

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Si la docencia fuese, en parte, online: deben respetarse los horarios tanto de clase como de tutorías.
La planificación académica podrá sufrir modificaciones de acuerdo con la actualización de las condiciones sanitarias.

Asignatura	FÍSICA ESTADÍSTICA		
Materia	TERMOLOGÍA		
Módulo			
Titulación	GRADO EN FÍSICA/(P.E.C.) FÍSICA y MATEMÁTICAS		
Plan	469/563	Código	45763
Periodo de impartición	2º Cuatrimestre	Tipo/Carácter	Obligatoria
Nivel/Ciclo	Grado	Curso	3º/4º
Créditos ECTS	6		
Idioma en que se imparte	Castellano		
Profesores Responsables	Prof. Dr. D. José Carlos Cobos Hernández		
<u>Datos de contacto:</u> Centro Piso. Nombre. Despacho. E-mail Teléfono...	UVa Facultad de Ciencias. Bloque central (Física). 3 ^{er} piso. José Carlos. Despacho B326. josecarlos.cobos@uva.es 983.42-31.37		
Departamento	Física Aplicada		

Meeting rooms (Cisco Webex) for *Remote classroom activity*:

Click: <https://universidaddevalladolid.webex.com/meet/josecarlos.cobos>

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

(*) [termo- (calor) -logía (logos = estudio, razón o inteligencia)]

La **materia** "**Termología**" (*) que estudia de la forma más general posible el intercambio de materia, energía e información (entropía) entre todos los sistemas que existen en la Naturaleza (sistemas físicos), es una de las partes más importantes que deben conocer en profundidad los estudiantes de Física.

Como se indica en la *Memoria de verificación del Grado en Física* (págs. 66 y 67), sus objetivos (los "*resultados del aprendizaje*") consisten en que, tras cursarla, los alumnos consigan:

- Saber describir el estado termodinámico de un sistema físico.
- Saber aplicar los Principios de la Termodinámica al estudio de las propiedades macroscópicas.
- Comprender la relación entre el formalismo termodinámico y los experimentos.
- Asimilar los niveles macroscópico y microscópico de descripción de estados de equilibrio.
- Comprender el sentido de las magnitudes termodinámicas y su origen estadístico.

Esta **materia** se subdivide en **dos asignaturas**: "**Termodinámica**" y "**Física Estadística**", ambas de carácter obligatorio, situadas en 2º y 3º curso del Grado en Física. Está relacionada, además, con la **materia** de "**Fundamentos de Física**" (conjunto de asignaturas de iniciación a la física del 1º curso), dentro de la cual está la asignatura "**Fundamentos de Física Cuántica y Estadística**".

La **asignatura** "**Física Estadística**" se ocupa de conectar la descripción microscópica de la realidad que proporcionan otras materias de la Física, como la Mecánica, la Elasticidad, el Electromagnetismo, etc., con la descripción macroscópica del mundo que proporciona la otra asignatura complementaria que la acompaña, la "**Termodinámica**", utilizando para ello las herramientas (matemáticas) estadísticas adecuadas.

Para poder hacerlo con garantía de aprovechamiento por parte de los alumnos que la cursan, la asignatura "**Física Estadística**" se ubica en el **2º cuatrimestre del 3º curso del Grado en Física**, toda vez que es necesario que, anteriormente, hayan adquirido los conocimientos matemáticos necesarios para su formulación; y, por supuesto, que conozcan y dominen los contenidos básicos de la teoría cinética de gases (impartidos en la asignatura de 1º curso), y el comportamiento macroscópico de la realidad que se estudia en la "**Termodinámica**" del 2º curso.

1.2 Relación con otras materias

Como ya se ha mencionado, la "**Física Estadística**" se ocupa de conectar la descripción microscópica de los sistemas físicos que proporcionan otras **materias de la Física**: "**Fundamentos de Física**", "**Estructura de la materia**", "**Mecánica clásica**", "**Física Cuántica**", "**Electromagnetismo**", etc., con la descripción macroscópica del universo que proporciona previamente su asignatura compañera, la "**Termodinámica**", utilizando para ello los conocimientos adquiridos en la parte de "**Estadística**" que se imparte en la **materia de** "**Matemáticas**".



1.3 Prerrequisitos

Como se infiere de lo indicado en los **apartados 1.1 y 1.2**, se espera que el alumno haya cursado y superado la asignatura de 1^{er} curso: “*Fundamentos de Física Cuántica y Estadística*” así como la de 2^o curso “*Termodinámica*”.

También necesita conocimientos básicos de “*Mecánica Clásica*” y “*Física Cuántica*”.

