

10 6 MAR 2020



Nombre del curso o unidad curricular: Termodinámica para Ciencias Biológicas

Licenciaturas: Ciencias Biológicas

Frecuencia y semestre de la formación al que pertenece la unidad curricular: Frecuencia anual, tercer semestre.

Créditos asignados: 10 créditos

Tramo Común o Tramos de orientación - Área Científico básica.

Nombre del/la docente responsable de la unidad curricular y contacto: Dr. Eduardo Méndez (emendez@fcien.edu.uy) Dra. Fernanda Cerdá (fcerda@fcien.edu.uy)

Requisitos previos: Nociones básicas de Matemáticas y Física. Cálculo diferencial e integral.

Ejemplos unidades curriculares de Facultad de Ciencias u otros que aportan dichos conocimientos: Matemática I y Física I

Conocimientos adicionales sugeridos:

Los contenidos del curso son mejor aprovechados con la simultaneidad con Bioquímica y Biofísica.

10.6 MAR 2020



Objetivos de la unidad curricular:

a) Herramientas, conceptos y habilidades que se pretenden desarrollar en la unidad curricular

Aportar las herramientas fundamentales de Termodinámica para comprender los procesos fisicoquímicos que se dan a todo nivel, incluyendo los sistemas biológicos y bioquímicos, la transformación de la materia, y las condiciones para que los procesos tengan lugar. Por otra parte, se busca capacitar al estudiante en el manejo de modelos matemáticos y modelos moleculares, en el marco de Leyes y Teorías, respectivamente.

b) En el marco del plan de estudios

En el marco de la formación profesional, ¿qué herramientas aporta esa unidad curricular en la formación profesional de ese estudiante?

Por su contenido teórico, se trata de un curso que aporta conocimientos fundamentales para la formación de un Licenciado en Ciencias, más allá de las futuras especializaciones que se opten para la graduación o posgraduación.

Temario sintético de la unidad curricular:

Módulo I: Teórico de Termodinámica

- 1 PROPIEDADES DE LOS GASES, LOS SÓLIDOS Y LOS LÍQUIDOS
- 2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS TERMODINÁMICOS
- 3 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA
- 4 APLICACIONES DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA
- 5 LA ENTROPÍA Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA
- 6 ENERGÍA DE GIBBS
- 7 EQUILIBRIO FÍSICO
- 8 EQUILIBRIO QUÍMICO
- 9 TERMODINÁMICA BIOQUÍMICA

Temario desarrollado:

Se sugiere explicitar cada tema y sus contenidos, de manera que se pueda conocer el grado de profundidad en el tratamiento de cada tema, lo cual resulta de utilidad a la hora de definir

10 6 MAR 2020



reconocimientos o diferentes trayectos de cursada.

Curso Teórico:

MÓDULO TERMODINÁMICA (38 clases)

Las clases teóricas incluyen la resolución de ejercicios

1 PROPIEDADES DE LOS GASES, LOS SÓLIDOS Y LOS LÍQUIDOS (9 clases)

1.1 La naturaleza de los gases.

Descripción del comportamiento de los gases, dependencia con la presión, la temperatura y el volumen. Modelo matemático del gas perfecto. Mezcla de gases, Ley de Dalton. Modelo molecular del gas perfecto. Teoría cinética de los gases. Distribución de Maxwell-Boltzmann. Difusión y efusión. Densidad de los gases. Gases reales. Modelo molecular y matemático de van der Waals. Otros modelos para gases: factor de compresibilidad, modelo virial. Presión barométrica. Medidas y unidades de presión.

Aplicaciones en Biología: flotabilidad de los peces.

1.2 El enlace químico.

Enlace iónico. Enlace covalente. Enlace metálico. Fuerzas intermoleculares. Enlace de Hidrógeno. Fuerzas entre dipolos permanentes e inducidos.

Aplicaciones en Biología: interacciones por puente de Hidrógeno entre bases nucleotídicas.

