



Resolución de Consejo Directivo **471 / 2023 - EXA -UNSa**  
EXP N° 229/2023 EXA-UNSA .Dr. Diego Saravia eleva programa analítico y régimen de regularidad y promoción para la materia Termodinámica I y Termodinámica.

De: **EXACTAS-Secretaría de Coordinación Institucional**



Salta,  
07/08/2023

VISTO: La presentación efectuada por el Dr, Diego Saravia, solicitando la aprobación del Programa y el Régimen de Regularidad y Promoción de las Asignaturas Termodinámica y Termodinámica I, para las Carreras de Licenciatura en Energías Renovables, Licenciatura en Física y Profesorado en Física. que se dictan en esta Unidad Académica ; y

#### CONSIDERANDO:

Que, el citado Programa, el Régimen de Regularidad y Promoción, todos ellos obrantes en las presentes actuaciones, cuentan con la opinión del Departamento de Física y de las Comisiones de Carreras de Licenciatura en Energías Renovables, Licenciatura en Física y Profesorado en Física.

Que, la Comisión de Docencia e Investigación aconseja aprobar el Programa Analítico y el Régimen de Regularidad de las Asignaturas Termodinámica y Termodinámica I para las Carreras de Licenciatura en Energías Renovables (Plan 2005), Licenciatura en Física (Plan 2005) y Profesorado en Física (Plan 1997).

Que, el Consejo Directivo en su 9° Sesión Ordinaria realizada el día 7 de Junio de 2023 aprueba por unanimidad el despacho de Comisión de Docencia e Investigación.

POR ELLO y en Uso de las atribuciones que le son propias:

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS

#### RESUELVE:

ARTÍCULO 1 °: Aprobar el Programa Analítico y el Régimen de Regularidad y Promoción de las Asignaturas Termodinámica y Termodinámica I de las Carreras de Licenciatura en Energías Renovables (Plan 2005), Licenciatura en Física (Plan 2005) y Profesorado en Física (Plan 1997) que se dictan en esta Unidad Académica, que como Anexo forma parte de la presente resolución.

ARTÍCULO 2°: Notifíquese fehacientemente al Docente Responsable de las Asignaturas Termodinámica y Termodinámica I. Hágase saber, con copia, al Departamento de Física, a las Comisiones de Carreras de Licenciatura en Energías Renovables, Licenciatura en Física y Profesorado en Física, a la División Archivo y Digesto, a la Secretaria de Coordinación Institucional, a la Secretaría Académica y de Investigación, a la Dirección de Consejo Directivo y Comisiones, al Departamento de



Resolución de Consejo Directivo 471 / 2023 - EXA -UNSa  
EXP N° 229/2023 EXA-UNSA .Dr. Diego Saravia eleva programa analítico y  
régimen de regularidad y promoción para la materia Termodinámica I y  
Termodinámica.

De: EXACTAS-Secretaría de Coordinación Institucional



Salta,  
07/08/2023

Alumnos, para su toma de razón, registro y demás efectos. Publíquese en la página web; cumplido, archívese.

Esp. Alejandra Paola del Olmo  
Secretaría de Coordinación Institucional  
Facultad de Ciencias Exactas - UNSa



Mag. GUSTAVO DANIEL GIL  
DECANO  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa



## Programa analítico y el régimen de regularidad de Termodinámica 1 y Termodinámica.

**Asignaturas:** TERMODINÁMICA y TERMODINÁMICA 1.

**Carreras:** Licenciatura en Energías Renovables (plan 2005), Licenciatura en Física (plan 2005), Profesorado en Física. (plan 1997)

**Fecha de presentación:** 29/09/2022

**Departamento de Física.**

**Profesor responsable:** Ing. Diego Saravia

**Jefe de Trabajos Prácticos:** Prof. Ricardo Lozano

### OBJETIVOS

Se pretende que los estudiantes:

