

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

MECCANICA E TERMODINAMICA CON LABORATORIO (mod.2)

MECHANICS AND THERMODYNAMICS WITH LABORATORY (mod.2)

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	Scienza dei Materiali L-Sc.Mat
Codice	8068686	Canale	Unico
CFU	5	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

BEATRICE BONANNI

CODOCENTE

MECCANICA E TERMODINAMICA CON LABORATORIO (mod.1): Claudio Goletti

MECHANICS AND THERMODYNAMICS WITH LABORATORY (mod.1): Claudio Goletti

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI: Conoscenza e comprensione delle basi teoriche e delle evidenze sperimentali della termodinamica classica. Il docente spiega e applica le leggi che governano l'evoluzione dei diversi sistemi proposti, applica le relazioni esistenti tra le grandezze fisiche misurabili, sempre evidenziando l'importanza della valutazione quantitativa, per la risoluzione di esercizi e problemi. Per la parte di laboratorio, l'insegnamento propone esperienze di laboratorio nel campo della termodinamica. Obiettivo formativo dell'insegnamento è la capacità di condurre un esperimento con metodo scientifico, e di descrivere i dati sperimentali con rigore, chiarezza e senso critico. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE: Gli studenti devono acquisire e sviluppare le conoscenze fondamentali nell'ambito della termodinamica classica, per comprendere il significato delle diverse leggi e il loro collegamento alle evidenze sperimentali. Inoltre gli studenti dovranno raggiungere la capacità di eseguire un esperimento di fisica di base (termodinamica), di presentare e di analizzare i risultati con rigore e senso critico. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE: Nell'ambito della termodinamica classica, gli studenti devono essere in grado di : affrontare la descrizione di sistemi fisici, comprendere le conclusioni di esperimenti, applicare semplici modelli interpretativi, risolvere problemi quantitativi di crescente complessità; per la parte di laboratorio, saper esaminare ed affrontare un problema fisico (di termodinamica) con approccio sperimentale, basandosi sulle conoscenze di base fornite dal corso e applicando i metodi statistici illustrati dal docente
----------	---

	AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Gli studenti devono appropriarsi del metodo scientifico (che costituisce la base fondante di tutto il corso) per affrontare con crescente autonomia argomenti, problemi e fenomeni di termodinamica classica, comprendendone il significato e il collegamento agli esperimenti e ai modelli interpretativi. Infine, devono sviluppare la capacità di analizzare i risultati di un esperimento di laboratorio con senso critico. ABILITÀ COMUNICATIVE: Gli studenti devono essere in grado di illustrare, spiegare e analizzare gli argomenti del corso, applicati a fenomeni e sistemi di varia complessità, chiarendo con consapevolezza il livello di approssimazione necessario . Per la parte di laboratorio, devono saper descrivere un' esperienza di laboratorio, dall'apparato sperimentale alla raccolta dati, fino alla presentazione e all'analisi dei risultati discutendone le conclusioni. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Al termine del processo di apprendimento, gli studenti devono saper leggere autonomamente un testo di termodinamica classica, pubblicazioni scientifiche di divulgazione e di ricerca (pur con i limiti in questo caso dovuti alla non ancora approfondita preparazione), analizzare (anche criticamente) il risultato di un esperimento, correlare argomenti anche in campi diversi. Sulla base del percorso svolto in laboratorio, essi devono saper progettare esperienze di laboratorio per risolvere (con approccio sperimentale e metodo scientifico) nuovi problemi relativi alla termodinamica.
English	LEARNING OBJECTIVES: Knowledge and understanding of the theoretical basis and experimental evidence of classical thermodynamics. The teacher explains and applies the laws governing the evolution of the various proposed systems, applies the relationships existing between measurable physical quantities, always emphasizing the importance of quantitative evaluation, for solving exercises and problems. For the laboratory part, the teaching proposes laboratory experiences in the field of thermodynamics. The training objective of the teaching is the ability to conduct an experiment with scientific method, and to describe experimental data with rigor, clarity and critical sense. KNOWLEDGE AND CAPACITY TO UNDERSTAND: Students are expected to acquire and develop fundamental knowledge in the field of classical thermodynamics in order to understand the meaning of the various laws and their connection to experimental evidence. In addition, students should attain the ability to perform a basic physics experiment (thermodynamics), and to present and analyze the results with rigor and critical sense. ABILITY TO APPLY KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING: In the area of classical thermodynamics, students should be able to :deal with the description of physical systems, understand the conclusions of experiments, apply simple interpretive models, and solve quantitative problems of increasing complexity;for the laboratory part, be able to examine and tackle a physical problem (of thermodynamics) with an experimental approach, building on the basic knowledge provided by the course and applying the statistical methods explained by the instructor JUDGMENTAL AUTONOMY: Students must appropriate the scientific method (which forms the foundational basis of the entire course) to deal with topics, problems and phenomena of classical thermodynamics with increasing autonomy, understanding their meaning and connection to experiments and interpretative models. Finally, they must develop the ability to analyze the results of a laboratory experiment critically.

