



## Proyecto docente de la asignatura

|  |   |                      |             |
|--|---|----------------------|-------------|
| <b>Asignatura</b>                              | TERMODINÁMICA   |                      |             |
| <b>Materia</b>                                 | TERMODINÁMICA   |                      |             |
| <b>Módulo</b>                                  |   |                      |             |
| <b>Titulación</b>                              | GRADO EN FÍSICA   |                      |             |
| <b>Plan</b>                                    |   | <b>Código</b>        | 469         |
| <b>Periodo de impartición</b>                  | ANUAL   | <b>Tipo/Carácter</b> | OBLIGATORIA |
| <b>Nivel/Ciclo</b>                             | GRADO   | <b>Curso</b>         | 2º          |
| <b>Créditos ECTS</b>                           | 12 ECTS   |                      |             |
| <b>Lengua en que se imparte</b>                | ESPAÑOL   |                      |             |
| <b>Profesor/es responsable/s</b>               | CARLOS CASANOVA ROQUE (Despacho 331, Dpto. Física Aplicada, 3 <sup>er</sup> piso del Bloque B de la Facultad de Ciencias) |                      |             |
| <b>Departamento(s)</b>                         | FÍSICA APLICADA   |                      |             |
| <b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b> | Teléfono: 983 42 31 38<br>e-mail: <a href="mailto:casanova@termo.uva.es">casanova@termo.uva.es</a>                        |                      |             |



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

### 1.1 Contextualización

Consultar la información general (documento Verifica) del Grado en Física de la Universidad de Valladolid.

### 1.2 Relación con otras materias

Consultar la información general (documento Verifica) del Grado en Física de la Universidad de Valladolid.

### 1.3 Prerrequisitos

- Conocimientos básicos de Termodinámica (de la asignatura Fundamentos de Mecánica y Termodinámica)
- Conocimientos de Teoría de Funciones de varias variables.

## 2. Competencias

### 2.1 Generales

Consultar la información general (documento Verifica) del Grado en Física de la Universidad de Valladolid.

### 2.2 Específicas

Consultar la información general (documento Verifica) del Grado en Física de la Universidad de Valladolid.

## 3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Saber describir el estado termodinámico de un sistema físico, las interacciones energéticas con su entorno y los procesos que realiza.
- Saber aplicar los Principios de la Termodinámica al estudio de las propiedades macroscópicas y de la evolución de un sistema físico.
- Comprender la relación entre el formalismo termodinámico y los experimentos.
- Destreza en el empleo de razonamientos termodinámicos para resolver problemas particulares (cambios de fase, procesos de flujo, máquinas térmicas, transmisión del calor, etc.)



#### 4. Contenidos

### *PRESENTACIÓN del CURSO (Duración: 1 h)*

#### **I.- CONCEPTOS INICIALES**

**1.- Conceptos Iniciales:** Objeto de la Termodinámica.- Sistema termodinámico.- Paredes y ligaduras termodinámicas.- Clasificación de los sistemas termodinámicos.- Descripción del estado de equilibrio de un sistema termodinámico: variables termodinámicas. Clasificación.- Estado de equilibrio.- Procesos termodinámicos. (*Duración: 3 h teóricas y 2 h prácticas*)

#### **II.- ESTRUCTURA FORMAL**

**2.- Postulados Iniciales:** Primer Postulado (Principio general de la Termodinámica).- Segundo Postulado (Principio Cero). Temperatura.- Justificación matemática de la temperatura.- Temperatura empírica. (*Duración: 1 h teórica*)

**3.- Primer Principio:** Primer Principio (Ley de Conservación de la Energía).- Energía interna.- Calor y trabajo.- Balance de energía en un sistema termodinámico: formulación matemática del Primer Principio.- Diversos enunciados del Primer Principio. (*Duración: 1 h teórica*)

**4.- Trabajo:** Evaluación de la energía puesta en juego en forma de trabajo en diferentes sistemas termodinámicos.- Expresión generalizada para el trabajo. (*Duración: 2,5 h teóricas y 2,5 h prácticas*)

