

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

Elettromagnetismo e Ottica con Laboratorio

ELECTROMAGNETISM AND OPTICS WITH LABORATORY

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	FISICA (L-Sc.Mat)
Codice	8068681	Canale	Unico
CFU	15	Lingua	Italiano

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

PAOLA CASTRUCCI

CODOCENTE

Modulo di laboratorio: Luca Camilli (5 CFU)

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	OBIETTIVI FORMATIVI OBIETTIVI FORMATIVI: L'obiettivo principale è fornire agli studenti le conoscenze fondamentali le nozioni di base dell'elettromagnetismo classico, la formulazione delle Equazioni di Maxwell e le nozioni di base dell'Ottica Fisica e Geometrica per comprendere, descrivere ed interpretare i fenomeni dell'elettromagnetismo e dell'ottica. Tale obiettivo si declinerà in corso costituito da lezioni teoriche e da applicazioni di alcune delle conoscenze fornite in esperimenti di laboratorio. Tali esperimenti saranno tenuti dopo l'introduzione dei concetti teorici su cui si basano. In particolare l'insegnamento si propone come scopo l'apprendimento, da parte dello studente, dei metodi di base per l'acquisizione di misure in corrente continua/alternata nonché gli esperimenti di base di ottica lineare. A seguito del corso gli studenti devono aver progredito (rispetto al corso del primo anno) nella capacità di poter eseguire indipendentemente esperimenti di medio livello e di essere in grado autonomamente di analizzare i dati acquisiti ed esporli con chiarezza e sinteticità in una relazione di laboratorio. CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE: L'insegnamento fornisce agli studenti gli strumenti concettuali e metodologici necessari per comprendere il significato fisico di ciascuna delle quattro Equazioni di Maxwell, della luce come onda elettromagnetica e dei fenomeni di riflessione, rifrazione, interferenza e di diffrazione, oltre che alcuni concetti di base di ottica geometrica. In questo corso, perciò studente avrà sviluppato le conoscenze di base nell'ambito dell'elettromagnetismo e dell'ottica per poter poi approfondire, nei corsi più avanzati, l'indagine. Inoltre, questo corso fornisce agli studenti la conoscenza e la esperienza per poter eseguire in autonomia esperimenti di medio livello e di essere in grado di analizzare i dati acquisiti ed esporli con chiarezza e sinteticità in una relazione di laboratorio. CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE: Riuscire ad applicare le nozioni apprese di elettromagnetismo e dell'ottica fisica ad alcune situazioni fisiche reali, risolvere alcuni problemi semplici di elettromagnetismo classico e di ottica e saper comunicare tali nozioni a interlocutori specialisti e non specialisti. Deve essere in grado di poter progettare semplici circuiti e semplici sistemi ottici funzionali alle necessità che possono essere presenti in un laboratorio di fisica.
----------	--

	AUTONOMIA DI GIUDIZIO: Essere in grado di utilizzare le nozioni apprese in contesti anche diversi da quelli esposti nelle lezioni e nei testi. Avere la capacità di raccogliere e interpretare i dati per poter misurare con successo grandezze fisiche di diverso tipo. ABILITÀ COMUNICATIVE: Lo studente deve saper esprimere "a parole" i concetti racchiusi in equazioni differenziali e integrali. Inoltre, deve saper illustrare i metodi d'indagine sperimentali trattati nel corso e possibilmente capire come applicare le conoscenze acquisite anche in altri campi. Infine, lo studente deve saper redigere una relazione di laboratorio chiara e sintetica. CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO: Lo studente deve sviluppare sufficiente capacità di studio e riflessione, dimostrare un sufficiente grado di conoscenze e capacità di comprensione nel campo della fisica
English	LEARNING OBJECTIVES The primary objective is to provide students with fundamental knowledge—the basics of classical electromagnetism, the formulation of Maxwell's equations, and the fundamentals of physical and geometric optics—to understand, describe, and interpret electromagnetic and optical phenomena. This objective will be developed through a course consisting of theoretical lectures and the application of some of the knowledge provided in laboratory experiments. These experiments will be conducted after an introduction to the underlying theoretical concepts. Specifically, the course aims to teach students the basic methods for acquiring direct and alternating current measurements, as well as the basic experiments of linear optics. Following the course, students should have made progress (compared to the first-year course) in their ability to independently perform intermediate-level experiments and to be able to independently analyse the acquired data and present them clearly and concisely in a laboratory report. KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING The course provides students with the conceptual and methodological tools necessary to understand the physical meaning of each of Maxwell's four equations, light as an electromagnetic wave, and the phenomena of reflection, refraction, interference, and diffraction, as well as some basic concepts of geometric optics. In this course, students will have developed basic knowledge of electromagnetism and optics, allowing them to delve deeper into their investigations in more advanced courses. Furthermore, this course provides students with the knowledge and experience to independently perform intermediate-level experiments and to be able to analyze the acquired data and present it clearly and concisely in a laboratory report.

	APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING Be able to apply the concepts of electromagnetism and physical optics to real-world physical situations, solve simple problems in classical electromagnetism and optics, and communicate these concepts to both specialists and non-specialists. The student must be able to design simple circuits and optical systems to meet the needs of a physics laboratory. COMMUNICATION SKILLS Students must be able to verbally express the concepts contained in differential and integral equations. Furthermore, they must be able to illustrate the experimental investigation methods covered in the course and, if possible, understand how to apply the acquired knowledge to other fields. Finally, students must be able to write a clear and concise laboratory report JUDGMENT MAKING: Be able to apply the concepts learned in contexts other than those presented in lectures and texts. Be able to collect and interpret data to successfully measure various types of physical quantities. LEARNING SKILLS: The student must develop sufficient study and reflection skills, demonstrating a sufficient level of knowledge and understanding in the field of physics
--	--

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenza base di meccanica, nonché dei cenni di metodi d'indagine sperimentale insegnati nel corso di "Meccanica e Termodinamica con laboratorio" del primo anno. Conoscenza base di equazioni differenziali e di concetti di teoria dei campi (gradiente, rotore, divergenza, flusso, e teoremi di base associati). E' consigliato, ma non obbligatorio, aver seguito e preferibilmente sostenuto i corsi di Matematica, Metodi matematici per la scienza dei Materiali e Meccanica e Termodinamica con laboratorio.
English	Basic knowledge of mechanics, as well as the experimental investigation methods taught in the first-year "Mechanics and Thermodynamics with Laboratory" course. Basic knowledge of differential equations and field theory concepts (gradient, curl, divergence, flux, and associated basic theorems). It is recommended, but not mandatory, that students have taken and preferably completed the courses in Mathematics, Mathematical Methods for Materials Science, and Mechanics and Thermodynamics with Laboratory.