	COMMUNICATIVE SKILLS: Students should be able to illustrate, explain and analyze course topics as applied to phenomena and systems of varying complexity, clarifying with awareness the level of approximation required. For the laboratory part, they should be able to describe a 'laboratory experience, from the experimental apparatus to data collection, to the presentation and analysis of the results by discussing the conclusions. LEARNING SKILLS: At the end of the learning process, students should be able to independently read a text on classical thermodynamics, popular and research scientific publications (albeit with the limitations in this case due to not yet in-depth preparation), analyze (including critically) the result of an experiment, correlate topics even in different fields. On the basis of their laboratory course, they should be able to design laboratory experiences to solve (with experimental approach and scientific method) new problems related to thermodynamics.
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Buona conoscenza degli elementi di base della matematica insegnata nelle scuole superiori. Elementi di trigonometria. Vettori. Sufficiente conoscenza degli argomenti principali dell'analisi matematica.
English	Good knowledge of mathematics topics taught in high schools. Trigonometry. Vectors. Sufficiently good knowledge of the main topics of mathematical analysis.

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	Parte A: TERMODINAMICA (3cfu) EROGATA DAL PROF. CLAUDIO GOLETTI Calorimetria. La temperatura e il calore. Gas reali e gas perfetti. Primo principio della termodinamica. Gas ideali e reali. Cenni di teoria cinetica dei gas. Secondo principio della termodinamica. Entropia. Potenziali termodinamici. Terzo principio della termodinamica Parte B: LABORATORIO DI TERMODINAMICA E METODI STATISTICI PER IL TRATTAMENTO DEI DATI ED ANALISI DEGLI ERRORI (2 cfu) B1. Analisi statistica dei dati sperimentali. 1. La distribuzione binomiale. Definizione e proprietà. Esempi. (3h) 2. La distribuzione di Poisson. Definizione e proprietà. Esempi. (3h) 3. Il test del χ^2 per una distribuzione. Definizione generale del χ^2. Gradi di libertà e χ^2 ridotto. La probabilità per il χ^2 (2h) B2. Descrizione teorica semplificata delle esperienze di laboratorio di termodinamica (3h). B3. Utilizzo della relativa strumentazione e metodologia di misura. Una serie di esperimenti condotti in laboratorio addestreranno lo studente all'utilizzo della strumentazione e delle tecniche illustrate nelle lezioni, e alla elaborazione di una relazione di quanto ottenuto durante l'esperimento svolto (9h).
----------	---

English	Part A: THERMODYNAMICS (3cfu) DELIVERED BY PROF. CLAUDIO GOLETTI Calorimetry. Temperature and heat. Real gases and perfect gases. First principle of thermodynamics. Ideal and real gases. Hints of kinetic theory of gases. Second principle of thermodynamics. Entropy. Thermodynamic potentials. Third principle of thermodynamics. Part B: LABORATORY OF THERMODYNAMICS AND STATISTICAL METHODS FOR DATA PROCESSING AND ERROR ANALYSIS (2 cfu) B1. Statistical analysis of experimental data. 1. The binomial distribution. Definition and properties. Examples. (3h) 2. The Poisson distribution. Definition and properties. Examples.(3h) 3. The chi2 test for a distribution. General definition of chi2 . Degrees of freedom and reduced chi2. The likelihood for chi2 (2h) B2. Simplified theoretical description of thermodynamics laboratory experiences.(3h) B3. Use of relevant instrumentation and measurement methodology. A series of experiments conducted in the laboratory will train the student in the use of the instrumentation and techniques explained in the lectures, and in the preparation of a report of what was obtained during the experiment performed (9h).
---------	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	Testi adottati: P. Mazzoldi - M. Nigro - C. Voci , Fisica Vol. I - Meccanica e termodinamica; Edises E. Fermi, Termodinamica, Bollati Boringhieri John R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori. Lo studio delle incertezze nelle misure fisiche. (Zanichelli). Schede ed appunti indicati dal docente. Durante le lezioni, il docente darà agli studenti indicazioni su libri, articoli e altre pubblicazioni utili ad approfondire i contenuti presentati. Altri testi consigliati:
----------	---