**5.- Ecuación de estado:** Ecuaciones de estado.- Clasificación de las ecuaciones de estado.- Información que pueden dispensar los coeficientes térmicos.- Representación gráfica de las ecuaciones de estado. (*Duración: 2,5 h teóricas y 3,5 h prácticas*)

**6.- Ecuaciones de estado de los gases reales:** Modelo de gas ideal. Ecuación de estado de Van der Waals. Otras ecuaciones de estado.- Ecuación de estado en forma reducida: Ley de los estados correspondientes.- Factor de compresibilidad. (*Duración: 4 h teóricas y 6,5 h prácticas*)

#### *Ejercicio de Control del 1<sup>er</sup> Cuatrimestre (Duración: 1 h)*

**7.- Calor:** Evaluación de la energía puesta en juego en forma de calor: Coeficientes calorimétricos.- Estudio de la función de estado energía interna.- Procesos fundamentales en Termodinámica: Ecuaciones funcionales. (*Duración: 4,5 h teóricas y 11,5 h prácticas*)

**8.- Segundo Principio (Formulación de Carnot - Clausius - Kelvin):** Necesidad del Segundo Principio (Ley de transformación de la energía).- Conversión del calor en trabajo.- Enunciados tradicionales del Segundo Principio.- Procesos reversibles e irreversibles. (*Duración: 3,5 h teóricas*)

**9.- Segundo Principio (Formalismo de Caratheodory):** Formalismo de Caratheodory.- Existencia de superficies adiabáticas reversibles.- Entropía empírica.- Carácter holonómico de la diferencial del calor.- Información en torno al denominador integrante.- Escala termodinámica de temperaturas.- Entropía termodinámica. (*Duración: 3 h teóricas*)

**Clases Prácticas preparación 1<sup>er</sup> Examen Cuatrimestral** (Duración: 5,5 h prácticas)

**10.- Segundo Principio (Formulaciones matemáticas):** Formulación matemática del Segundo Principio para procesos reversibles. Formas entrópicas del Primer Principio.- Relación entre las ecuaciones energética y térmica de estado.- Formulación matemática del Segundo Principio para procesos irreversibles.- Evaluación de variaciones de entropía.- Significado físico de la entropía. (Duración: 5,5 h teóricas y 5 h prácticas)

**11.- Metodología para el análisis termodinámico de un sistema:** El formalismo termodinámico.- Análisis termodinámico de un sistema mediante la representación energética.- Representación entrópica.- Condiciones generales de equilibrio de un sistema termodinámico.- Metodología general para su determinación.- Aplicación a un sistema aislado (Representación entrópica).- Condiciones de equilibrio térmico y mecánico.- Estudio de las condiciones de equilibrio dentro del marco de la representación energética.- Sistemas termodinámicos abiertos: Potencial químico.- Relaciones formales para estos sistemas.- Condición de equilibrio material. (Duración: 3 h teóricas)

**12.- Otras representaciones termodinámicas:** Transformada de Legendre.- Representaciones termodinámicas en términos del potencial de Helmholtz, de la entalpía y del potencial de Gibbs.- Relaciones entre representaciones termodinámicas: ecuaciones de Gibbs - Helmholtz.- Transformadas de Legendre a partir de la representación entrópica: funciones de Massieu - Planck. (Duración: 2,5 h teóricas y 3,5 h prácticas)

**13.- Tercer Principio:** Necesidad del Tercer Principio: Enunciados.- Consecuencias deducidas del Tercer Principio: comportamientos térmicos y energéticos de un sistema en el cero absoluto; evaluación de entropías absolutas; inaccesibilidad del cero absoluto.- Degeneración del gas ideal. (Duración: 3,5 h teóricas y 2 h prácticas)