Finalmente, si bien la memoria verifica del Título no establece asignaturas llave en los requisitos de matrícula, debe poder utilizar con destreza las herramientas aprendidas en la materia “*Matemáticas*” (asignaturas: “*Métodos matemáticos de la Física I, II, III y IV*” impartidas en 1^o y 2^o curso del Grado). En todo caso esta necesidad previa debería ser tenida en cuenta por el alumno en pro de superar la asignatura “*Física Estadística*” de forma adecuada.



2. Competencias

Se indican a continuación las descritas en la *Memoria de verificación del Grado en Física*.

2.1 Generales

- T1: Capacidad de análisis y de síntesis.
- T2: Capacidad de organización y planificación.
- T3: Capacidad de comunicación oral y escrita.
- T4: Capacidad de resolución de problemas.
- T5: Capacidad de trabajar en equipo.
- T7: Capacidad de trabajo y aprendizaje autónomo.
- T8: Capacidad de adaptación a nuevas situaciones.
- T9: Creatividad.

2.2 Específicas

- E1: Adquirir una comprensión de la naturaleza de la investigación física, de las formas en que se lleva a cabo y de cómo la investigación en Física es aplicable a muchos campos diferentes al de la Física.
- E2: Ser capaz de presentar un tema académico o una investigación propia tanto a profesionales como a público en general.
- E3: Ser capaz de comparar nuevos datos experimentales con modelos disponibles para revisar su validez y sugerir cambios con el objeto de mejorar la concordancia de los modelos con los datos.
- E4: Ser capaz de iniciarse en nuevos campos a través de estudios independientes.
- E5: Ser capaz de evaluar claramente los órdenes de magnitud, de desarrollar una clara percepción de las situaciones que son físicamente diferentes, pero que muestran analogías y, por lo tanto, permiten el uso de soluciones conocidas a nuevos problemas.
- E6: Ser capaz de realizar las aproximaciones requeridas con el objeto de reducir un problema hasta un nivel manejable.
- E7: Ser capaz de desarrollar software propio y manejar herramientas informáticas convencionales.
- E8: Ser capaz de buscar y utilizar bibliografía en Física y otra bibliografía técnica, así como cualquier fuente de información relevante para trabajos de investigación y desarrollo técnico de proyectos.
- E9: Estar adecuadamente preparado para ejercitar una labor docente.
- E10: Ser capaz de mantenerse informado de los nuevos desarrollos.
- E11: Adquirir familiaridad con las fronteras de la investigación.
- E12: Tener una buena comprensión de las teorías físicas más importantes, de su estructura lógica y matemática y su soporte experimental.
- E13: Ser capaz de integrar los conocimientos recibidos de las diferentes áreas de la Física para la resolución de un problema.
- E14: Haberse familiarizado con los modelos experimentales más importantes, y ser capaz de realizar experimentos de forma independiente, así como describir, analizar y evaluar críticamente los datos experimentales.
- E15: Comprender y dominar el uso de los métodos matemáticos y numéricos más comúnmente utilizados.

3. Objetivos

Memoria de verificación del Grado en Física. Anexo II: Fichas de asignaturas, pág. 22.

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Asimilar los niveles macroscópico y microscópico de descripción de los estados de equilibrio.
- Aprender el formalismo del estudio probabilístico de los sistemas físicos.
- Saber obtener las propiedades de un sistema físico a partir de modelos microscópicos sencillos.
- Conocer cómo la entropía y sus propiedades dan cuenta del comportamiento termodinámico de los sistemas.



4. Contenidos y/o bloques temáticos

Bloque: Física Estadística

Carga de trabajo en créditos ECTS: 6

4.c.- Contenidos

CONTENIDO **MÍNIMO** QUE SE **DEBE ESTUDIAR** Y **CONOCER**

Tema 1.- Introducción

Naturaleza y objetivos de la Física Estadística.- Breve reseña histórica de su evolución.- Diferentes formulaciones de la misma.

PARTE I: EL MÉTODO DE ENTROPÍA MÁXIMA (MAXENT)

Tema 2.- El Método de la Entropía Máxima (MaxEnt)

Las descripciones determinista (causal) y contingente (casual) del mundo.- Probabilidad como medida de la Incertidumbre de la realidad física. Concepto de Autoinformación.- **Entropía e Información. Diferentes definiciones de la misma.**- La entropía de Boltzmann–Planck y la entropía de Gibbs–von Neumann–Shannon.- *El método de la ENTropía MÁXima (MaxEnt).*- *Metodología de trabajo MaxEnt* en el estudio de sistemas generales de carácter probabilista.- Estudio de algunos ejemplos significativos.