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA



Italiano	Carica elettrica, sistemi discreti di cariche, distribuzione continua di carica, campo elettrostatico, Teorema di Gauss, Applicazioni rilevanti del teorema di Gauss. I equazione di Maxwell nel vuoto per l'elettrostatica. Esercizi. (14 ore) Potenziale elettrostatico. Cenni su Energia potenziale elettrostatica Potenziale generato da carica puntiforme, da sistemi discreti e continui di cariche. Campo elettrostatico come gradiente del potenziale. Superfici equipotenziali. Seconda equazione di Maxwell per l'elettrostatica Energia potenziale elettrostatica. Moto di una carica in un campo elettrostatico. Esercizi (8 ore) Approssimazione di dipolo. Potenziale e campo elettrostatico. Dipolo in un campo elettrostatico uniforme. Esercizi (2 ore) Conduttori- Schermo elettrostatico. Condensatori. Capacità. Casi particolari: condensatore sferico, cilindrico, a facce piane e parallele. Energia potenziale elettrostatica di un condensatore. Densità di energia elettrostatica per unità di volume. Condensatori in serie e in parallelo. Esercizi (10 ore) Dielettrici: aspetti fenomenologici. Definizione di k, χ, capacità di un condensatore con dielettrico, campo elettrico e energia potenziale elettrostatica in presenza di dielettrici. Campo elettrico in un condensatore riempito in parte di dielettrico. Polarizzazione dei dielettrici. Aspetti microscopici della polarizzazione di un dielettrico. Vettore di polarizzazione. Dielettrici omogenei e non omogenei. Equazioni generali elettrostatica in presenza di dielettrici. Esercizi. (6 ore) Conduzione elettrica. Corrente elettrica. Legge di Ohm generalizzata. Modello di Drude per la conduzione elettrica. Equazione di continuità. Corrente Elettrica stazionaria. Legge di Ohm. Trasferimento di potenza ad un resistore. Effetto Joule. Corrente di spostamento. Forza elettromotrice. (5 ore) LC Generatori ideali di tensione e corrente. Generatori reali Principi di Kirchhoff. Teorema di sovrapposizione Circuiti equivalenti Teoremi di Thevenin e Norton (4 ore) LC Misure di intensità di corrente e di tensione elettrica. L'amperometro e il voltmetro. Misure di resistenza con amperometro e voltmetro. Criterio di shunt. Il ponte di Wheatstone. (4 ore) LC Esperienza in laboratorio: Resistenza interna di un generatore di tensione e verifica sperimentale del teorema di Thevenin (4 ore) LC Introduzione alla risoluzione di circuiti in regime di correnti variabili nel tempo. Il condensatore come elemento di circuito. Carica e scarica condensatori. La costante di tempo (4 ore) LC Esperienza in laboratorio: Carica e scarica del condensatore (4 ore) Campo magnetici: introduzione. Forza di Lorentz. Forza magnetica su di un conduttore percorso da corrente. Il Legge di Laplace. Forze su di una Spira in campo magnetico. Momento Magnetico di una spira. Energia di una spira in campo magnetico Teorema di equivalenza di Ampere. Moto di una particella in un campo magnetico costante. I Legge elementare di Laplace. Campo magnetico generato da un Filo di dimensioni finite. Legge di Biot-Savart. Campo magnetico generato da una spira circolare sull'asse. Campo magnetico in un solenoide. Forze di interazione tra fili percorsi da correnti. Legge di
----------	--

	Ampere. Forma locale della legge di Ampere. Equazione di Poisson per l'elettrostatica. Legge di Gauss per il campo magnetico. Espressione generale del campo magnetico B per un conduttore di forma qualsiasi percorso da corrente. Potenziale vettore. Trasformazione di gauge. Equazioni di Poisson per la magnetostatica. Esercizi (14 ore) Proprietà magnetiche della materia Permeabilità e suscettività magnetica Diamagneti, paramagneti e Ferromagneti. Meccanismi di magnetizzazione. Vettore di magnetizzazione e correnti amperiane. Equazioni generali per la magnetostatica in presenza di mezzi magnetizzati. Campi B e H alla superficie di separazione tra due mezzi. (5 ore) Esperienza di Faraday. Legge di Faraday-Neumann-Lenz in forma integrale. Campo elettrico generalizzato. Coefficiente di autoinduzione. Energia di un'induttanza e densità di energia del campo magnetico. Legge di Ampere-Maxwell. Equazioni di Maxwell in forma integrale. Esempi di calcolo di L per solenoide toroidale e cilindrico Equazione di continuità. Equazione di Maxwell forma locale. Esercizi (6 ore) LC Rappresentazione simbolica di una grandezza sinusoidale: derivata e integrale. Relazione tra tensione e corrente in corrente alternata. Impedenza complessa. Elementi passivi ideali. Principi di Kirchhoff in AC. Impedenza e impedenza equivalente in una rete passiva. (6 ore) LC Risoluzioni di circuiti. Funzione di trasferimento (attenuazione) di una rete passiva. Circuiti RC, CR, LR, RL. Filtri passa-alto e passa-basso. (6 ore) LC L'oscilloscopio analogico a tubo catodico: principi di funzionamento (2 ore) LC Esperienze in laboratorio: Circuito passa-basso RC in regime di corrente alternata sinusoidale (4 ore) LC Esperienze in laboratorio: Circuito passa-alto RL in regime di corrente alternata sinusoidale (4 ore) LC Circuito risonante RLC serie in regime di corrente alternata sinusoidale. Frequenza di risonanza. Banda passante. Fattore di merito. Circuito risonante RLC parallelo in regime di corrente alternata sinusoidale. Frequenza di risonanza. Banda passante. Fattore di merito (4 ore) LC Esperienza in laboratorio: Circuito risonante RLC serie in regime sinusoidale (4 ore) LC Circuiti derivatori e integratori in regime sinusoidale e con ingresso di tipo particolare (4 ore) LC Elementi reali di circuito: R, L e C (2 ore) Equazioni di Maxwell nel vuoto. Concetto di onda. Onde meccaniche ed em. Onde piane, equazione di D'Alembert, onde piane armoniche. Onde em piane armoniche. $E=cB$. E e B sono perpendicolari e sono perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda. Polarizzazione di un'onda e.m. lineare, circolare, ellittica, non polarizzata. Direzione generica della velocità di propagazione. Vettore di Poynting. Intensità di un'onda e.m. Onde sferiche. Propagazione di un'onda e.m. in un mezzo. Indice di rifrazione complesso. Cenni assorbimento di un'onda em. Spettro delle onde e.m. Cenni sul dipolo oscillante come esempio di sorgente em. (8 ore) Principio di Huygens-Fresnel Riflessione e rifrazione. Legge di Snell. Riflessione totale. Dispersione in un mezzo trasparente. Prisma Misura di n attraverso un prisma.
--	--

