



## Programa de FÍSICA TÉRMICA

### 1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR

Física Térmica

### 2. CRÉDITOS

10 créditos

### 3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR

#### Objetivos Generales:

Adquirir una comprensión profunda de los fundamentos y aplicaciones de la termodinámica clásica, fortaleciendo al mismo tiempo la capacidad de razonamiento analítico.

#### Objetivos requeridos para la ganancia del curso:

1. Aplicar el análisis dimensional al estudio de problemas termodinámicos.
2. Definir los conceptos: sistema, sustancia pura, propiedad termodinámica, propiedades extensivas e intensivas, presión, volumen específico, temperatura, estado termodinámico.
3. Enunciar el postulado de estado e identificar bajo qué condiciones es válido. Emplearlo para determinar en qué fase se encuentra una sustancia pura a partir de los valores de dos propiedades intensivas independientes. Obtener los valores de las otras propiedades del sistema para el caso de sustancias tabuladas y para gases ideales. Definir el factor de compresibilidad, calcularlo a partir de información suficiente y emplearlo para determinar si el modelo de gas ideal es apropiado o no para describir la sustancia.
4. Definir los conceptos: proceso termodinámico, procesos isotérmicos, isobáricos e isócoros. Explicar cómo se puede implementar cada uno de ellos en la práctica y representarlos correctamente en los diagramas P-v y T-v. A partir del análisis del proceso seguido por una sustancia, y de información suficiente, determinar los estados desconocidos con ayuda de las tablas de propiedades termodinámicas y/o de modelos matemáticos adecuados. Explicar la diferencia entre función de estado y función de trayectoria.



5. Definir los conceptos de calor y trabajo termodinámico y explicar sus similitudes y diferencias. Calcular el trabajo de frontera realizado por una sustancia simple compresible en procesos sencillos.
6. Enunciar la primera ley de la termodinámica para una masa de control que sufre un proceso cíclico. Obtener las expresiones de dicha ley cuando el sistema sufre un cambio de estado y como ecuación de rapidez. Interpretar dicha ley como una manifestación de la conservación de la energía. Realizar balances energéticos en sistemas cerrados.
7. Obtener la expresión de la primera ley de la termodinámica para sistemas abiertos como ecuación de rapidez. Deducir su expresión para el caso de sistemas en régimen y con estado y flujos uniformes.
8. Modelar matemáticamente el comportamiento de bombas, compresores, turbinas, intercambiadores de calor y otros dispositivos operando en régimen permanente, realizando hipótesis razonables de funcionamiento.
9. Definir los conceptos: máquina térmica, refrigerador, bomba de calor, eficiencia térmica, coeficientes de performance. Explicar cualitativamente el funcionamiento de ciclos simples de potencia y de refrigeración.
10. Definir los conceptos: proceso cuasiestático, proceso reversible y proceso internamente reversible. Explicar cualitativamente la relación entre la reversibilidad y la eficiencia de un proceso. Identificar las fuentes de irreversibilidad en un proceso termodinámico. Describir cualitativamente el ciclo de Carnot.
11. Definir el concepto de entropía. Deducir las relaciones de Gibbs y de Maxwell y emplearlas para hallar variaciones de entropía, energía interna y entalpía. Enunciar la segunda ley de la termodinámica para una masa de control y obtener su expresión para sistemas que cambian de estado y como ecuación de rapidez. Realizar análisis de entropía en sistemas cerrados.
12. Deducir la expresión de la segunda ley de la termodinámica para un volumen de control como ecuación de rapidez. Obtener su expresión concreta para sistemas en régimen permanente y con estado y flujo uniformes.
13. Describir cualitativamente los ciclos Brayton, Otto, Diesel y Rankine. Explicar el funcionamiento de un ciclo combinado y de un ciclo de refrigeración.

#### **Objetivos requeridos para la aprobación de la UC:**

1. Realizar análisis energéticos en sistemas abiertos en régimen (con particular énfasis en los ciclos de potencia y refrigeración), y en sistemas abiertos con estado y flujos uniformes. A partir de dicho análisis, determinar los estados desconocidos y calcular los calores y/o trabajos involucrados a partir de información suficiente.



2. Explicar los enunciados de Clausius y de Kelvin-Planck de la segunda ley de la termodinámica y demostrar la equivalencia entre ambos. Deducir la eficiencia de Carnot y de una máquina térmica endoreversible.
3. Modelar el comportamiento de dispositivos adiabáticos que involucran trabajo y operan en régimen permanente a partir del concepto de eficiencia isentrópica.
4. Realizar análisis de entropía en sistemas abiertos en régimen (con particular énfasis en los ciclos de potencia y refrigeración), y en sistemas abiertos con estado uniforme y flujos uniformes. A partir de dichos análisis, cuantificar las fuentes de irreversibilidad calculando la entropía generada en cada una de ellas. Cuantificar la irreversibilidad total de un proceso mediante un balance de entropía.
5. Explicar los conceptos de trabajo reversible y eficiencia de la segunda ley. Obtener sus expresiones teóricas y calcularlos en situaciones concretas. Diseñar sistemas alternativos que permitan, al menos teóricamente, obtener el trabajo reversible anterior a partir de los mismos recursos disponibles.
6. Explicar el concepto de exergía y calcular la exergía de un sistema termodinámico. Realizar balances de exergía en sistemas cerrados y abiertos, tanto en régimen como en procesos de estado y flujo uniforme. Explicar la diferencia entre exergía y exergía de flujo o extalpía.
7. Realizar el análisis termodinámico de ciclos de potencia de aire con y sin combustión interna, así como de ciclos de vapor. Calcular su eficiencia.