Tema 3.- Introducción a los Conjuntos de Gibbs. Conjuntos Microcanónico y Canónico

La *entropía* y su uso en sistemas aislados: *Conjunto microcanónico.*- La *función de Massieu* y su uso en sistemas cerrados que no intercambian trabajo y que se encuentran en equilibrio térmico con su entorno: *Conjunto canónico.*- Interpretación microscópica del Primer Principio de la Termodinámica.

PARTE II: DESCRIPCIONES MACROSCÓPICA (TERMODINÁMICA) Y MICROSCÓPICA (MECÁNICA)

Tema 4.- La descripción Macroscópica de la realidad física (Termodinámica)

Revisión de los **conceptos y leyes de la Termodinámica del Equilibrio mediante un formalismo deductivo** (M.T.E.).- El concepto de equilibrio.- Variables extensivas e intensivas. Variables internas y externas.- Los principios termodinámicos.- Las condiciones de equilibrio y estabilidad.- Relaciones termodinámicas para sistemas abiertos: El potencial químico y la actividad absoluta.- Sistemas generales.- *Transformadas de Legendre en la representación entrópica.*

Tema 5.- Conexión entre las descripciones Macroscópica y Microscópica de realidad

La descripción microscópica. El problema de los N -cuerpos.- Caos y teoría de la complejidad.- Sistemas de masa variable.- *El paso de la escala micro/macro a la escala macro/micro.- Leyes de Escala (alométricas e isométricas).*- *Propiedades emergentes.*

PARTE III: LOS CONJUNTOS DE GIBBS EN LA FÍSICA ESTADÍSTICA DEL EQUILIBRIO**Tema 6.- Los Conjuntos o colectividades de GIBBS. Conjuntos Microcanónico y Canónico**

Conjuntos de Gibbs. Su origen y utilidad en la descripción de los sistemas físicos.- *Conjunto microcanónico*: Entropía.- *Conjunto canónico*: Función de Massieu.- Estudio de las fluctuaciones en la energía.

CONTENIDO QUE SE DEBE ESTUDIAR Y CONOCER**Tema 7.- El Método de la Entropía Máxima (*MaxEnt*) para variables aleatorias continuas**

Limitaciones y problemas generales que se advierten en formulación estadística de sistemas descritos mediante variables aleatorias continuas.- Probabilidad como medida (relativa) de la Incertidumbre de la realidad física.- Pequeño estudio de la invariancia de la entropía respecto de los cambios del sistema de referencia y transformaciones de escala: *traslación, rotación y deformación*.

Tema 8.- Conjunto Granmicrocanónico y Grancanónico

Conjunto *granmicrocanónico*. Aplicaciones: Estudio estadístico del lanzamiento de monedas de (dos) caras.- Conjunto *grancanónico o macrocanónico*. La *función de Kramers – Landau* generalizada (potencial grancanónico entrópico) y su uso en sistemas abiertos que no intercambian trabajo y que se encuentran en equilibrio térmico con su entorno.- Estudio de las fluctuaciones en el número de partículas.

PARTE IV: APLICACIONES SENCILLAS Y ESTUDIO DE LOS GASES IDEALES**Tema 9.- El gas ideal cuántico monoatómico y su límite semiclásico**

Funciones de partición canónica y grancanónica.- Las estadísticas de Fermi–Dirac y Bose–Einstein.-El límite semiclásico de las estadísticas cuánticas: La estadística corregida de Maxwell–Boltzmann.- Rango de validez de la aproximación semiclásica.- Gas ideal cuántico poliatómico en el límite semiclásico.

CONTENIDO INTERESANTE DE ESTUDIAR Y CONOCER**PARTE V: OTROS CONJUNTOS DE GIBBS Y APLICACIONES (TEMAS DE POSIBLE AMPLIACIÓN)****Tema 10.- Adsorción**

El modelo de Langmuir de adsorción localizada. Cálculo de las magnitudes físicas involucradas en el problema usando distintos Conjuntos de Gibbs (microcanónico, canónico y grancanónico).- Análisis del proceso experimental de hacer vacío.- Otros modelos de Langmuir generalizados y su aplicación al estudio de la respiración humana.- Modelos de adsorción no localizada.

Tema 11.- Conjunto Isotermo–Isobárico (isotermo–isotenso, isotermo–isocampo...)

Conjunto isotermo–isobárico. La *función de Planck* y su uso en sistemas cerrados que se encuentran en equilibrio térmico y mecánico con su entorno.- Estudio de las fluctuaciones en el volumen y en la entalpía.- Conjuntos de Gibbs generalizados.