- Asuman la importancia de la Termodinámica para la comprensión y el estudio sistemático de la realidad y su relevancia para la comprensión científica del universo, el desarrollo sostenible, y especialmente la eficiencia energética.
- Desarrollen el pensamiento crítico, a través del debate, el análisis y la interpretación de la realidad en lo relativo a la Termodinámica.
- Verifiquen la correspondencia entre las propiedades fenomenológicas de la termodinámica, y las propiedades que surgen de estadísticas de las partículas constitutivas y las leyes cuánticas que las rigen.
- Comprendan el significado y uso, de procesos que simultáneamente conserva, transforma, y degrada la energía; junto al no decrecimiento de la entropía en el marco irreversible.
- Visualicen las variables de estado de equilibrio energía interna, temperatura, entropía y exergía (no se suele considerar de estado) junto a sus cambios entre estados de equilibrio. Se habitúen al uso de las variables de proceso, en particular el calor y el trabajo. Comprendan sus diferencias y sus efectos sobre otras variables.
- Adquieran experiencia en las bases de las leyes de la termodinámica, su fundamento, derivación y aplicación a casos concretos. En particular a todos los puntos de programa de la materia.
- Evalúen correctamente las propiedades de los sistemas termodinámicos, mediante diferentes métodos y puedan predecir resultados de procesos a partir de estados iniciales.
- Desarrollen la capacidad de identificar, formular, plantear y resolver, mediante herramientas, conceptos, y metodologías adecuadas, para estudiar y resolver sistemáticamente problemas científicos y en particular termodinámicos.

## ANEXO RES.CD N° 471/2023.EXA-UNSA

- Formulen problemas y situaciones en lenguaje matemático, de forma tal que se facilite su análisis y su solución, particularmente con el cálculo diferencial.
- Adquieran habilidades prácticas para medir las variables determinantes de los fenómenos termodinámicos y puedan demostrar experimentalmente las diferentes conclusiones de la termodinámica.
- Fortalezcan sus capacidades de idear, proponer y debatir modelos para representar fenómenos, sistemas y procesos.
- Integren los conocimientos de las materias previas y desarrollen una base conceptual sólida para el estudio de cursos posteriores que requieran conocimientos termodinámicos, adquiriendo los conocimientos y herramientas de diferentes materias.
- Puedan explicar para sí y a terceros, con fundamentos físicos, diferentes leyes, fenómenos y observaciones.
- Entiendan y utilicen el mismo lenguaje que usan los expertos de la materia.
- Incrementen sus habilidades respecto a la búsqueda bibliográfica y al estudio de forma autónoma.
- Las tres carreras para las que se dicta la materia tienen especificidades y objetivos particulares, en cuanto a la capacidad de investigar y avanzar las ciencias físicas, Encarar proyectos en el ámbito de las energías renovables y formar personas que conozcan la temática.

### CONTENIDOS

#### Programa analítico

##### 1 - Teoría Cinética

Trabajo. Energía en sistemas de partículas. Hipótesis de la teoría cinética. Flujo molecular. Energía cinética y temperatura. Ecuación de estado de un gas ideal clásico. Distribución de energías cinéticas moleculares. Equipartición de la energía. Espacio de fases en sistemas de muchas partículas. Teorema H y sus problemas. Principio de Indeterminación y constante de Planck. Idea de entropía, calor y trabajo.

##### 2 - Sistemas Termodinámicos.

Sistemas materiales. Sistemas aislados, con pared diaterma y adiabática móvil. Equilibrio y Estabilidad. Equilibrio térmico e hidroestático. Estado estacionario. Variables y funciones de estado de equilibrio. Variables extensivas e intensivas. Procesos cuasiestáticos. Variables de proceso. Reversibilidad y sentido de los procesos. Definiciones, postulados y leyes (principios) en la termodinámica.

##### 3. Termometría.

Temperatura y escalas empíricas. Coeficiente de dilatación cúbica. Termómetros. Principio Cero.

##### 4- Primer Principio

Distintas formas del trabajo. Existencia de la Energía Interna. Definición de Calor. Calor sensible. Capacidad calorífica y calor específico. Transferencia de calor: conducción, convección, y



radiación. Unidades de energía y potencia. Sistemas abiertos. Concepto de Balance. Balance de masa y energía. Definición de Entalpía. Conservación general de la energía.

