

Planificación de la Asignatura: Termodinámica - Bioingeniería

Fecha: 23/10/2024 13:02

Código: B0817

Carrera: Bioingeniería

Departamento Académico: Físico-Química

Docente a cargo:

Correo del docente a cargo: diego.campana@uner.edu.ar

Régimen de Dictado: Cuatrimestral doble oferta

Carga Horaria Semanal: 5 horas semanales

Carga Horaria Total: 70 horas

Contenidos Mínimos:

Primer y segundo Principios. Vapores. Ciclos térmicos, Aire húmedo. Termotransferencias. Máquinas Frigoríficas y producción de Vapor. Termodinámica de Fenómenos Naturales.

Correlativas Regulares para cursar:

Ecuaciones Diferenciales

Física Mecánica

Correlativas Aprobadas para cursar:

Química General e Inorgánica

Correlativas Aprobadas para promocionar o rendir el examen final:

Física Mecánica

Química General e Inorgánica

Objetivo General:

Comprender los principios, leyes y postulados de la termodinámica, para entender los mecanismos que gobiernan el flujo de energía térmica y su transformación en trabajo (o viceversa) y aplicarlos en el estudio y análisis de sistemas y máquinas térmicas.

Objetivos Particulares:

A partir del objetivo general, se pueden desagregar los siguientes objetivos particulares:

- a) Interpretar que los conceptos de trabajo y energía estudiados desde el enfoque mecánico son ampliados bajo los postulados y leyes de la Termodinámica para así aplicarlos al estudio de procesos naturales y diseño de dispositivos
- c) Formular abstracciones y simplificaciones de sistemas reales presentes en la práctica de ingeniería y la naturaleza, para realizar una modelización adecuada de los mismos y así poder estudiarlos, diseñarlos y/o intervenirlos usando los principios de la Termodinámica.
- d) Analizar los mecanismos de transmisión del calor (conducción, convección y radiación) para ser capaces de identificar su relevancia en diferentes situaciones de la práctica.
- e) Calcular las propiedades, identificar estados y relacionar transformaciones de fase de fluidos fundamentales en la ingeniería con el funcionamiento de dispositivos para esterilización, máquinas térmicas y frigoríficas, para lograr habilidades de intervención básicas sobre los dispositivos reales.
- f) Interpretar el propósito de los elementos que componen las máquinas térmicas y frigoríficas más usuales y su efecto sobre los ciclos que ejecutan, para así identificar fallas y posibles mejoras en las aplicaciones.

Programa Analítico:

A partir de los contenidos mínimos establecidos en el plan de estudios, se ha diseñado un enfoque epistemológico que coincide con aquel que se utiliza en la mayoría de la bibliografía disponible y de referencia.

Como grandes bloques temáticos se pueden mencionar:

- Aproximación postulatoria
- Estados de equilibrio, propiedades y procesos
- Sustancias y transformaciones
- Energía en tránsito, calor y trabajo
- Primer principio y conservación de la energía
- Fundamentos de transferencia térmica
- Segundo principio, calidad de la energía y procesos posibles
- Máquinas térmicas y otros dispositivos
- Rendimiento de máquinas térmicas y procesos.

Con el propósito de presentar una propuesta pedagógica integrada para el desarrollo de contenidos, conceptos, competencias y habilidades, durante todo el cursado se llevan adelante una serie de trabajos integradores (TI) que se desarrollan durante varias semanas. En ellos se abordan los temas detallados previamente usando de manera combinada estrategias como clases expositivas, actividades grupales en el aula, solución de problemas, experiencias de laboratorio y demostrativas (EL) y actividades de identificación, formulación y solución de problemas reales de la práctica profesional, que promueven el cumplimiento de los objetivos planteados y el desarrollo de competencias en los niveles especificados.

A continuación se describen los trabajos integradores y experiencias de laboratorio.

- TI1 (EL1). En este trabajo integrador y experiencia de laboratorio se realizan mediciones y cálculos sobre un proceso de compresión de aire. Para ello se utiliza un compresor de aire doméstico de 25 litros de capacidad. Se miden variables como corriente eléctrica, presión, volumen y temperatura antes y después del proceso de llenado del cilindro de aire comprimido. De esta manera se definen sistemas cerrados y repasan conceptos y aplicación del modelo de gas ideal, unidades del SI y conversiones. Se aplica el primer principio para relacionar y calcular cambios en la energía interna, trabajo y calor intercambiados durante el proceso. Luego se plantea un modelo como sistema abierto en la cámara de compresión, realizándose cálculos del

trabajo de eje bajo la aproximación de una máquina ideal. También se estudian los conceptos básicos de transferencia térmica (todos los mecanismos). Finalmente, se realizan cálculos y balance de entropía y exergía en el proceso de compresión.