Tema 12.- Propiedades elásticas del caucho

Termodinámica de sistemas elásticos. Estudio comparativo de las propiedades elásticas de metales, polímeros, líquidos y gases.- El caucho como ejemplo de sustancia elástica. La Ley de Hooke como ley macroscópica puramente entrópica.- Cálculo de las magnitudes macroscópicas del caucho utilizando distintos Conjuntos de Gibbs (microcanónico, canónico e isotermo–isotenso) como arquetipo del método de trabajo de la Física Estadística.- Otros modelos de sustancias elásticas. La lana y otros polímeros de interés biológico.

Tema 13.- El gas de electrones y el gas de fotones

El límite del continuo de los estados de traslación de una partícula: Estudio de la densidad de estados cuánticos de traslación en tres, dos y una dimensión.- El gas de electrones de conducción en tres dimensiones. La energía o nivel de Fermi.- Cálculo del calor específico electrónico.- El gas de fotones. Estudio de la radiación del cuerpo negro. Ley de Planck.- Propiedades termodinámicas de la radiación.

4.g Material docente

Esta sección será utilizada por la Biblioteca para etiquetar la bibliografía recomendada de la asignatura (curso) en la plataforma Leganto, integrada en el catálogo Almena y a la que tendrán acceso todos los profesores y estudiantes.

UVa – Ex Libris Leganto

<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/searchlists>

<https://buc-uva.alma.exlibrisgroup.com/leganto/readinglist/searchlists/4873723760005774>

4.g.1.- Bibliografía básica

TEORÍA: METODOLOGÍA MAXENT

- * **Balian R.** *From Microphysics to Macrophysics. Methods and Applications of Statistical Physics.* Springer-Verlag, Vol. I (1991), Vol. II (1992).
- * **Biel Gayé J.** *Formalismo y métodos de la Termodinámica* (Vol. 1 y 2). Editorial Reverté (1998).
- * **Brillouin L.** *Science and Information Theory* (2ª Edición). Dover Phoenix Editions (2004).
- * **Chandler D.** *Introduction to Modern Statistical Mechanics.* Oxford Univ. Press (1987).
- * **Diu B., Guthmann C., Lederer D. et Roulet B.** *Physique Statistique.* Hermann Editeurs (1989).
- * **Diu B., Guthmann C., Lederer D. et Roulet B.** *Thermodynamique.* Hermann (2007)
- * **Gopal E.S.R.** *Statistical Mechanics and Properties of Matter.* Ellis Horwood Pub. (1974).
- * **Grandy, W.T., Jr.** *Foundations of Statistical Mechanics* (Volume 1: *Equilibrium Theory.* Volume 2: *Nonequilibrium phenomena*). Reidel Publishing Company (1987).
- * **Guggenheim E. A.** *Termodinámica.* Editorial Tecnos (1970) [“Thermodynamics: an advanced treatment for chemists and physicists”. Amsterdam: North-Holland, 1988 (5th rev. ed., 3rd reprint)].
- * **Jaynes E.T.** *Where Do We Stand on Maximum Entropy?* Páginas 15-118 del libro: *The Maximum Entropy Formalism*, Editado por **D. Levine and M. Tribus.** The M.I.T. Press (1979).
- * **Landsberg P.T.** *Thermodynamics and Statistical Mechanics.* Dover Publications, Inc. (1990).
- * **Ngô H. et Ngô C.** *Physique Statistique. Introduction.* Masson (1988).
- * **Rumer Y.B. and Ryvkin M.Sh.** *Thermodynamics, Statistical Physics and Kinetics.* Mir (1980).
- * **Shannon C.E. and Weaver W.** *The Mathematical Theory of Communication.* Univ. Illinois Press (1969).
- * **Wassermann A.L.** *Thermal Physics: Concepts and Practice.* Cambridge Univ. Press (2012).

TEORÍA: METODOLOGÍA TRADICIONAL

- * **Aguilar Peris J.** *Curso de Termodinámica.* Editorial Alambra (1989).
- * **Bazarov I.** *Thermodynamics.* Pergamon (1964). *Thermodynamique.* Mir. 2 Ed. (1989)
- * **Callen H.B.** *Termodinámica.* Editorial AC (1981).
- * **Fernández Pineda C. y Velasco Maíllo S.** *Termodinámica.* Editorial Univ. Ramón Areces (2010).
- * **Goodstein D.L.** *States of Matter.* Dover Publications, Inc. (1985).
- * **Hill T.L.** *An Introduction to Statistical Thermodynamics.* Dover Publications, Inc. (1986).
- * **Hill T.L.** *Statistical Mechanics. Principles and Selected Applications.* Dover Publications, Inc. (1987).
- * **Hill T.L.** *Thermodynamics of Small Systems (Parts I and II).* Dover Publications, Inc. (1994).
- * **Landau L.D. y Lifshitz E.M.** *Física Estadística.* Reverté (1969). Volumen V, Curso de Física Teórica.
- * **Mafé S. y Rubia J. de la.** *Manual de Física Estadística.* Universitat de València (1998).