#### 4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Esta Unidad Curricular prevé actividad sincrónica de 3hs de clase de teórico y 2hs de clase de práctico por semana durante 15 semanas. En las clases de teórico el docente introduce los fundamentos de la disciplina, junto con ejemplos de aplicación de estos, motivando la participación de los estudiantes. En las clases de práctico se resuelven ejercicios planteados previamente, ya sea por parte del docente o de los estudiantes. Se procura que las clases prácticas se implementen con propuestas y metodologías que favorezcan la participación, el trabajo en grupo, y la realización de los ejercicios propuestos bajo la guía y supervisión docente.

Se utiliza el Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la Facultad de Ingeniería como apoyo al desarrollo del curso. Se fomenta la utilización de los foros virtuales de consulta, tanto para realizar preguntas como para contestar aquellas planteadas por los compañeros, bajo la supervisión docente. Se pone a disposición de los estudiantes diversos materiales en formato virtual (clases grabadas, ejercicios con solución y otros materiales de interés). En particular, se garantiza el acceso a evaluaciones anteriores con sus correspondientes soluciones.



Se prevé una dedicación no presencial de 5 hs. por semana durante 15 semanas, dedicada al repaso del teórico y a la resolución de ejercicios. En total se estiman diez horas de dedicación semanal por parte del estudiante.

	<b>Teórico</b>	<b>Práctico</b>	<b>Total</b>
<b>Sincrónico /presencial</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>Asincrónico/ no presencial</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>10</b>

## 5. TEMARIO

### 1. Sustancia pura

Volumen y masa de control. Sistemas abiertos y cerrados. Puntos de vista macroscópico y microscópico. Fases de la materia. Propiedades intensivas y extensivas. Estados y procesos. Volumen específico, presión y temperatura. Ley cero de la termodinámica. Sustancia pura. Tablas de propiedades termodinámicas. Superficie de estados de equilibrio. Diagramas P-v, P-T y T-v. El gas ideal. Factor de compresibilidad.

### 2. Trabajo y Calor

Definición de trabajo termodinámico. Trabajo realizado por una sustancia simple compresible en su frontera móvil. Definición de calor. Formas de transferencia de calor. Funciones de estado y de trayectoria.

### 3. Primera ley de la termodinámica

Primera ley de la termodinámica para una masa de control que realiza un ciclo. Primera ley para una masa de control en un proceso arbitrario. Energía y energía interna. Entalpía. Calores específicos. Primera ley como ecuación de rapidez. Conservación de la masa y ecuación de continuidad. Flujos másicos. Primera ley para un volumen de control como ecuación de rapidez. Procesos de estado estacionario y de estado y flujo uniformes. Modelado de dispositivos.

### 4. Segunda ley de la Termodinámica

Máquinas térmicas, refrigeradores y bombas de calor. Eficiencia y coeficientes de performance. Enunciados históricos de la segunda ley de la termodinámica. Procesos reversibles e irreversibles. Ciclo de Carnot. Teoremas de Carnot. Escala termodinámica de temperatura y eficiencia de Carnot. Máquinas reales y sistemas endoreversibles.



### 5. Entropía

Desigualdad de Clausius. Entropía. Relaciones de Gibbs y de Maxwell. Fórmulas generales para el cambio de entropía. Ejemplos. Variación de entropía en procesos irreversibles. Entropía generada. Principio de incremento de entropía. Segunda ley para una masa de control y para un volumen de control. Eficiencia isentrópica. Trabajo en dispositivos internamente reversibles.

### 6. Trabajo reversible y exergía

Trabajo reversible. Teorema de Gouy - Stodola. Irreversibilidad. Eficiencia de segunda ley. Exergía. Balance de exergía para una masa de control y para un volumen de control. Exergía destruida.