- TI2: Esterilización por vapor húmedo. En este trabajo integrador se estudian y aplican los conceptos de transformaciones de fase de sustancias puras (vapor de agua) en una aplicación biomédica como es la esterilización por vapor en autoclaves. También se aplica el balance de energía para realizar cálculos básicos sobre parámetros del proceso de esterilización (tiempo de producción de vapor, entre otros). Se pone énfasis en la modelización y simplificación del proceso real como procesos más simples que se identifican en el diagrama de fase del agua.
- EL2 y EL3: Experiencias de laboratorio con equipamiento desarrollado por el equipo de cátedra, para mostrar procesos de transformaciones de gases a volumen y presión constante. También se muestran procesos de mezcla de gases. Estos equipos permiten la visualización de procesos básicos, aportando capacidades de abstracción para poder modelizar mediante aproximaciones situaciones de mayor complejidad.
- TI3 (EL4). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio donde se desarrolla la unidad temática de aire húmedo mediante una incubadora neonatal en operación, en la que se miden variables del habitáculo como temperatura y humedad en diversos puntos del mismo. El objetivo de esta experiencia es mostrar a los y las estudiantes un proceso de acondicionamiento de aire en un equipo biomédico real. Además, se analizan características de los sensores que se utilizan, la importancia de medir esas variables para controlar los procesos y los cuidados que se deben tener para asegurar la precisión y confiabilidad de las mediciones. También se aplican los conceptos de transferencia de energía y balance térmico en sistemas abiertos. El trabajo finaliza con una presentación en formato pechakucha de una parte del mismo.
- TI4 (EL5). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio con el equipo EDUCTRADE S.A. Entrenador para bomba térmica Modelo EPT/82. Este equipamiento permite identificar y familiarizarse con los principales componentes de instalaciones frigoríficas por compresión de vapor. El equipo permite la medición de variables como temperatura y presión en los diferentes puntos típicos del ciclo, datos a partir de los cuales podrán trazar el ciclo real de la instalación en el diagrama del fluido refrigerante, utilizando un software desarrollado en la cátedra y una placa Arduino. Completado el desarrollo de las actividades, el trabajo y la experiencia, es posible analizar comparativamente ciclos reversibles, ideales y reales en dispositivos como refrigeradores, aire acondicionados y bombas térmicas, usando la entropía y su balance como herramienta para evaluar la eficiencia de ciclos y procesos. También se analizan fallas comunes en dispositivos reales y cómo se pueden identificar a partir de la medición de variables en el ciclo. El trabajo también finaliza con una presentación pechakucha ante el equipo docente.

A continuación se presenta un listado detallado de temas, con el objetivo de facilitar su presentación,

identificar su desarrollo de acuerdo al cronograma y presentar un esquema explícito en relación con la bibliografía de referencia y consulta.

Tema I Conceptos introductorios:

A-Termodinámica y su importancia en la ingeniería. Alcances y campo de aplicación. Definiciones básicas. Aproximación postulativa. Sistemas y medio ambiente. Volúmenes de control. Contornos y límites.

Caracterización y clasificación de sistemas.

B- Estado de un sistema y propiedades. Clasificación de propiedades, intensivas, extensivas y primitivas. Espacio de estado y variables de estado termodinámico. Estados de equilibrio. Postulados I y II. Procesos termodinámicos, interacciones y cambio de propiedades. Ciclos.

C- Ley cero de la termodinámica. Principios de termometría y escalas de temperatura. Cero absoluto y escala de Kelvin. Punto triple del agua.

D- Gases ideales. Presión y su medición.

Tema II Sustancias puras y transformaciones:

A- Gases ideales y reales. Leyes y ecuaciones de estado. Coeficiente de compresibilidad. Estados correspondientes. Transformaciones en sistemas gaseosos.

B- Sustancias Puras. Fases y cambios de fase. Regla de las fases. Diagramas termodinámicos y tablas de propiedades. Punto crítico.