- * Reichl L.E. *A Modern Course in Statistical Physics* (2ª Edición). John Wiley & Sons, Inc. (1998).
- * Reif F. *Fundamentos de Física Estadística y Térmica*. Ediciones del Castillo S.A. (1967).
- * Rubia J. de la y Brey J. *Introducción a la Mecánica Estadística*. Ediciones del Castillo S.A. (1978).
- * Schrödinger E. *Statistical Thermodynamics*. Dover Publications, Inc. (1989).
- * Sears F.W. y Salinger G.L. *Termodinámica, Teoría Cinética y Mecánica Estadística* (2ª Edición). Editorial Reverté (1980).
- * Tejerina García F. *Termodinámica* (Volúmenes * y **). Paraninfo (1976).
- * Tolman R.C. *The Principles of Statistical Mechanics*. Dover Publications, Inc. (1980).
- * Zemansky M.W. y Dittman R.H. *Calor y Termodinámica* (6ª Edición). McGraw-Hill (1984).
- * Zemansky M.W. and Dittman R.H. *Heat and Thermodynamics* (7th Edition). McGraw-Hill. (1997).

PROBLEMAS

- * Calecki D., Diu B., Guthmann C., Lederer D. et Roulet B. *Exercices et problèmes de thermodynamique*. Hermann (2010).
- * Castillo Gimeno J.L. y García Ybarra P.L. *Introducción a la Termodinámica Estadística mediante Problemas* (2ª Edición rev. y ampliada). UNED (2000).
- * Chahine C. et Devaux P. *Thermodynamique Statistique*. Dunod (1976).
- * Dalvit D.A.R., Frastai J. and Lawrie I.D. *Problems on Statistical Mechanics*. Institute of Physics Pub. Ltd. (1999).
- * Fernández Tejero C. y Rodríguez Parrondo J.M. *100 Problemas de Física Estadística*. Alianza Editorial (1996).
- * Landsberg P.T. (Editor). *Problems in Thermodynamics and Statistical Mechanics*. Pion Limited (1971).
- * Lim (editor) Y-K. *Problems and Solutions on Thermodynamics and Statistical Mechanics*. World Scientific (1990).
- * Kubo R. *Statistical Mechanics*. North-Holland (1978).
- * Pellicer J. y Manzanares J.A. *100 Problemas de Termodinámica*. Alianza Editorial (1996).
- * Pellicer García J. y Tejerina García F. *Problemas de Termodinámica con soluciones programadas*. Universidad de Valladolid (1997).
- * Rumble, J.R. (Editor). *Handbook of Chemistry and Physics*. CRC Press (101st Edition) (2020).

4.g.2.- Bibliografía complementaria

- * Ben-Naim A. *La entropía desvelada*. Colección Metatemas (nº 118). Tusquets. Barcelona (2011).
- * Boltzmann L. *Escritos de mecánica y termodinámica*. Alianza Editorial (nº 1173). Madrid (1986).
- * Einstein A. e Infeld L. *La evolución de la Física*. Salvat. Barcelona (1993).
- * Galileo Galilei. *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Edición preparada por C. Solís y J. Sádaba. Biblioteca de la Literatura y el Pensamiento Universales (nº 10). Editora Nacional. Madrid (1976).
- * Laplace P.S. de. *Ensayo filosófico sobre las probabilidades*. Alianza Editorial (nº 1147). Madrid (1985).
- * Laughlin R. B. *Un universo diferente: La reinención de la física en la edad de la emergencia*. Buenos Aires. Katz Editores (2007).
- * Lévy-Leblond J.M. et Butoli A. *La Física en preguntas: Electricidad y magnetismo*. Alianza Editorial (nº 1179). Madrid (1986) [“La física en preguntas”. Alianza (2003)].



- * **Prigogine I. & Stengers I.** *Entre el tiempo y la eternidad*. Alianza Universidad (nº 643). Madrid (1990).
- * **Ruelle D.** *Azar y Caos*. Alianza Universidad (nº 752). Madrid (1993).
- * **Schneider E.D. and Sagan D.** *La termodinámica de la vida*. Colección Metatemas (nº 102). Tusquets. Barcelona (2008).
- * **Schrödinger E.** *¿Qué es la vida?* Colección Metatemas (nº 1). Tusquets. Barcelona (6ª Edición. 2006). *Mente y materia*. Colección Metatemas (nº 2). Tusquets. Barcelona (6ª Edición. 2007).
- * **Wagensberg J.** *Proceso al Azar*. Colección Metatemas (nº 12). Tusquets. Barcelona (1996).
- * **Wagensberg J.** *Ideas sobre la complejidad del Mundo*. Colección Fábula (nº 205). Tusquets. Barcelona (2007).
- * **Wagensberg J.** *Las raíces triviales de lo fundamental*. Colección Metatemas (nº 112). Tusquets. Barcelona (2010).