Interacciones débiles entre cadenas carbonadas en membranas lipídicas y liposomas.

1.3 La naturaleza de los sólidos.

Sólidos iónicos, sólidos metálicos, sólidos moleculares y sólidos amorfos. Carbono y sus formas alotrópicas: grafito, diamante, grafeno, nanotubos de carbono y fullerenos. Nanopartículas metálicas.

Aplicaciones en Biología: Nanotecnología y autoensamblados biomiméticos.

1.4. La naturaleza de los líquidos.

Propiedades. Densidad y viscosidad. Medidas de densidad y viscosidad. Flujo laminar y flujo turbulento. Viscosidad de disoluciones de macromoléculas. Viscosidad relativa, viscosidad específica y viscosidad intrínseca.

Aplicaciones en Biología: Estimación de la forma hidrodinámica y del punto isoeléctrico de las proteínas por medidas de viscosidad. Proteínas plasmáticas y viscosidad de la sangre.

2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS TERMODINÁMICOS (3 clases)

Descripción termodinámica del Universo: sistema, ambiente y frontera. Clasificación de los sistemas en función de la permeabilidad de la frontera. Propiedades del sistema. Propiedades extensivas e intensivas. Estado del sistema. Equilibrios mecánico, térmico, químico y termodinámico. Equilibrio estacionario. Definición de trabajo y calor. Relación matemática entre las propiedades de un sistema. Ecuaciones de estado, ecuaciones paramétricas y ecuaciones viriales. Grados de libertad de un sistema: Regla de las Fases. Descripción matemática de un sistema. Diferenciales exactas e inexactas. Criterio de Euler. Integrales definidas e integrales de línea.

06 MAR 2020



Cambio en las propiedades de un sistema. Procesos reversibles e irreversibles. Estados inicial y final de un proceso.

Aplicaciones en Biología: Descripción termodinámica de diversos sistemas bioquímicos.

3 PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA (2 clases)

Relación entre calor y trabajo. Definición de la función de estado energía interna (U). Formulación matemática de la Primera Ley. Carácter axiomático de la Primera Ley. Interpretación molecular de los cambios energéticos. Cantidades medibles en Termodinámica: transferencia de trabajo a presión constante. Transferencia reversible de trabajo a temperatura constante. Transferencia de calor a volumen constante. Transferencia de calor a presión constante. Definición de la función de estado entalpía (H). Estado de referencia químico. Dependencia de la capacidad calorífica con la trayectoria: capacidad calorífica a presión constante y capacidad calorífica a volumen constante. Procesos adiabáticos. Propiedades térmicas del agua.

Aplicaciones en Biología: temperatura en animales poiquilotermos y mamíferos. Mecanismos de perspiración.

4 APLICACIONES DE LA PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA (3 clases)

El estado estándar para la entalpía. Nomenclatura (normas IUPAC). Reacciones y transiciones químicas y físicas de la materia como procesos. Entalpías asociadas a los procesos químicos y fisicoquímicos. Transiciones de fase: sublimación, vaporización, fusión. Desnaturalización proteica, fusión de membranas lipídicas. Energías de enlace. Dependencia de la entalpía con la temperatura. Ecuación de Kirchhoff. Fuente de datos termodinámicos para el estado de referencia químico (Handbooks, libros, revistas, web). Técnicas experimentales. Calorimetría convencional y entalpía calorimétrica. Calorimetría diferencial de barrido (DSC). Simulación de perfiles térmicos de DSC para la hipótesis Termodinámica del proceso de desnaturalización.

Aplicaciones en Biología: Acción de los anestésicos medida por DSC.

5 LA ENTROPÍA Y LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA (3 clases)

Definición de la función de estado entropía (S). Segunda Ley de la Termodinámica. Carácter axiomático de la Segunda Ley. Interpretación macro y microscópica de la entropía. Entropía de los procesos reversibles. Procesos reversibles de un gas perfecto. Entropía y procesos irreversibles: irreversibilidad mecánica externa, irreversibilidad mecánica interna, irreversibilidad térmica externa. Disipación de energía. Estado estándar para la entropía. Entropía absoluta. Influencia de la temperatura. Cambio de entropía para los procesos de transición.