**Ejercicio de Control del 2º Cuatrimestre** (Duración: 1 h)

**III.- ALGUNOS CAMPOS DE INTERÉS EN EL DOMINIO DE LA TERMODINÁMICA**

**14.- Cambios de fase:** Condiciones generales de equilibrio de los sistemas heterogéneos multicomponentes: Teorema de Gibbs.- Regla de las fases.- Clasificación de los cambios de fase.- Ecuaciones que gobiernan los cambios de fase de primer orden.- Fórmula de Clapeyron y ecuación de Clausius.- Superficies pVT.- Ecuaciones que gobiernan los cambios de fase de segundo orden.- Estudio particular de algunas transiciones de fase: orden - desorden, para - ferromagnético, para - ferroeléctrico, conductor - superconductor y He I - He II. (Duración: 4,5 h teóricas y 5 h prácticas)

**15.- Corrientes Fluidas:** Ecuación energética del movimiento estacionario y no estacionario de un fluido.- Ejemplos.- Efecto Joule - Kelvin.- La curva de inversión.- Aplicaciones. (Duración: 2 h teóricas y 2 h prácticas)

**16.- Máquinas Térmicas:** Aplicación de los principios termodinámicos al estudio de las máquinas térmicas.- Máquina de Carnot.- Teoremas de Carnot.- Diagramas T-S y H-S.- Tablas de vapor de agua.- Ciclos de vapor para producción de trabajo: Ciclo de Rankine.- Sobrecalentamiento y recalentamiento.- Cogeneración.- Ciclos de potencia con gases: Ciclo de Otto de aire - estándar.- Ciclo de Diesel de aire - estándar.- Ciclo dual de aire - estándar.- Ciclo



de Carnot de refrigeración con vapor.- Refrigeración por compresión de vapor.- Bomba de calor. (*Duración: 4 h teóricas y 3 h prácticas*)

#### **IV.- TERMODINÁMICA DE PROCESOS IRREVERSIBLES**

**17.- Introducción a la Termodinámica de Procesos Irreversibles:** Antecedentes históricos.- Criterio general de irreversibilidad.- Creación de entropía en sistemas discontinuos.- Relaciones fenomenológicas lineales (Termodinámica Lineal de Procesos Irreversibles): Coeficientes fenomenológicos.- Relaciones de reciprocidad de Onsager.- Acoplamiento entre procesos irreversibles: Principio de Curie-Prigogine.- Fenómenos termoeléctricos. (*Duración: 4 h teóricas*)

*Clases Prácticas preparación 2º Examen Cuatrimestral (Duración: 3 h prácticas)*

#### **BIBLIOGRAFÍA**

TEJERINA F., *Termodinámica (Volúmenes \* y \*\*)*, Paraninfo.  
ZEMANSKY M. y DITTMAN R.H., *Calor y Termodinámica*, Mc. Graw - Hill.  
AGUILAR J., *Curso de Termodinámica*, Editorial Alhambra.  
ÇENGEL Y.A. y BOLES M.A., *Termodinámica*, McGraw-Hill.  
MORAN M.H. y SHAPIRO H.N., *Fundamentos de Termodinámica Técnica*, Reverté.  
PELLICER J. y MANZANARES J.A., *100 Problemas de Termodinámica*, Alianza Editorial.  
ANNEQUIN R. y BOUTIGNY J., *Ejercicios en Ciencias Físicas: Termodinámica*, Reverté.  
BARRIO M<sup>a</sup> del, et al, *Problemas Resueltos de Termodinámica*, Thomson-Paraninfo.  
PELLICER J. y TEJERINA F., *Problemas de Termodinámica*, Universidad de Valladolid.

#### **VIDEOS**

“Un punto de vista macroscópico” (The Open University). (*Duración: 0,5 h*)  
“Energía” (The Open University). (*Duración: 1 h*)  
“Superfluido” (The Open University). (*Duración: 0,5 h*)

#### **CHARLAS**

“Transmisión del Calor”. (*Duración: 1 h*)  
“Un breve paseo por la historia de los Móviles Perpetuos”. (*Duración: 2 h*)  
“Temperaturas Absolutas Negativas”. (*Duración: 1 h*)  
“Criogenia”. (*Duración: 1 h*)  
“Las asombrosas propiedades de los materiales superconductores”. (*Duración: 1 h*)



### 5. Métodos docentes y principios metodológicos

Consultar la información general (documento Verifica) del Grado en Física de la Universidad de Valladolid.