4.g.3 Bibliografía complementaria digital (Consultada el 2021/07/19)

- * **I.U.P.A.C.** (G. J. Leigh, H. A. Favre, W. V. Metanomski) "*Principles of Chemical Nomenclature. A Guide to IUPAC Recommendations*". IUPAC (1998).
http://publications.iupac.org/books/principles/principles_of_nomenclature.pdf
- * **I.U.P.A.C.** (Prepared for publication by I. Mills, T. Cvitas, K. Homann, N. Kallay and K. Kuchitsu) "*Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*". IUPAC Green Book, 2 Ed, IUPAC & RSC Publishing (1998).
http://old.iupac.org/publications/books/gbook/green_book_2ed.pdf
- * **I.U.P.A.C.** "*Compendium of Chemical Terminology*", IUPAC Gold Book, V.2.3.3 (2014). Interactive version updated July 1st, 2019.
<https://goldbook.iupac.org/files/pdf/goldbook.pdf>
- * **N.I.S.T.** "*NIST Special Publication 330. The International System of Units (SI), 2019 Edition*".
<https://www.nist.gov/pml/special-publication-330>
- * **Real Decreto 493/2020, de 28 de abril**, por el que se modifica el **Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre, por el que se establecen las unidades legales de medida**.
<https://www.boe.es/boe/dias/2020/04/29/pdfs/BOE-A-2020-4707.pdf>
- * **Real Decreto 2032/2009, de 30 de diciembre**, por el que se establecen las unidades legales de medida. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Boletín Oficial del Estado (21/01/2010), Nº 28, 5607–5619. Versión consolidada, disponible en el enlace:
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2010/BOE-A-2010-927-consolidado.pdf>
Este **Real Decreto 2032/2009**, traspone la **directiva 80/181/CEE**, por la que el **Consejo de las Comunidades Europeas estableció el uso del sistema internacional de unidades como sistema legal de unidades**, y sus modificaciones posteriores, además de hacer suyos los acuerdos de la Conferencia General de Pesas y Medidas.
- * **Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología**. Boletín Oficial del Estado (23/12/2014), Nº 309, 104386–104408. Disponible en:
<https://www.boe.es/boe/dias/2014/12/23/pdfs/BOE-A-2014-13359.pdf>
- * **Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología**. Boletín Oficial del Estado (07/06/2016), Nº 137, 37689–37858. Versión consolidada, disponible en el enlace:
<https://www.boe.es/buscar/pdf/2016/BOE-A-2016-5530-consolidado.pdf>



4.g.3.- Otros recursos telemáticos (píldoras de conocimiento, blogs, videos, revistas digitales, cursos masivos (MOOC), ...) (Consultados el 2021/07/19)

<https://www.aenor.com/>
<http://www.aemet.es/es/portada>
https://www.aist.go.jp/index_en.html
<https://www.argentina.gob.ar/inti>
<https://www.bipm.org/en/about-us/>
<https://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/>
<https://www.cem.es/>
<http://www.ciemat.es/>
<https://www.cmi.cz/?language=en>
<https://www.csic.es/>
<https://www.gob.mx/cenam>
<https://www.gum.gov.pl/en/>
<https://www.inmri.enea.it/en/>
<https://www.inn.cl/>
<http://www1.ipq.pt/PT/Metrologia/Pages/Entrada0.aspx>
<https://www.iso.org/home.html>
<https://www.itri.org.tw/english/>
<https://iupac.org/>
<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>
<https://iupap.org/>
<https://iupap.org/strategic-plan/physics-education/>
<https://www.kriss.re.kr/eng/main/main.html>
<https://www.lne.fr/en/measurement-metrology>
<https://www.measurement.govt.nz/>
<https://www.metas.ch/metas/en/home.html>
<https://en.nim.ac.cn/>
<https://www.nist.gov/topics/metrology>
<https://www.nist.gov/pml/periodic-table-elements>
<https://webbook.nist.gov/chemistry/>
<https://www.nml.org.tw/en/>
<https://www.npl.co.uk/>
<https://www.nplindia.in/research-areas>
<https://nrc.canada.ca/en>
<https://www.nsai.ie/national-metrology/>
<https://www.oiml.org/en>
<https://www.ptb.de/cms/en.html>
<https://www.ri.se/en>
<https://www.sabs.co.za/>
<https://www.sirim.my/>
<https://www.une.org/>
<https://www.vniim.org/index.html>
<https://www.vsl.nl/en>



4.h.- Recursos necesarios

Al ser una *asignatura teórica* que, en principio, no requiere soporte de trabajo experimental en el laboratorio, se puede indicar que los recursos necesarios para ella son los siguientes:

Clases teóricas (T).- Las imparte el Profesor (clases magistrales), usando los recursos habituales al efecto: *Pizarra, material informático* para presentaciones en Power-Point... No obstante, como la Física es una Ciencia Experimental, el profesor podrá realizar diversas "*experiencias de cátedra*" que resalten mejor los fenómenos físicos en estudio, para ello utilizará material experimental propio de la divulgación científica.