C- Vapor de agua y su importancia en la ingeniería. Líquido comprimido, líquido saturado, vapor saturado, vapor húmedo y sobrecalentado. Título (fracción de vapor) y calor latente de vaporización. Transformaciones politrópicas y su representación.

Tema III Primer principio: trabajo y calor como interacciones termodinámicas.

A- Interacciones de trabajo. Definición termodinámica e interacción energética. Convención de signos y tipos de trabajo. Evaluación del trabajo para procesos cuasi-estáticos y no cuasi-estáticos.

B- Postulado III y primera ley de la termodinámica para sistemas cerrados. El calor como interacción termodinámica. Energía total de un sistema y sus clasificaciones. Calores específicos a volumen y presión constante. Entalpía. Experiencia de Joule-Thompson.

C. Conservación de masa y energía en volúmenes de control generalizados. Análisis de dispositivos ingenieriles en estado estacionario y flujo permanente. Balance de masa y energía en estado no estacionario.

Tema IV Mezcla de gases. Aire húmedo y sus procesos:

A- Mezclas de gases. Composición, Leyes de Dalton y Amagat. Propiedades de mezclas de gases.

B- Humedad absoluta y relativa. Entalpía de aire húmedo.

C- Temperatura de rocío, bulbo húmedo y bulbo seco. Temperatura de saturación adiabática. Medición de la humedad.

D- Diagramas para aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Procesos de calentamiento, enfriamiento, mezcla, secado y humidificación.

Tema V Transferencia de energía térmica:

A- Mecanismos de transferencia de energía y flujo de calor. Analogía eléctrica.

B - Conducción. Ley de Fourier y conductividad térmica.

C- Convección. Ley de enfriamiento de Newton. Coeficiente de transferencia térmica pelicular. Números adimensionales.

D- Radiación. Ley de Steffan-Boltzman. Conceptos de cuerpo negro y cuerpo gris. Emisividad, reflectividad y absorción.

E- Balance térmico en sistemas.

F- Intercambiadores de calor. Tipos. Métodos de cálculo. Coeficiente de transferencia total de calor.

Tema VI Segundo principio y máquinas térmicas:

A- Máquinas térmicas y reservorios de energía. Reversibilidad, irreversibilidad y evolución de los procesos naturales. Enunciados de Carnot, Clausius y Kelvin-Planck. Eficiencia. Jerarquía de temperaturas y escalas de temperaturas termodinámicas. Definición de entropía y su evaluación.

B- Segundo principio de la termodinámica para sistemas cerrados. Principio del incremento de entropía. Procesos adiabáticos, reversibles e isentrópicos. Balance de entropía en sistemas cerrados y en sistemas abiertos. Eficiencia de máquinas térmicas.

C- Exergía y rendimiento exergético. Balance de exergía

D- Energía libre de Gibbs, Helmholtz y potencial químico. Energía libre y su relación con procesos de dinámica interfacial. Tensión interfacial, trabajo de creación de áreas y minimización de interfases y superficies libres. Fenómenos capilares y dinámica interfacial; su importancia para la vida.

Tema VII Ciclos frigoríficos por compresión de vapor:

A- Máquina frigorífica y bomba de calor. Teorema de Carnot para máquinas frigoríficas. Fluidos y gases de importancia en refrigeración.

B- Ciclos frigoríficos. Esquemas de instalación. Ciclos mejorados. Ciclos con etapas de enfriamiento. Ciclos en cascada. Ciclos por absorción. Coeficiente de desempeño y eficiencia exergética de los ciclos frigoríficos.

En el archivo que incluye la matriz de aporte a competencias, se ha incluido una pestaña en la cual se esquematiza la relación entre los contenidos y temas detallados previamente con los trabajos integradores y experiencias de laboratorio. Además del aprendizaje de los contenidos, estas actividades son las que buscan aportar de manera significativa al desarrollo de las competencias mencionadas previamente.

Listado de Actividades de Formación Práctica:

A continuación se presenta el listado de temas y qué aporte de actividades prácticas se realiza para cada uno. Las referencias indican: GP para guías de resolución de problemas, TI para los trabajos o problemas integradores y EL para experiencias de laboratorio. Más abajo se encuentra un breve detalle descriptivo de cada propuesta.

1- Conceptos introductorios, calorimetría y termometría (GP1): Aquí se repasan los conceptos de volumen, densidad, presión y temperatura, junto a sus unidades en SI y otros. Se profundiza en el concepto de temperatura, escalas, equilibrio térmico y en la ley cero. Se introduce a la termometría y la calibración de equipos.