### **5 - Trabajo y calor en procesos y ciclos.**

Función energía interna con relación a la temperatura en gases ideales clásicos. Trabajo y calor en procesos con dichos gases, y en sistemas incompresibles. Proceso adiabático. Expansión libre. Ciclo de Carnot en motor, bomba de calor y refrigerador. Motores de dos y cuatro tiempos. Rendimiento en ciclos con gas ideal: Carnot, Otto, Diesel, semidiesel. (Para el Profesorado en Física no se incluyen los ciclos, ni las máquinas térmicas, salvo el ciclo de Carnot)

### **6 - Segundo Principio. Entropía y Temperatura.**

Pistón reversible y agitador. Foliación adiabática e isoterma. Construcción de la entropía, propiedades buscadas, existencia. Calor, temperatura y entropía. Reversibilidad, generación y no destrucción de la entropía. Balance. La función entropía con relación al volumen y la energía interna. Primer y segundo principios combinados. Concavidad. Enunciados del Segundo Principio y equivalencias. Tercer Principio. Temperaturas absolutas negativas. Concepto de Exergía. Destrucción de exergía y generación de entropía. Unidades de entropía y exergía, junto a su generación y destrucción.

### **7.- Sustancias.**

Sistemas homogéneos. Variaciones de entropía en procesos de gases ideales clásicos, líquidos y sólidos incompresibles. Diagrama T-S. Derivadas primeras: temperatura, presión y potencial químico. Relaciones de Gibbs – Duhem. Integración de las ecuaciones de estado. Componentes químicos. Concepto de reacción química.

### **8.- Potenciales Termodinámicos.**

Transformaciones de Legendre. Variables características. La energía y la entalpía como potenciales termodinámicos. Función de Helmholtz y de Gibbs. Segundo principio en cada potencial.

### **9.- Reducción de derivadas parciales.**

Derivadas segundas: coeficiente de dilatación térmica (alfa), compresibilidad isotérmica (beta) y capacidad calorífica a volumen constante (Cv). Reexpresión de derivadas en términos de las mismas. Relaciones de Maxwell. Ecuaciones T dS. Diferencia y cociente de las capacidades caloríficas. Ecuación de Gibbs – Helmholtz. Efecto Joule – Thomson y su coeficiente.

### **10- Transiciones de Fase.**

Fases. Cambios de estado: sólido, líquido y gas. Entropía, fases, equilibrio y estabilidad. Regla de las fases. Calor latente. Ecuación de Clausius - Clapeyron. Gases reales, ecuación de van der Waals. Constantes críticas. Superficies pVT para sustancias reales y proyecciones.

Nota: se refiere la temperatura absoluta como temperatura y otras temperaturas como escalas.

### **Temas propuestos para examen final**

Se recomienda elegir entre los siguientes:

- 1) Ecuación de estado de los gases ideales clásicos, a partir de la teoría cinética.
- 2) Distribución de energías, velocidades y rapidezces en las moléculas de los gases ideales clásicos.