Clases prácticas de aula (A).- Se requieren los mismos recursos que en el caso anterior (Profesor/Alumnos).

Experimentos de Laboratorio.- Aunque ya se ha mencionado que la asignatura es teórica, el profesor siempre utiliza los "*Laboratorios integrados de Física*" del Aulario de la Facultad de Ciencias, así como los laboratorios de investigación bajo su responsabilidad, para mejorar el conocimiento de los alumnos sobre los fenómenos en estudio.

Tutorías grupales (TG).- El profesor considera que, en los casos necesarios que haya que realizar tutorías para aclarar y supervisar el aprovechamiento de la materia, estas tutorías sean grupales y participen todos los alumnos que lo consideren oportuno.

Estudio autónomo y Preparación de exámenes.-

Estas tareas (no-presenciales) las debe realizar necesariamente el alumno, requiriendo para ello que tenga fácil acceso a *libros* y todo tipo de **material bibliográfico** (revistas científicas, etc.), así como a *computadoras con conexión a internet...*

Búsquedas bibliográficas.-

Estas tareas (no-presenciales) requieren que el alumno tenga fácil acceso al **material bibliográfico** que se encuentra en las Bibliotecas de la universidad, así como a *computadoras con conexión a internet...*

4.i Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
6 ECTS	Periodo lectivo del 2º Cuatrimestre 14 de febrero al 5 de julio 2022

5. Métodos docentes y principios metodológicos

Los métodos docentes y principios metodológicos que se utilizarán consistirán en lo siguiente:

Actividades presenciales.-

Clases de teoría.- Lección magistral y debate subsiguiente.

Seminarios de problemas.- Aprendizaje basado en problemas.

Tutorías grupales (TG).- Invitando a participar a todos los alumnos (si reciso: **online**)

Evaluación continua.- Resolución de ejercicios y problemas de control.

Tutorías grupales (TG).- El profesor considera que, en los casos necesarios que haya que realizar tutorías para aclarar y supervisar el aprovechamiento de la materia, es mejor que estas tutorías sean grupales y participen todos los alumnos que lo consideren oportuno. Para ello se reservará un aula para hacerlo (Si fuese preciso, se utilizarán las "**Meeting rooms (Cisco Webex) for Remote classroom activity**" indicadas al principio de este Proyecto Docente.

Actividades no presenciales.-

Tutorías individuales (TI).- Mejor grupales. O, mejor por **email**, que presenciales.

Trabajo individual del alumno.- Estudio/trabajo personal.

Trabajo en grupo de alumnos.- Aprendizaje cooperativo.

Tutorías individuales (TI).- A lo largo de sus más de 40 años de profesión ha observado que: muchas de las dudas planteadas en la asignatura son comunes a varios alumnos, de forma que considera que siempre es mejor que las tutorías sean grupales, pues las dudas se resuelven a la vez para todos ellos.

En los casos necesarios que las tutorías sean individuales, prefiere que las dudas se envíen por email, ya que de esta manera puede estudiar si su respuesta a las mismas debe ser enviada únicamente al alumno interesado; o, provechosamente, puede enviarse a todos sus compañeros, optimizando así el proceso de aprendizaje de la asignatura.

El trabajo individual del alumno deberá comenzar con estudiar los **Apuntes de la asignatura** (teoría y problemas resueltos), que se pondrán a su disposición en el Campus Virtual de la UVa (plataforma virtual de apoyo basada en Moodle), que **deberá completar estudiando a continuación algunos de los libros que aparecen en la bibliografía recomendada**, así como revisando los materiales de trabajo que aparecen en los enlaces web y otros recursos telemáticos recomendados.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES [Actividad presencial a distancia ⁽¹⁾]	Horas	Actividades No-Presenciales	Horas
Clases de teoría en aula (T) [Profesor / Magistrales]	30	Estudio autónomo y resolución de problemas	50
Clases prácticas en aula (A) [Profesor / Alumnos]	30	Preparación y redacción de trabajos y ejercicios	10
Clases en aula de informática	0	Búsquedas bibliográficas	10
Trabajo en Laboratorio (L)	0	Redacción de informes de laboratorio	0
Tutorías y Seminarios	10		
Sesiones de evaluación y presentación de trabajos	10		
Total Presencial	80	Total NO-Preencial	70
TOTAL Presencial + NO-Preencial			150

⁽¹⁾ Actividad presencial a distancia es cuando un grupo sigue una videoconferencia de forma síncrona a la clase impartida por el profesor para otro grupo presente en el aula [si fuese preciso].