2- Transformaciones de sustancias puras (GP2, TI2). Uso del diagrama de fases y tablas para el cálculo de propiedades y ecuaciones de estado.

3- Primer principio para sistemas cerrados (GP3, TI1). Se resuelven problemas para trabajar con el concepto de conservación de energía, definición termodinámica de trabajo y el calor. Se analizan procesos estacionarios y cuasi-estacionarios. Se definen calores específicos y su significado. Se realiza una experiencia de laboratorio mostrando procesos a volumen y presión constante y un trabajo integrador de varias semanas con un compresor de aire.

4- Primer principio para sistemas abiertos (GP4, TI1, TI2, TI3, TI4). Se deriva la expresión del balance macroscópico de masa y su forma para fluidos incompresibles. Se define entalpía y se muestra su utilidad en la práctica. Se trabaja con el principio de conservación de energía para sistemas abiertos y se muestra su aplicación en el análisis de diversos procesos y dispositivos en la ingeniería (válvulas, ductos, toberas, difusores, cámaras de mezcla, etc.).

5- Aire húmedo y sus procesos (GP5, TI3). Conceptos de humedad absoluta, relativa y temperatura de saturación adiabática. Diagrama psicrométrico y aplicaciones para climatización

6- Mecanismos de transferencia de energía térmica (GP6, TI1, TI3). Se resuelven problemas sencillos de

conducción de calor (elementos y materiales compuestos con múltiples conductividades), de convección (análisis de intercambiadores de calor y disipadores) y de radiación (análisis emisividad y reflectividad, factores de vista, etc) y sus aplicaciones a elementos calentadores por radiación. Se aplican conceptos de balance térmico.

7- Segundo principio, entropía y máquinas térmicas (GP7, TI4). Ejercicios y problemas para mostrar el conjunto conceptual que subyace en el segundo principio, la definición de entropía y su aplicación en la resolución de problemas conceptuales de máquinas térmicas y procesos naturales.

8- Ciclos frigoríficos (GP8, TI4). Ejercicios, problemas y experiencia de laboratorio para mostrar los fundamentos y aplicaciones de los ciclos de compresión de vapor en sistemas de refrigeración.

Descripción de los trabajos integradores y actividades de laboratorio:

Estos trabajos ya fueron presentados y descriptos en el programa analítico, puesto que se consideran el núcleo central de organización del proyecto de espacio curricular que es esta planificación. El desarrollo de estos trabajos permite estudiar los temas y contenidos en el contexto de aplicaciones, abordando de manera sistemática y con grado creciente de complejidad problemas reales de la práctica. Se llevan a cabo por etapas y durante varias semanas, en forma grupal. En aquellos casos en los cuales los trabajos integradores incluyen experiencias de laboratorio, estas se indican entre paréntesis. Ver detalle de los mismos en la sección Programa Analítico de esta planificación.

- TI1 (EL1). En este trabajo integrador y experiencia de laboratorio se realizan mediciones y cálculos sobre un proceso de compresión de aire.
- TI2: Esterilización por vapor húmedo. En este trabajo integrador se estudian y aplican los conceptos de transformaciones de fase de sustancias puras (vapor de agua) en una aplicación biomédica como es la esterilización por vapor en autoclaves.
- EL2 y EL3: Experiencias de laboratorio con equipamiento desarrollado por el equipo de cátedra, para mostrar procesos de transformaciones de gases a volumen y presión constante.
- TI3 (EL4). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio donde se desarrolla la unidad temática de aire húmedo mediante una incubadora neonatal en operación
- TI4 (EL5). Trabajo integrador y experiencias de laboratorio con el equipo EDUCTRADE S.A. Entrenador para bomba térmica Modelo EPT/82.

El objetivo de los trabajos es presentar a los y las estudiantes problemas de aplicación con consignas generales del tipo, “Diseñe un proceso o modelo para...”, “Plantee y resuelva un modelo para el funcionamiento del dispositivo...”, etc. El objetivo es que los y las estudiantes sean capaces de dar dimensión al problema y establecer los límites para el mismo, buscando información por su cuenta y

consultando con el equipo docente, que lo guiará mediante nuevas preguntas y consignas en la elaboración de la solución.