ANEXO RES.CD N° 471/2023.EXA-UNSA

- 3) Sistema aislado, con paredes adiabáticas móviles y diatermas. Variables de estado de equilibrio y de proceso. Proceso cuasiestático. Proceso reversible. Equilibrio y estabilidad. La entropía como variable de la reversibilidad y estabilidad.
- 4) Pared diaterma, equilibrio térmico y principio cero. Temperatura empírica. Escala centígrada. Volumen límite a presión cero de un gas ideal como termómetro.
- 5) Rendimiento de una máquina térmica reversible con gases ideales clásicos y dos focos de temperatura. Escala de temperatura absoluta con estas máquinas.
- 6) Trabajo. Trabajo adiabático reversible e irreversible. Pared adiabática móvil o pistón y agitador. Existencia de la energía interna en estados de equilibrio.
- 7) Definición de calor. Temperatura y calor. Capacidades caloríficas. Calor sensible y latente. Tipos de transferencia de calor: conducción, convección, radiación.
- 8) Procesos termodinámicos con gases ideales clásicos: isotermos, adiabáticos o isoentrópicos, isocóricos, isobáricos, y a energía interna constante: ecuaciones. Cálculo de calores y trabajos.
- 9) Ciclos termodinámicos: Otto, Diesel o SemiDiesel. Cálculo de rendimiento de un ciclo a elección.
- 10) Foliación del espacio mediante procesos adiabáticos con pistón reversible y agitador. Foliación mediante proceso con pared diaterma y dos pistones. Propiedades requeridas a la entropía. Cálculo de la misma en forma simultánea con la temperatura.
- 11) Enunciados del segundo principio: Clausius, Kelvin-Planck y otros a elección. Equivalencias. Universalidad del rendimiento del ciclo de Carnot. Teorema de Clausius. Entropía. Sentido de los procesos e irreversibilidad.
- 12) Integración de las ecuaciones de estado de un gas ideal clásico.
- 13) Primer y segundo principios combinados en forma diferencial. Sistemas homogéneos. Potencial químico. Ecuación de Gibbs - Duhem.
- 14) Concepto de potencial termodinámico. Transformaciones de Legendre. Potenciales: Entalpía, Helmholtz, Gibbs. Relaciones de Maxwell.
- 15) Reducción de derivadas. Derivadas primeras y segundas, usando alfa, beta, y Cv.
- 16) Ecuaciones TdS.
- 17) Probar que una sustancia que satisfaga la ecuación de estado de los gases ideales clásicos, tiene una energía interna que depende sólo de la temperatura.
- 18) Efecto Joule - Thompson.
- 19) Fases. Estados de agregación y cambio de estado. Estabilidad y Entropía. Regla de las fases.
- 20) Gases de Van der Waals. Diagrama pVT y proyecciones. Ecuación de Clausius - Clapeyron.

*Alonso*

*1*



## ANEXO RES.CD N° 471/2023.EXA-UNSA

21) Motores, heladeras y bombas de calor. Rendimiento y COP. Calcular el ahorro de reemplazar una estufa de cuarzo por una bomba de calor.

22) Balances de masa, energía y entropía en sistemas abiertos sin reacción química. Generación de Entropía.

23) Exergía. Destrucción de Exergía y generación de entropía

El estudiante podrá desarrollar otros temas. Explicitando el listado de temas al comienzo de su exposición y la lógica de su selección, desarrollo y secuencia.

### Trabajos prácticos de resolución problemas

Se realizarán trabajos prácticos de problemas de cada uno de los temas del programa

### Trabajos prácticos de laboratorio

Se realizarán los siguientes laboratorios.

1. Calor específico de sólidos y líquidos
2. Equivalente mecánico y eléctrico del calor
3. Coeficiente de expansión térmica del agua
4. Curva p-V del aire
5. Curva p-T del aire
6. Calor de fusión del agua

### BIBLIOGRAFÍA

#### Básica

- Fermi, E. 1985. Calor y Termodinámica. 5 ed. EUDEBA.
- Callen, H. B. 1981. Termodinámica. AC.
- Saravia, D. 2020. Termodinámica. Construyendo ecuaciones desde conceptos. Material de la cátedra, incluyendo videos y pdfs. <http://termo.red/libro>

#### Específica de algunos temas:

- Trabajo. Energía en Sistemas de Partículas.

Alonso, M. y Finn, E. 1971. Física Vol. 1 Mecánica. Fondo Educativo Interamericano

- Entropía.

Zemansky M. W. y Dittman, R. H. 1985. Calor y Termodinámica. 6 ed. Mc Graw Hill.

Baehr, H. 1965. Tratado Moderno de Termodinámica. Monteso.

- Teoría Cinética.

Sears F. W. y Salinger, G. L. 1980. Termodinámica, Teoría Cinética y Termodinámica Estadística. Reverté.

Jeans, J. 1960. An Introduction to the Kinetic Theory of Gases. Cambridge University Press.

- Ciclos de máquinas térmicas y Exergía.

García, C. 1987. Termodinámica Técnica. Alsina.