	Coefficienti di riflessione e di trasmissione. Angolo di Brewster. Incidenza normale. (4 ore) LC Principio di Fermat Interferenza prodotta da due fenditure. Esperienza di Young. Diffrazione da una fenditura e reticolo di diffrazione. (4 ore) LC Esperienza in laboratorio: Diffrazione da singola fenditura e da reticolo (4 ore) Introduzione all'ottica geometrica. Specchio sferico e piano. Diottro sferico e piano. Esercizi (6 ore)
--	--

English	Electric charge, discrete systems of charges, continuous charge distribution, electrostatic field, Gauss's theorem, relevant applications of Gauss's theorem. Maxwell's first equation in a vacuum for electrostatics. Exercises. (14 hours) Electrostatic potential. Notes on electrostatic potential energy. Potential generated by a point charge, by discrete and continuous systems of charges. Electrostatic field as a potential gradient. Equipotential surfaces. Maxwell's second equation for electrostatics. Electrostatic potential energy. Motion of a charge in an electrostatic field. Exercises (8 hours) Dipole approximation. Electrostatic potential and field. Dipole in a uniform electrostatic field. Exercises (2 hours) Conductors - Electrostatic screen. Capacitors. Capacitance. Special cases: spherical, cylindrical, plane- and parallel-faced capacitors. Electrostatic potential energy of a capacitor. Electrostatic energy density per unit volume. Capacitors in Series and Parallel. Exercises (10 hours) Dielectrics: Phenomenological Aspects. Definition of k, χ, capacitance of a capacitor with a dielectric, electric field, and electrostatic potential energy in the presence of dielectrics. Electric field in a capacitor partially filled with a dielectric. Polarization of dielectrics. Microscopic aspects of dielectric polarization. Polarization vector. Homogeneous and non-homogeneous dielectrics. General electrostatic equations in the presence of dielectrics. Exercises (6 hours) LC Ideal Voltage and Current Sources. Real Sources Kirchhoff's Principles. Superposition Theorem Equivalent Circuits. Thevenin and Norton Theorems (4 hours) LC Current and Voltage Measurements. The Ammeter and Voltmeter. Resistance Measurements with an Ammeter and Voltmeter. Shunt Criterion. The Wheatstone Bridge. (4 hours) LC Laboratory Experiment: Internal Resistance of a Voltage Source and Experimental Verification of Thevenin's Theorem (4 hours) LC Introduction to Circuit Solving with Time-Varying Currents. The Capacitor as a Circuit Element. Charging and Discharging Capacitors. The Time Constant (4 hours) LC Laboratory Experiment: Charging and Discharging Capacitors (4 hours) Magnetic Fields: Introduction. Lorentz Force. Magnetic Force on a Current-Carrying Conductor. Laplace's Second Law. Forces on a Loop in a Magnetic Field. Magnetic Moment of a Loop. Energy of a Loop in a Magnetic Field. Ampere's Equivalence Theorem. Motion of a Particle in a Constant Magnetic Field. Laplace's Elementary Law. Magnetic Field Generated by a Finite-Dimensional Wire. Biot-Savart's Law. Magnetic Field Generated by a Circular Loop on an Axis. Magnetic Field in a Solenoid. Interaction Forces Between Current-Carrying Wires. Ampere's Law. Local Form of Ampere's Law. Poisson's Equation for Electrostatics. Gauss's Law for the Magnetic Field. General Expression of the Magnetic Field B for a Current-Carrying Conductor of Any Shape. Vector Potential. Gauss Transformation. Poisson Equations for Magnetostatics. Exercises (14 hours)
---------	--