Aplicaciones en Biología: Disipación de calor durante la vida. Ejemplos de autoensamblado en biología y bioquímica.

6 ENERGÍA DE GIBBS (3 clases)

Definición de la función de estado energía de Gibbs (G). Definición de la función de estado energía de Helmholtz (A). Relación con el trabajo útil. El estado estándar para la energía de Gibbs.

Influencia de la temperatura. Criterio de espontaneidad.

Aplicaciones en Biología: Relaciones entre las propiedades termodinámicas para los procesos de autoensamblado biológico. Hidrólisis del ATP. Análisis por ITC. Compensación entálpico-entrópica en procesos bioquímicos.

7 EQUILIBRIO FÍSICO (5 clases)

7.1 Termodinámica de las sustancias puras

Ecuaciones de Maxwell. Cambio en el volumen de las sustancias: coeficientes de compresibilidad isotérmico y adiabático, coeficiente de dilatación isobárico. El potencial químico de una sustancia pura. Estabilidad de fases. Equilibrio de fases. Diagramas P-T. Modelos matemáticos para los equilibrios de fases. Ecuación de Clapeyron. Ecuación de Clausius-Clapeyron. Verificación experimental de los modelos matemáticos. Entalpía de vant Hoff.

7.2 Mezcla de sustancias

Cantidades molares parciales. Energía de Gibbs molar parcial. Ecuación de Gibbs-Duhem. Termodinámica de la mezcla de gases.

7.3 Potencial químico de los líquidos

Soluciones ideales. Soluciones ideales diluidas. Termodinámica de la mezcla de líquidos. Propiedades coligativas: elevación del punto de ebullición, disminución del punto de fusión, presión osmótica. Modelo molecular para las disoluciones: modelo del impedimento de la evaporación, modelo del pseudo-gas de Mysels. Soluciones reales. Coeficientes de actividad. Estado de referencia molal.

Aplicaciones en Biología: Ejemplos de propiedades coligativas en gastronomía molecular. Compresibilidad de proteínas y generación de calor por contracción muscular.

8 EQUILIBRIO QUÍMICO (4 clases)

El potencial químico para mezcla de sustancias. La ecuación de Gibbs-Duhem. La ley de acción de masas. Constantes termodinámicas de equilibrio y constantes aparentes de equilibrio. Influencia de la concentración, la presión y la temperatura en la posición del equilibrio. Incidencia de la fuerza iónica: modelo de Davies. Aplicaciones en Bioquímica: Relaciones entre las propiedades termodinámicas para los procesos de autoensamblado biológico. Hidrólisis del ATP en el estado de referencia químico.

9 TERMODINÁMICA BIOQUÍMICA (6 clases)

Desarrollo histórico. Recomendaciones de la IUBMB. Ecuaciones químicas y bioquímicas. Reglas para formular ecuaciones bioquímicas. Efecto del pH, fuerza iónica y concentración de Mg^{2+} en las reacciones bioquímicas. Estado estándar biológico, bioquímico y cuasi-fisiológico. Tablas de propiedades termodinámicas transformadas. Fuente de datos termodinámicos para los estados de referencia biológico y bioquímico (Handbooks, libros, revistas, web). Cálculo del cambio en las propiedades termodinámicas transformadas en las reacciones bioquímicas. Termodinámica de las rutas metabólicas. Termodinámica de la hibridación del ADN. Modelo BPNN (Base Pair Nearest Neighbors). Tablas de Santa Lucía. Compensación entálpico-entrópica en procesos bioquímicos. Aplicaciones en Biología: Hidrólisis del ATP y análisis termodinámico de las vías glicolítica,



pentosas fosfato, ciclo de Krebs, etc., en el estado de referencia bioquímico y cuasi-fisiológico.
Fundamentos termodinámicos de la técnica de PCR (Polymerase Chain Reaction).