Distribución de horas por tipo de actividades:

Resolución de Problemas: 20 horas

Trabajos Prácticos de Laboratorio: 8 horas

Resolución de Ejercicios: 10 horas

Actividades de proyecto y diseño:

Otras Actividades: 2 horas

Preparación de exposiciones para presentación de resultados

Total de Horas: 40 horas

Metodología de Evaluación Durante el cursado:

- **Examen parcial (EP):** Se realizará un (1) examen teórico-práctico, en el cual se resuelven problemas y se responden preguntas conceptuales asociadas. El examen se resuelve en forma grupal y podrá ser recuperado al final del cursado y su aprobación es obligatoria solo para aquellos alumnos que opten por la promoción directa de la asignatura. El parcial se aprueba con al menos 60/100 puntos y se evalúan los temas 1, 2, 3, 5 y 6 del programa. El parcial consiste en el planteo de un problema integrador y el grupo dispone de 48 hs como máximo para su entrega. El desarrollo del mismo se realiza utilizando como herramienta documentos colaborativos, de manera que los docentes pueden realizar un seguimiento continuo de la solución y los estudiantes plantear sus consultas a través del mismo sistema. Una vez entregado el examen, existe una instancia de evaluación oral en la cual se pregunta en forma individual a cada integrante del grupo sobre diferentes aspectos del problema resuelto. Por lo tanto, la nota final individual tiene una componente grupal y la propia individual, basada en el desempeño del alumno durante la evaluación oral.
- **Evaluación grupal sobre trabajos integradores (TI) y experiencias de laboratorio (EL):** Durante el cursado, el alumno deberá trabajar colaborativamente y en forma grupal sobre una serie de actividades y problemas basados en aplicaciones. Los trabajos integradores y experiencias de laboratorio se desarrollan por etapas y serán evaluados en cada una de ellas de diferentes maneras. En algunas etapas se deberá presentar solamente un informe escrito, en otras se agregará al informe una instancia de coloquio/defensa, en la cual los alumnos deberán comunicar en forma oral la solución propuesta. En esta instancia se promueven y evalúan no solo los conocimientos y metodología aplicada, sino también las habilidades de comunicación, exposición y capacidades de trabajo en grupo e integración. Estos trabajos son evaluados siempre en forma grupal y deben ser aprobados en su totalidad para alcanzar la regularidad o promoción directa. En caso de desaprobación una de estas actividades, el grupo dispondrá de una instancia de recuperación al final del cursado, en la cual el equipo de cátedra evaluará en forma oral al grupo sobre aquellos aspectos que no fueron satisfactoriamente alcanzados. El tema 4 del programa se evalúa con el TI2, mientras que el tema 7 se evalúa con la EL3, ambos se aprueban con 60/100 y son promediados junto con la nota del parcial para obtener la calificación final en caso de promoción directa.
- **Evaluación continua durante las clases teóricas, coloquios y resolución de problemas:** Durante estas clases, se estimula continuamente a que los alumnos participen en forma activa de la clase. El docente toma nota del desempeño y evolución del alumno durante el cursado. Este registro es fundamentalmente cualitativo y sirve a los fines de realizar un seguimiento y tomar acciones particulares cuando se requiera.

Condiciones de promoción total de la asignatura

El alumno que alcanza esta condición aprueba la asignatura y queda eximido de rendir el examen final. Para ello, se debe cumplir necesariamente con:

- Aprobación de todas las actividades grupales planteadas o sus recuperatorios.
- Nota individual mínima de 60 puntos sobre 100 en el examen parcial teórico-práctico o su recuperatorio.

La nota final se obtiene como un promedio ponderado entre las mejores notas alcanzadas en el examen parcial, el TI2 y el EL3, o sus recuperatorios.

Metodología de Evaluación en Exámenes Finales:

MODALIDAD PRESENCIAL

Se implementará la resolución de un examen teórico práctico escrito con posterior defensa oral. El mismo consiste usualmente de dos problemas en los que se busca abarcar la mayor parte de los contenidos de la asignatura. Los alumnos disponen de 3 horas reloj para entregar el examen resuelto en papel, pudiendo hacer uso de libros, tablas de fórmulas y recursos de internet para su solución. Luego de la corrección por los docentes, se requiere de una instancia de defensa oral en la cual se pide al alumno que explique la solución y se le pregunta por los aspectos conceptuales implicados en la solución elaborada. El examen se aprueba con un mínimo de 60%.