### 7. Ciclos de potencia y refrigeración

Ciclos de potencia con aire y con vapor; ciclos combinados. Máquinas de combustión interna. Motor Otto y Diesel. Sistemas de Refrigeración.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
Sustancia pura	(1)	(2), (3) y (4)
Trabajo y Calor	(1)	(2), (3) y (4)
Primer principio	(1)	(2), (3) y (4)
Segundo principio	(1)	(2), (3) y (4)
Entropía	(1)	(2), (3) y (4)
Trabajo reversible	(1)	(2), (3) y (4)
Exergía	(1)	(2), (3) y (4)
Ciclos de potencia y refrigeración	(1)	(2), (3) y (4)

### 6.1 Básica

1. Termodinámica. Y. A. Cengel, M. A. Boles Ed. McGraw-Hill, 9na edición, 2019 ISBN 978-1456269784

### 6.2 Complementaria

2. Fundamentos de Termodinámica. G. J. Van Wylen, R. E. Sonntag, C. Borgnakke Ed. Limusa Wiley, 2da edición, 2002 ISBN 9681851463
3. Fundamentals of Thermodynamics (International Adaptation) C. Borgnakke, R. E. Sonntag Ed. Limusa Wiley, 10ma edición, 2022 ISBN: 978-1-119-82077-2
4. Fundamentos de Termodinámica Técnica, M. J. Morán, H. N. Shapiro Ed. Reverté, 2da edición, 2004 ISBN 84-291-4313-0



## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

**7.1 Conocimientos Previos Exigidos:** Cálculo en una variable, mecánica de la partícula a nivel introductorio.

**7.2 Conocimientos Previos Recomendados:** Cálculo diferencial en varias variables, termodinámica a nivel introductorio.



## ANEXO A Para todas las Carreras

### A1) INSTITUTO

Instituto de Física

### A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Introducción. Sistema termodinámico. Volumen y masa de control. Propiedades de estado. Sustancia simple compresible. Procesos. Campana líquido-vapor. Superficie P-v-T de estados de equilibrio.
Semana 2	Postulado de estado. Estimación de propiedades en la fase líquida. Modelado en las fases bifásica y gaseosa. Gas ideal y gas real. Factor de compresibilidad. Procesos cuasiestáticos. Trabajo y calor.
Semana 3	Primera ley para una masa de control. Energía interna y entalpía. Calores específicos. Flujo másico y Ecuación de Continuidad.
Semana 4	Primera ley para un volumen de control. Hipótesis de régimen permanente. Modelado de dispositivos que operan en régimen.
Semana 5	Hipótesis de estado y flujo uniformes. Procesos cíclicos. Máquinas térmicas y refrigeradores. Segunda ley de la termodinámica.
Semana 6	Procesos reversibles e irreversibles. Ciclo de Carnot. Eficiencia de Carnot. Desigualdad de Clausius. Entropía.
Semana 7	Balance de entropía para una masa de control. Generación de entropía. Variación de entropía de sustancias puras y reservas térmicas.
Semana 8	Repaso general.
Semana 9	Primeros parciales.
Semana 10	Segunda ley para un volumen de control. Balance de entropía para sistemas en régimen y de estado uniforme. Ejemplos.
Semana 11	Eficiencia isentrópica. Trabajo en dispositivos internamente reversibles que operan en régimen. Ejemplos. Relaciones termodinámicas y relaciones de Maxwell.



Semana 12	Trabajo reversible e irreversibilidad. Eficiencia de segunda ley. Ejemplos.
Semana 13	Exergía. Balance de exergía para una masa de control y para un volumen de control. Variación de exergía del universo. Aplicaciones y ejemplos.
Semana 14	Ciclos termodinámicos.
Semana 15	Repaso general.

### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

Los estudiantes son evaluados mediante dos parciales compuestos por ejercicios de desarrollo y preguntas conceptuales. El primero se plantea luego de la octava semana de clases, y en él se puede obtener un máximo de 40 puntos. El segundo se realiza una vez finalizado el curso y otorga un máximo de 60 puntos. Al menos el 25% de los puntos de cada parcial deberá evaluar los objetivos específicos de aprobación de la UC. La inasistencia a un parcial no inhabilita al estudiante a aprobar o exonerar el curso.

Se prevé la posibilidad de obtener hasta un máximo de 10 puntos adicionales por la realización de actividades de carácter opcional. La realización o no de estas actividades, así como sus características, será definida por el equipo docente en cada edición del curso y comunicada con la debida antelación.

La exoneración del examen final se logra acumulando como mínimo 60 puntos del total de puntos obtenibles (parciales + actividades opcionales, en caso de que estas sean planteadas). La ganancia del curso se logra acumulando como mínimo 25 puntos. Quien no llegue a 25 puntos deberá recurrar.

En el examen final del curso, se podrán incluir tanto ejercicios de desarrollo como preguntas conceptuales. El nivel de suficiencia se alcanza resolviendo correctamente un ejercicio y al menos la mitad del examen.



<b>Actividad</b>	<b>Puntos</b>	<b>Mínimo Aprobación</b>	<b>Mínimo Exoneración</b>
<b>Primer parcial</b>	40	0	0
<b>Segundo Parcial</b>	60	0	0
<b>Act. Opcionales</b>	0 -10	0	0
<b>Total</b>	100 -110	25	60

#### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

La unidad curricular adhiere a la Calidad de Libre.

#### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Cupos mínimos: no tiene

Cupos máximos: no tiene