#### De consulta

- Bejan, A. 2016. Advanced Engineering Thermodynamics - 4 ed. Wiley 2022
- Cengel Y. A. y Boles, M. A. Termodinámica. MacGraw - Hill, México.
- Ford, I. 2013. Statistical Physics, an entropic approach. Wiley
- Fuchs, H. 1996, The dynamics of heat. Springer
- Gyftopoulos, E. P. y Beretta, G. P. 2005. Thermodynamics. Foundations and Applications. Dover.
- Herrmann, F. y Arias Avila, N. 2014. Nuevo enfoque de la termodinámica basado en la entropía como medida del calor. EUD. 2014
- Kittel, C. 1973. Física Térmica. Reverté.
- Lemons, D. 2013. A student's guide to Entropy. Cambridge University Press.
- Moore, T. 2017. Six ideas that shaped Physics. Unit T. Some processes are irreversible. 3 ed. Mc Graw Hill.
- Pippard, A. B. 1966. The elements of Classical Thermodynamics. Cambridge University Press.
- Plank, M. 1922. Treatise on Thermodynamics. 7 ed. Dover. 1922
- Plank, M. 1932. Theory of heat. MACMILLAN.
- Schroeder, D. 2000. An introduction to Thermal Physics. Addison Wesley.
- Sommerfeld. 1956. Thermodynamics and Statistical Mechanics. Lectures on Theoretical Physics Vol. V. Academic Press.
- Truesdell, C. 1973. Termodinámica Racional. Reverté.
- Truesdell, C. Bharatha, S. 1977 Classical Thermodynamics as a theory of heat engines. Springer Verlag.
- Van Wylen, G. J. and Sonntag, R. E. 1973. Fundamentals of Classical Thermodynamics. John Wiley & Sons, Inc.
- Wikipedia. 2022. Páginas relativas a termodinámica. <https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Termodin%C3%A1mica>

*Novo!*

①



En particular: <https://es.wikipedia.org/wiki/Termodin%C3%A1mica>

### Divulgación

- Arroyo Perez, E. 2018. La termodinamica y la entropía, Boltzmann. El universo morirá de frío. RBA
- García Colin S, L. 1997. Y sin embargo se mueven ...Teoría cinética de la materia. FCE.
- Laughlin, R. 2011. Poweering the Future. Basic Books.
- MacKay, D., 2009. Sustainable Energy - Without the Hot Air. Cambridge University Press.
- Malm, A. 2020. Capital fósil. El auge del vapor y las raíces del calentamiento global. Capitán Swing.
- Mendelssohn, K. 1965. La búsqueda del cero absoluto. McGraw Hill

### DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES

De acuerdo a los respectivos planes de estudio el curso tendrá una intensidad semanal de 9 horas de clase (8 para profesorado), distribuidas en la relación: 4 horas de teórico / 5 (4) horas de ejercicios o laboratorios.

#### Clases teóricas

De carácter expositivo. A través de preguntas se propicia la participación activa de los estudiantes y se proponen ejercicios y problemas, tanto teóricos como prácticos, para que puedan comprender el sentido y el significado del tema tratado.

Al iniciar cada clase se realiza una revisión de la bibliografía, los conocimientos previos y los desarrollados en la clase anterior, interactuando con los estudiantes y destacando los que son imprescindibles para presentar el nuevo tema.

Podrán presentarse demostraciones experimentales y clases preparadas por los estudiantes.

#### Clases prácticas

De carácter participativo. Son clases dinámicas en las se insta a la participación y colaboración de los estudiantes con sus pares.

El responsable de las mismas, presentará una breve reseña teórica necesaria para abordar los temas del día.

### METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA

Se utilizan diferentes estrategias:

- **Clases magistrales y videos en el tiempo de las clases teóricas.**

Se realizan al menos 3 recorridos por la materia:

- El primero con los conceptos fundamentales a un nivel muy simple para presentar las leyes y las variables centrales de la termodinámica: energía interna, entropía y

## ANEXO RES.CD N° 471/2023.EXA-UNSA

temperatura. Contamos con videos extremadamente simples que explican los conceptos en forma casi independiente uno del otro.

- Para el segundo, un libro de la cátedra, que desarrolla los temas demostrando las leyes a partir de principios experimentales.
- Luego, en un tercer recorrido podemos plantear las deducciones con secuencias típicas de la termodinámica tradicional, con mayor uso de matemática y la bibliografía típica de un curso universitario.