7. Sistema y características de la evaluación

Combinación ponderada de evaluación continua con exámenes finales globales.

Evaluación continua

- Durará todo el cuatrimestre.
- El alumno podrá resolver los ejercicios que se propongan.
- Podrá haber exámenes parciales no eliminatorios.

Examen final global

- **Obligatorio realizar un examen final escrito de problemas y cuestiones.**
- Consistirá (normalmente) en dos problemas y dos o más cuestiones.
- Cada parte valdrá, aproximadamente, la mitad de la nota [50/100 puntos].

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Examen Final	Muy alto	Examen escrito de Cuestiones y Problemas
Problemas resueltos por alumnos durante clases.	Variable	Mejora nota examen final.
Preguntas/Cuestiones planteadas por el profesor y resueltas por los alumnos.	Variable	Mejora nota examen final.
Exámenes parciales NO eliminatorios	Variable	Mejora nota examen final.

Criterios de Calificación

- **Convocatoria Ordinaria.-**
 - El alumno **deberá demostrar su conocimiento de la materia** al resolver cuestiones y problemas.
 - En el examen final escrito, la nota del examen (sobre 10 puntos) será la suma de la nota obtenida en la **[parte de cuestiones]** + la nota obtenida en la **[parte de problemas]** (aproximadamente 50% en cada caso).
 - **Será necesario obtener una nota mínima (15/50) en cada parte para que se proceda a calcular la nota final.** En caso de que no sea así, la calificación será el valor numérico (sobre 10) de la menor de ellas.

Criterios de Calificación

- **Convocatoria Extraordinaria.-**
 - Se utilizarán los **mismos criterios que en el examen de la Convocatoria Ordinaria.**

8. Consideraciones finales

Se le recomienda encarecidamente que **NO SE MATRICULE** en esta asignatura, **a no ser que cumpla** estos **prerrequisitos** evidentes:

- Tener **aprobadas las tres asignaturas de la materia: “Fundamentos de Física”** del 1^{er} curso del Grado en Física (especialmente la denominada: “Fundamentos cuánticos y estadísticos”), así como la **asignatura “Termodinámica”** del 2^o curso.
- Haber cursado (**con aprovechamiento**) las asignaturas: “Mecánica y Ondas” de 2^o curso del Grado en Física y “Mecánica Teórica” y “Física Cuántica” del 3^{er} curso, junto con los las cuatro asignaturas de “Métodos matemáticos de la Física I, II, III y IV” (impartidas en 1^o y 2^o curso).

La **Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades** (Legislación consolidada, última actualización publicada: 31/12/2020), en su Artículo 4.3 (segundo párrafo), indica que: “Las Universidades podrán impartir enseñanzas conducentes a la obtención de títulos de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional en **modalidad presencial** y no presencial; en este último caso, de manera exclusiva o parcial ...”.

De esta forma, toda vez que **la enseñanza de la asignatura es de modalidad presencial**, cualquiera de las normas, recomendaciones, sugerencias, etc., que aparecen en este Proyecto Docente, podrán ser clarificadas y matizadas en dichas clases presenciales (mediante las explicaciones correspondientes), atendiendo siempre a las directrices que marque la Universidad de Valladolid, la Junta de Sección de Física o los profesores responsables de la misma.

Finalmente, si por cualquier razón justificada (enfermedad del profesor, necesidades sobrevenidas, etc.), hubiese que suspender alguna de las clases previstas, se establece como **regla de labor** (que se procurará mantener **inalterable**) que:

“La hora perdida se recuperará el lunes de la siguiente semana lectiva, a las 20:15 horas, siempre que esto sea posible”.

El Profesor J. C. Cobos quiere destacar para finalizar que, dado que es imposible tener en cuenta todas las contingencias que puedan producirse, se aplicará en su lugar el consejo que aparece en esta (sencilla) frase:

«En caso de contingencia, se aplicará el sentido común»

Recuerde que “El **sentido común** son los conocimientos y las creencias compartidos por una **comunidad** y considerados como prudentes, lógicos o válidos. Se trata de la **capacidad natural de juzgar los acontecimientos y eventos de forma razonable**”.
Henri Bergson (1859-1941) define al sentido común como “la facultad para orientarse en la vida práctica” (**pues eso**).