Magnetic Properties of Matter: Permeability and Magnetic Susceptibility: Diamagnets, Paramagnets, and Ferromagnets. Magnetization Mechanisms. Magnetization Vector and Amperian Currents. General Equations for Magnetostatics in the Presence of Magnetized Media. B and H fields at the boundary between two media. (5 hours)

Faraday's experiment. Integral form of the Faraday-Neumann-Lenz law. Generalized electric field. Self-induction coefficient. Energy of an inductor and energy density of a magnetic field. Ampere-Maxwell's law. Integral form of Maxwell's equations. Examples of calculating L for a toroidal and cylindrical solenoid. Continuity equation. Local form of Maxwell's equation. Exercises (6 hours)

LC Symbolic representation of a sinusoidal quantity: derivative and integral. Relationship between voltage and current in AC. Complex impedance. Ideal passive elements. Kirchhoff's principles in AC. Impedance and equivalent impedance in a passive network. (6 hours)

LC Circuit solutions. Transfer function (attenuation) of a passive network. RC, CR, LR, RL circuits. High-pass and low-pass filters. (6 hours)

LC The analog cathode ray tube oscilloscope: operating principles (2 hours)

LC Laboratory experiments: RC low-pass circuit in sinusoidal AC current (4 hours)

LC Laboratory experiments: RL high-pass circuit in sinusoidal AC current (4 hours)

LC Series RLC resonant circuit in sinusoidal AC current. Resonant frequency. Bandwidth. Factor of merit. Parallel RLC resonant circuit in sinusoidal AC regime. Resonant frequency. Bandwidth. Qualitative factor (4 hours)

LC Laboratory experience: Series RLC resonant circuit in sinusoidal regime (4 hours)

LC Differential and integrating circuits in sinusoidal regime and with special input types (4 hours)

LC Real circuit elements: R, L, and C (2 hours)

Maxwell's equations in vacuum. The concept of a wave. Mechanical and electromagnetic waves. Plane waves, D'Alembert's equation, harmonic plane waves. Harmonic plane electromagnetic waves. $E=cB$. E and B are perpendicular and perpendicular to the direction of propagation of the wave. Polarization of a linear, circular, elliptical, and unpolarized electromagnetic wave. General direction of propagation velocity. Poynting vector. Intensity of an electromagnetic wave. Spherical waves. Propagation of an electromagnetic wave. in a medium. Complex refractive index. Notes on the absorption of an electromagnetic wave. Spectrum of electromagnetic waves. Notes on the oscillating dipole as an example of an electromagnetic source. (8 hours)

Huygens-Fresnel principle. Reflection and refraction. Snell's law. Total reflection. Dispersion in a transparent medium. Prism. Measurement of n through a prism. Reflection and transmission coefficients. Brewster's angle. Normal incidence. (4 hours)

LC Fermat's principle. Interference produced by two slits. Young's experiment. Diffraction from a slit and a diffraction grating. (4 hours)

	LC Lab experiment: Single-slit and grating diffraction (4 hours) Introduction to geometric optics. Spherical and plane mirrors. Spherical and plane diopeters. Exercises (6 hours)
--	--