En el caso de alumnos que quieran rendir en modalidad libre, deberán ponerse en contacto previamente al examen con la cátedra para coordinar la instancia de evaluación de las actividades de laboratorio, las cuales deberán ser rendidas y aprobadas antes de la mesa de examen.

En esta instancia el equipo docente realizará una evaluación práctica y conceptual sobre los trabajos de laboratorio de la asignatura. Todo el material para esta evaluación está disponible en el campus y podrá ser consultado en las instancias establecidas para ello previo a los exámenes.

Pasada esta instancia, el alumno rendirá bajo las mismas condiciones que el estudiante regular en cualquiera de los exámenes a los que se presente a partir de entonces y durante un (1) año.

Condiciones de Regularidad :

Para alcanzar la condición de regularidad en la asignatura, el alumno deberá cumplir con:

- Aprobación de todas las actividades grupales planteadas.

Bibliografía Principal:

Termodinámica básica/técnica/aplicada

- 1) Çengel, Y. A., Boles, M. A. Termodinámica, McGraw-Hill/Interamericana, 8va. Ed, México D.F. 2015. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 2) Moran, M. J., Shapiro, H. N. Fundamentos de termodinámica técnica. Reverté. 2da Ed., Barcelona. 2004. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 3) Abbott, M. M., Van Ness, H. C., Casas, J. V. Teoría y problemas de termodinámica. McGraw-Hill. México, 1975. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 4) Faires, V. M., Simmang, C. M. Termodinámica. Grupo Noriega. 1ra Ed., México, 1993. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 5) Granet, I., Cacheux Pulido, L. Termodinámica. Prentice-Hall Hispanoamericana. 1ra Ed., México, 1988. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 6) García, C. A., Termodinámica técnica, Librería y editorial Alsina, 4ra Ed., Buenos Aires, 1987. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 7) Plint, M. A., Böswirth, L. Mechanical engineering thermodynamics: a laboratory course. Charles Griffin, Londres, 1986. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 8) Tester, J. W., Modell, M. Thermodynamics and Its Applications. Prentice-Hall international series in the physical and chemical engineering sciences. 3ra Ed., 1997. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.

Transferencia de calor

- 9) Whitaker. S. Fundamental Principles of Heat Transfer. Pergamon Press Inc., USA, 1977. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 10) Whitaker. S. Elementary Heat Transfer. Pergamon Press Inc., USA, 1975. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.
- 11) Ösisik, M. N., Basic heat transfer. Robert Krieger, 1st Ed., USA, 1987. Ubicación: Biblioteca FIUNER.
- 12) Çengel, Y. A., Ghajar, A. J., Dávalos Gutiérrez, R., Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones. McGraw-Hill/Interamericana, 4ª Ed., México D.F., 2011. Ubicación: Biblioteca FIUNER.

Termodinámica aplicada a fenómenos naturales y biológicos

- 13) Eisenberg, D., Crothers, D. Physical chemistry: with applications to the life sciences. The Benjamin/Cummings Publishing Company, USA, 1979. Ubicación: Biblioteca FIUNER.

14) Haynie, D. T., Biological thermodynamics. Cambridge University Press, 1st Ed., Reino Unido, 2001.

Ubicación: Biblioteca FIUNER.

15) Atkins, P., De Paula, J. Physical Chemistry, Oxford Univ. Press., 8va Ed., Reino Unido, 2006. Cátedra de Termodinámica FIUNER.

16) Atkins, P., De Paula, J. Physical Chemistry for life sciences, W. H. Freeman and Company., 2nd Ed., USA, 2011. Cátedra de Termodinámica FIUNER.

17) de Gennes, P.-G., Brochard-Wyart, F., Quéré, D. Capillarity and Wetting Phenomena: Drops, Bubbles, Pearls, Waves. Springer, 2003. Cátedra de Termodinámica FIUNER.

18) Probstein, R. F. Physicochemical Hydrodynamics. An Introduction. John Wiley & Sons, Inc. 2nd Ed. 1994. Ubicación: Cátedra de Termodinámica FIUNER.

Bibliografía Complementaria:

19) Manual de usuario de entrenador bomba de calor Modelo EPT/82. Eductrade S. A. Buenos Aires Argentina. Ubicación: Cátedra de Termodinámica.

20) Manuales de usuario de los equipos de calibración. Ubicación: LEyCEM - FIUNER.

21) Normas IRAM e ISO sobre procesos de calibración y determinación de desempeño. Ubicación: Biblioteca FIUNER.