Bibliografía

10 6 MAR 2020

a) Básica:

- P. Atkins, J. De Paula. **Physical Chemistry for the Life Sciences**. W.H. Freeman Co. (2011)
R. Chang. **Physical Chemistry for the Biosciences**. University Science Book (2005)
G. G. Hammes, S. Hammes-Schiffer. **Physical Chemistry for the Biological Sciences**. 2da edición. John Wiley Sons (2015)
P. Atkins, J. de Paula. **Physical Chemistry**. 9ª edición. Oxford University Press (2010)
P. Atkins, J. de Paula. **Elements of Physical Chemistry**. 5ta edición. W.H. Freeman Co. (2009).

b) Complementaria:

- IUPAC. **Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry**. 3era edición. RSC Publishing (2007).
M. Koppmann. **Manual de gastronomía molecular: el encuentro entre la ciencia y la cocina**. 2da edición. Siglo Veintiuno Editores (2011).
M. Koppmann. **Nuevo manual de gastronomía molecular**. 1era edición. Siglo Veintiuno Editores (2012).
U. von Stockar, T. Maskow, V. Vojinovic. **Biothermodynamics: the role of thermodynamics in biochemical engineering**. Taylor and Francis Group (2013).
R. A. Alberty. **Thermodynamic of biochemical reactions**. Wiley Interscience (2003).
R. A. Alberty. **Biochemical Thermodynamics: applications of Mathematica** (2006).
NIST Standard Reference Database 74. http://xpd.b.nist.gov/enzyme-_thermodynamics

Modalidad cursada: Curso presencial teórico, con apoyo online en EVA.

Metodología de enseñanza: Traditional Lectures and Thinking Based Learning. El curso complementa las clases magistrales con instancias prácticas que motiven el pensamiento crítico.

Carga horaria total: 76 hs.



Sistema de ganancia de la unidad curricular

Tiene examen final: Si

06 MAR 2020

Se exonera: Si

Nota de exoneración (del 3 al 12): 6

a) Características de las evaluaciones:

El curso será evaluado en dos instancias a lo largo del Semestre, mediante pruebas tipo múltiple opción, la primera sobre los temas dictados en la primera mitad del semestre, y la segunda sobre la totalidad del curso.

Las pruebas se calificarán en escala lineal de 0 a 12 (la nota 6 corresponde al 50 % de la prueba). Si por suma de las dos instancias el estudiante obtiene la calificación 16/24, queda exonerado del examen, y su nota de aprobación del examen será la correspondiente a la obtenida en las evaluaciones, pero en escala universitaria.

Para la ganancia del curso, se deberá obtener un total de 12/24 puntos entre las dos pruebas, no pudiéndose obtener 2 o menos puntos en la segunda prueba (globalizadora). Esta ganancia del curso habilita para la rendición del examen. La aprobación del curso es sin nota.

Examen escrito de aprobación de la asignatura:

El formato de la evaluación es múltiple opción con 2 hs de duración. NO es a libro abierto.

Se calificará en escala logarítmica, el mínimo es 3, que corresponde al 50 % de la prueba correcta.

Es un curso de asistencia libre a los teóricos.

b) Porcentaje de asistencia requerido para aprobar la unidad curricular: 0

c) Puntaje mínimo individual de cada evaluación y total: 50 %

d) Modo de devolución o corrección de pruebas: Luego de publicadas las calificaciones, hay una

instancia de muestra de las evaluaciones y su resolución se discute con los estudiantes en la clase siguiente de teórico o práctico.



Iguá 4225 esq. Mataojo • 11.400 Montevideo – Uruguay

Tel. (598) 2525 0378 • (598) 2522 947 • (598) 2525 8618 al 23 ext. 7 110 y 7 168 • Fax (598) 2525 8617

06 MAR 2020

