaciones entre la entropía y las capacidades caloríficas.

Entropía en el cero absoluto. Tercer principio de la termodinámica. Teorema de Nernst. Determinación experimental de la entropía.

UNIDAD IX: Energía Libre

La función de trabajo. La función energía libre. Relación entre la función de trabajo y la energía libre. Energía libre y función de trabajo en transformaciones isotérmicas. Ecuaciones de Gibbs – Helmholtz. Energía libre y condiciones de equilibrio. Energía libre estándar de formación. Ecuaciones fundamentales de la termodinámica.

UNIDAD X: Equilibrio de Fases

Propiedades parciales molares: Significado físico de la propiedad parcial molar. La energía libre parcial molar. El potencial químico. Equilibrio en sistemas heterogéneos. Variación del potencial químico con la temperatura y la presión. Cambios de energía libre en cualquier proceso.

Sistemas de un componente: Equilibrio líquido–vapor. La ecuación de Clausius–Clapeyron. Vapores. Diagramas entrópicos para vapores. Diagrama de Mollier. Máquinas térmicas de vapor. Ciclo de Rankine. Ciclo regenerativo. Máquinas frigoríficas. Ciclos de compresión de vapor.

Sistemas multicomponentes: condiciones de equilibrio. La regla de las fases. Aire húmedo. Humedad absoluta y relativa. Diagrama entálpico. Procesos con aire húmedo: enfriamiento, mezclas, humidificación, deshumidificación y secado. Diagrama psicrométrico. Temperatura de bulbo húmedo y de bulbo seco. Temperatura de saturación adiabática.

UNIDAD XI: Exergía

El concepto de exergía. Calor utilizable o exergía del calor. Exergía y Anergía. Exergía por disequilibrio mecánico o trabajo útil. Exergía de sistemas cerrados. Exergía de sistemas abiertos. Variaciones de exergía. Diagramas Exergía-entropía. Rendimiento exegético o efectividad térmica.

Modalidad de trabajo

Cada unidad temática será presentada a través de una situación problemática disparadora, a partir de la cual, y mediante un diálogo didáctico se introducirá al estudiante en la formalidad teórica de los temas.

La dinámica de las clases alternará entre espacios de aprendizajes teóricos y prácticos. Para la conducción del aprendizaje durante las **clases teóricas** se aplican distintas metodologías como ser exposición dialogada con desarrollos teóricos en pizarra y con apoyo de recursos multimediales.

Las metodologías que se proponen para el desarrollo de las **clases prácticas** son las siguientes: resolución de interrogantes, discusiones grupales, talleres de resolución de problemas, trabajos de profundización y de investigación bibliográfica sobre los contenidos tratados y trabajos de carácter experimental. En todas las actividades se entrena a los alumnos en la producción de informes y textos teóricos de carácter técnico y científico.

Se aplicarán técnicas pedagógicas tendientes a:

- Favorecer la construcción del conocimiento integrando teorías y sacando provecho de recursos tecnológicos que faciliten las tareas.
- Propiciar la comunicación multidireccional entre el equipo docente y los alumnos que garantice un amplio nivel de participación en las clases a fin de que las hipótesis, principios y teorías y estudiadas cuenten con el consenso necesario antes de avanzar en el análisis propuesto.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con la realidad científica y tecnológica industrial de la Química.

Para alcanzar los objetivos descriptos se emplearán distintos tipos de recursos, a saber:

- Equipo docente: sus integrantes actuarán ejerciendo el rol de expositores, motivadores, guías, moderadores en los diálogos didácticos, evaluadores.
- Guías de problemas, cuestionarios, guías de trabajos prácticos experimentales y material bibliográfico (libros de texto, artículos de revistas, anales de congresos, jornadas y seminarios, elementos web, tutoriales, etc.)
- Aula virtual
- Laboratorios
- Computadoras personales y distintos tipos de software, cañón proyector, pizarra y fibras para escritura.
- Conexión wi-fi para acceso a la internet.

Trabajos Prácticos (cronograma tentativo)

TP Calorimetría

TP Calor latente

TP Transmisión del calor

Régimen de aprobación de la materia. Condiciones.

Para la acreditación de este espacio curricular....