	1. Metodologie sperimentali in Fisica. Introduzione al metodo scientifico. di Gaetano Cannelli Editore: Edises 2. Introduzione alla sperimentazione fisica di Marco Severi Editore: Zanichelli
<i>English</i>	P. Mazzoldi - M. Nigro - C. Voci , Fisica Vol. I - Meccanica e termodinamica; Edises E. Fermi, Termodinamica, Bollati Boringhieri John R. Taylor, Introduzione all'analisi degli errori. Lo studio delle incertezze nelle misure fisiche. (Zanichelli). Lecture notes by the teacher. During and at the end of each lesson, the teacher will give informations to students concerning textbooks, papers and other publications useful to make deeper the knowledge about the presented topics. Additional references: 1. Metodologie sperimentali in Fisica. Introduzione al metodo scientifico. di Gaetano Cannelli Editore: Edises 2. Introduzione alla sperimentazione fisica di Marco Severi Editore: Zanichelli

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza

☐ A distanza

<i>Italiano</i>	Parte A del Programma: Lezioni frontali. Esercitazioni. Agli studenti vengono anche forniti numerosi esercizi e problemi, inclusi esempi di esami di anni passati. Parte B del Programma: Questa parte del corso si articola in lezioni frontali e in sessioni di laboratorio. Le lezioni frontali sono dedicate (i) all'insegnamento dei metodi statistici per il trattamento dei dati e per l'analisi degli errori e (ii) alla descrizione delle esperienze di laboratorio con cenni ai principi della fisica alla base dell'esperimento. Le sessioni di laboratorio sono dedicate allo svolgimento di esperienze di termodinamica. Per ogni esperienza lo studente deve redigere una relazione su cui il docente esprime un giudizio.
<i>English</i>	Part A of the Program: Lectures. Exercises. Students are also given numerous exercises and problems, including examples from past years' exams.

	Part B of the Program: The laboratory part is divided into lectures and laboratory sessions. The frontal lectures are devoted (i) to teaching statistical methods for data processing and error analysis and (ii) to describing the laboratory experiments with references to the principles of physics underlying the experiment. The laboratory sessions are devoted to thermodynamics experiments. For each experiment, the student must write a report on which the teacher makes a judgment.
--	---

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Le lezioni frontali e le esercitazioni relative alla parte A del programma non hanno obbligo di frequenza (per quanto la frequenza sia fortemente consigliata). Lo studente e' inoltre invitato a frequentare lezioni frontali relative alla parte B, e a partecipare attivamente alle sessioni di laboratorio. La frequenza delle sessioni di laboratorio (con giudizio positivo) esonera dalla prova pratica finale.
English	Frontal lessons and exercitations are not obligatory, although the participation of students is strongly recommended. The student is invited to attend lectures and actively participate in laboratory sessions. The frequency of laboratory sessions (with positive judgment) exempts from the final practical test.

MODALITÀ DI VALUTAZIONE

☒ Prova scritta ☒ Prova orale ☐ Prova di laboratorio ☐ Prova pratica
☒ Valutazione in itinere ☐ Valutazione di progetto ☐ Valutazione di tirocinio

COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE

Oltre al titolare Beatrice bonanni, 1 o 2 fra i seguenti esperti nel settore: Claudio Goletti, Laura Fazi, Luca Persichetti, Luca Camilli.

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni. 18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti. 21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente. 24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e
----------	--

	sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio. 30-30 e Lode: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.
<i>English</i>	The exam will be assessed according to the following criteria: Not suitable: important deficiencies and / or inaccuracies in knowledge and understanding of the topics; limited capacity for analysis and synthesis, frequent generalizations. 18-20: knowledge and understanding of the topics just sufficient with possible imperfections; analytical skills sufficient synthesis and autonomy of judgment. 21-23: Routine knowledge and understanding of topics; Correct analysis and synthesis skills with coherent logical argument. 24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good skills of analysis and synthesis with arguments expressed strictly. 27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable skills of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment. 30-30 cum Laude: Excellent level of knowledge and understanding of the topics. Remarkable skills of analysis and synthesis and of autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way.