### 6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES                        | HORAS      | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES                      | HORAS      |
|---|------------|--|------------|
| Clases de teoría en aula                        | 55         | Estudio autónomo y resolución de problemas       | 130        |
| Clases de problemas en aula                     | 65         | Preparación y redacción de trabajos y ejercicios | 25         |
| Trabajo en Laboratorio                          | 0          | Redacción de informes de laboratorio             | 0          |
| Clases en aula de informática                   | 0          | Búsquedas bibliográficas                         | 10         |
| Tutorías, seminarios y presentación de trabajos | 14         |  |            |
| Sesiones de evaluación                          | 16         |  |            |
| Total presencial                                | <b>150</b> | Total no presencial                              | <b>165</b> |

### 7. Sistema y características de la evaluación

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES |
|---------------------------|-----------------------|---------------|
| Ejercicios de Control     | 10 %                  |               |
| Resolución de Problemas   | 45 %                  |               |
| Cuestiones de Teoría      | 45 %                  |               |

#### CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

La evaluación de los conocimientos adquiridos por el alumno en esta asignatura se realizará de la siguiente forma:

#### PRIMER CUATRIMESTRE

- **Ejercicio de Control voluntario del 1er Cuatrimestre** (10 puntos), que constará de un problema corto o varias cuestiones, a resolver en el transcurso de una hora de clase (50'), o bien un trabajo a realizar por el alumno.
- **Examen 1<sup>er</sup> Cuatrimestre el día 21 de enero de 2019 (9h)**, que constará de 2 problemas (50 puntos y duración 1,5h) y unas 6 cuestiones (50 puntos y duración 1h).

La nota del 1<sup>er</sup> Cuatrimestre se obtendrá sumando las notas del Ejercicio de Control y del Examen Cuatrimestral.



## SEGUNDO CUATRIMESTRE

- **Ejercicio de Control voluntario del 2º Cuatrimestre** (10 puntos), que constará de un problema corto o varias cuestiones, a resolver en el transcurso de una hora de clase (50'), o bien un trabajo a realizar por el alumno.

**Los alumnos que tengan el 1º Cuatrimestre aprobado o compensable (nota  $40 \leq x < 50$ ) efectuarán un**

- **Examen 2º Cuatrimestre el día 7 de junio de 2019 (9h)**, que constará de 2 problemas (50 puntos y duración 1,5h) y unas 6 cuestiones (50 puntos y duración 1h).

La nota del 2º Cuatrimestre se obtendrá sumando las notas del Ejercicio de Control y del Examen Cuatrimestral.

**El resto de alumnos efectuará un**

- **Examen Final de toda la asignatura el día 7 de junio de 2019 (9h)**, que constará de 3 problemas (50 puntos y duración 2h) y unas 9 cuestiones (50 puntos y duración 1,5h).

La **NOTA FINAL de la 1ª Convocatoria** se obtendrá mediante la media aritmética de ambos cuatrimestres (cada uno sobre un total de 110 puntos), siempre que ambos tengan una puntuación mínima de 40 puntos o, en su caso, con la nota del Examen Final.

La nota del Cuatrimestre aprobado o compensable en la 1ª Convocatoria se mantendrá para la de la 2ª Convocatoria, cuyo examen se efectuará **el día 28 de junio de 2019 (16h)**.

El **BAREMO** que se empleará para asignar la calificación final será el siguiente:

- Aprobado  $50 \leq x < 70$
- Notable  $70 \leq x < 90$
- Sobresaliente  $90 \leq x \leq 100$
- Matrícula  $90 \leq x$  (según Normativa)

## 8. Consideraciones finales