Con examen final

El alumno deberá

- 1) aprobar dos evaluaciones parciales escritas consistentes en la resolución de situaciones problemáticas aplicando la teoría y los métodos propios de este espacio.
La primera de ellas será fijada en fecha anterior a la finalización del primer cuatrimestre y la segunda antes de la finalización del segundo cuatrimestre.
Cada evaluación admitirá un recuperatorio para aquellos alumnos que no hubieran aprobado alguna de ellas o estuvieran ausentes con causa debidamente justificada.
- 2) Resolver y entregar antes de cada evaluación parcial las Guías de Problemas resueltas correspondientes a las unidades temáticas cuyos contenidos se han de evaluar.
- 3) Realizar y entregar en tiempo (fechas que establezca la cátedra) y forma (siguiendo normas de presentación y citas bibliográficas) un informe teórico de cada una de las unidades temáticas que complementen los contenidos trabajados en clase consultando la bibliografía.
- 4) Realizar y presentar los informes de los trabajos experimentales que se hubieran realizado en el laboratorio.
- 5) Aprobar un examen final oral en el que deberá realizar una breve exposición y responder preguntas sobre cualquiera de los contenidos desarrollados en el curso.

Los alumnos que satisfagan las condiciones enunciadas anteriormente en los ítems 1 a 4 aprobarán la cursada y alcanzarán la condición de REGULAR.

Régimen libre

El alumno deberá adecuarse al "Reglamento de alumno libre" vigente para todas las carreras y será evaluado en dos instancias:

1. Examen escrito: consistente en la resolución de problemas de aplicación de todos los contenidos de la materia y cuestiones relacionadas con los trabajos prácticos de Laboratorio.
2. Examen oral: consistente en un interrogatorio sobre los conceptos y desarrollos teóricos de la materia.

Ambas instancias son eliminatorias y serán calificadas con una nota numérica de la escala 0 a 10, siendo 4 (cuatro) la calificación mínima para aprobar cada instancia de evaluación.

Bibliografía

General

1. Atkins, P., De Paula, J., *Química Física*. 8ª edición. Editorial Médica Panamericana. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2017
2. Castellan, G., *Fisicoquímica*. 2ª edición. Pearson Educación, 1998
3. Glasstone, S., *Termodinámica para Químicos*. 7ª edición. Aguilar S.A. de Ediciones. Madrid, 1974
4. Ligia Gargallo G., Deodato Radic F., *Termodinámica Química*. 2ª ed. Alfaomega. México, 2000.
5. García, Carlos A., *Termodinámica Técnica*. 7ª edición. Ed. Alsina Bs.As. 2006
6. García, Carlos A., *Problemas de Termodinámica Técnica*. 2ª edición. Ed. Alsina Bs.As. 1997
7. Rolle, K., *Termodinámica*. 6ª edición. Pearson Educación, México, 2006
8. Facorro Ruiz, L., *Curso de Termodinámica*. 15ª ed. Nueva Librería. Buenos Aires, 2011.

Complementaria

1. Sears, F. W., Zemansky, M. W., Young, H.D. *Física Universitaria*. 9a. Edición. Addison - Wesley Iberoamericana. México. 1998.
2. Morán, M.J., Shapiro H.N., *Fundamentos de Termodinámica Técnica* Tomos I y II, Ed. Reverté Barcelona. 2004
3. Martínez Isidoro, *Termodinámica Clásica y Aplicada* Ed. Dossat S.A. Madrid 1999
4. Peris J. A., *Curso de termodinámica*. Ed. Alhambra Longman Madrid.1998
5. Russell L.D., Adebisi G.A., *Termodinámica Clásica*, Ed. Addison – Wesley Iberoamericana EEUU 1993
6. Van Wylen G.J, Sonntag R., *Fundamentos de Termodinámica*. Ed. Limusa México .1983
7. Wark K, Richards D., *Termodinámica*, 6ª edición, McGraw – Hill, 2000.
8. Hougen O.A., Watson K.M., Ragatz R.A., *Principios de los Procesos Químicos*, Tomo I, *Balances de Materia y Energía*, Ed. Reverté S.A., Barcelona 1978
9. Hougen O.A., Watson K.M., Ragatz R.A., *Principios de los Procesos Químicos*, Tomo II, *Termodinámica*, Ed. Reverté S.A., Barcelona 1978