Posteriormente se presentan aplicaciones de las leyes dadas.

Como ejemplo, la temperatura aparece de diferentes formas a lo largo de casi todo el programa:

- Se presenta primero como vinculada a la energía cinética en un gas ideal clásico.
- Luego se la define correctamente como variable que refleja un equilibrio térmico. Se crean escalas primero arbitrarias, luego basadas en la ecuación de estado de un gas ideal y pasando a posteriori a una escala relativa al rendimiento de una máquina térmica que opera entre reservorios a dos temperaturas.
- A posteriori se la encuentra a través de un cálculo simultáneo con la entropía, vinculando las dos variables con el calor, o la energía interna, en procesos reversibles isoterms.
- Por último se analiza la existencia de temperaturas negativas, que son mas "altas" que las positivas, y pueden existir en sistemas cuánticos, con niveles de energía "topeados" en sus partículas.

Los conceptos trabajados se refuerzan con situaciones problemáticas, buscando siempre la intervención del estudiante para que no sea un mero espectador.

Se trabajará la bibliografía, en particular la de las redes, proponiéndose que se editen los sistemas que lo permiten, como la Wikipedia, cuando corresponda.

- **Seminarios internos** de algunos temas, con trabajo en grupo y búsqueda de bibliografía en redes, expuestas por los estudiantes, en el tiempo de las clases magistrales, que los preparan para transmitir y debatir conocimientos.
- **Solución de problemas y comprobación de los resultados**, en las clases prácticas. Son esenciales para la adquisición de habilidades en cuanto a resolver situaciones y aplicar metodologías propias de la materia.

Están estrechamente relacionadas con las clases teóricas. Se trabaja usando la metodología de aula- taller, luego de una breve introducción teórica.

Se hará especial hincapié en la capacidad de obtener resultados numéricos del orden razonable para el problema en las unidades correctas, utilizando las herramientas tecnológicas óptimas.

- **Prácticas de laboratorio**, en el tiempo de las clases prácticas

Se empleará el cálculo de errores en las experiencias e informes correspondientes.

- **Consultas individuales.**

Acu

1



## ANEXO RES.CD N° 471/2023.EXA-UNSA

- **Exámenes parciales** de problemas y preguntas teóricas breves, para comprobar su conocimiento.
- **Examen conceptual estandarizado**, proveniente de universidades de EEUU, para que los estudiantes puedan autoevaluar sus conocimientos y la cátedra la efectividad del curso. Se toma apenas completa la segunda recorrida.
- **Examen final** con temas que requieren integrar los conocimientos y demostrar habilidades de exponer y debatir. Se plantea a los estudiantes temas integrados, para preparar, que no responden a la secuencia llevada a cabo en las clases magistrales, sino que correspondan a la forma de plantearlos de un estudiante que ya conoce la materia

### FORMAS DE EVALUACIÓN

No se exige asistencia a las clases teóricas ni de problemas, sí a las de laboratorio.

**Para obtener la condición de estudiante regular**, el estudiante deberá:

- Rendir y aprobar dos parciales o sus respectivas recuperaciones, con un mínimo de sesenta (60) puntos sobre cien (100) posibles.
- Asistir y aprobar todos los laboratorios. Podrá faltar a uno que se recuperará al final del cuatrimestre. Se presentará un informe de cada uno de ellos a la semana de realizado, el que será corregido por la cátedra y devuelto al estudiante en el mismo plazo.

**Se aprueba la materia** con examen final. El estudiante expondrá dos temas durante 10 a 15 minutos cada uno. Preparara un tema de su preferencia, y se sorteará otro.

Se recomienda que en el tema elegido, al menos, se resuelva numéricamente un problema y, al menos, se demuestre formalmente un concepto. Pueden traer un esquema de la presentación y tener datos numéricos del problema anotados.

Posteriormente el tribunal podrá realizar preguntas de esos temas y de todo el programa.

  
Esp. Alejandra Paola del Olmo  
Secretaría de Coordinación Institucional  
Facultad de Ciencias Exactas - UNSa



  
Mag. GUSTAVO DANIEL GIL  
DECANO  
FACULTAD DE CS. EXACTAS - UNSa