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	1) Mazzoldi- Nigro- Voci : Elementi di Fisica (elettromagnetismo e onde) 2) Dispense reperibili sul sito web del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Sapienza: a. M. Alessio e S. Improta, Appunti delle lezioni di Esperimentazione di Fisica II, Misure in corrente continua e alternata b. G. D'Agostini, Circuiti elettrici 3) F.W. Sears, Ottica, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 4) Dispense su oscilloscopio e propagazione degli errori fornite a lezione
English	1) Mazzoldi- Nigro- Voci : Elementi di Fisica (elettromagnetismo e onde) 2) Dispense reperibili sul sito web del Dipartimento di Fisica dell'Università di Roma Sapienza: a. M. Alessio e S. Improta, Appunti delle lezioni di Esperimentazione di Fisica II, Misure in corrente continua e alternata b. G. D'Agostini, Circuiti elettrici 3) F.W. Sears, Ottica, Casa Editrice Ambrosiana, Milano 4) Dispense su oscilloscopio e propagazione degli errori fornite a lezione

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

Italiano	Didattica frontale condotta in aula mediante uso della lavagna e del gesso in modo da dare il tempo agli studenti di riflettere sulle derivazioni matematico-fisiche degli argomenti trattati e di formulare appropriate domande al docente. Il ricorso a mezzi audiovisivi è limitato alla presentazione di argomenti specifici che necessitano illustrazione e discussione di figure e dati. Il corso prevede esercizi risolti in classe dal docente allo scopo, tra l'altro di dare adeguati strumenti in vista dell'esame scritto. Inoltre prevede esercitazioni di laboratorio per imparare a usare la strumentazione di base, per essere in grado di realizzare semplici circuiti elettrici e di studiarne il comportamento, nonché misure di ottica lineare. Le esercitazioni di laboratorio si svolgono in gruppi di due o tre studenti.
English	Frontal lectures done in the classroom using the blackboard and chalk in order to give students time to reflect on the mathematical-physical derivations of the topics covered and to formulate appropriate questions to the teacher. The use of audiovisual media is limited to the presentation of specific topics that require illustration and discussion of figures and data. The course includes exercises solved in class by the teacher with the aim, among other things, of providing adequate tools for the written exam. The course includes laboratory exercises to learn how to use the basic instrumentation, to be able to create simple electrical circuits and to study their behavior, as well as linear optical measurements. Laboratory exercises are held in groups of two or three students.

MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	La frequenza regolare delle lezioni frontali del corso non è obbligatoria ma è molto consigliata al fine di facilitare l'apprendimento delle derivazioni matematico-fisiche trattate nel corso, mentre si richiede l'obbligo di frequenza per almeno due terzi delle esperienze di laboratorio previste. Le lezioni sono svolte nelle aule del dipartimento
English	The regular attendance of the course is not mandatory but it is highly recommended in order to facilitate the learning of the mathematical-physical derivations dealt within the course, while compulsory attendance is required for at least two thirds of the laboratory experiences. Lessons are held in the classrooms of the department

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

Paola Castrucci, Luca Camilli

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	La verifica dell'apprendimento avviene attraverso il superamento di una prova finale orale, una sufficienza ottenuta nelle prove e relazioni di laboratorio, una sufficienza ottenuta nella prova scritta. Nel caso in cui lo studente non abbia raggiunta la sufficienza in almeno il 75% delle prove/relazioni di laboratorio o nel caso in cui lo studente non sia stato presente alle stesse, oltre alla prova orale finale sarà prevista una prova pratica. La prova scritta finalizzata ad accertare la conoscenza e la comprensione dei principali concetti dell'Elettromagnetismo e dell'ottica geometrica. La prova orale accerterà l'acquisizione delle conoscenze e delle abilità attese e consiste in una discussione con domande su tutti gli argomenti del programma. Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi e sarà una media pesata dei voti alle risposte sulle tematiche principali del programma, dello scritto e delle relazioni di laboratorio (o della prova di laboratorio). Le relazioni, mediate, peseranno un quarto, la prova scritta peserà un quarto, mentre il voto della prova orale peserà per 1/2 sul voto finale. Analogamente, in caso di prova pratica, questa peserà un quarto del voto finale. I criteri di cui si terrà conto per la formulazione del voto saranno: livello delle conoscenze del programma, capacità di ragionamento, capacità di collegamento ed integrazione con le conoscenze pregresse, abilità di linguaggio e correttezza dell'uso della lingua. Per il superamento dell'esame è richiesto un voto non inferiore a 18/30. La valutazione sarà effettuata secondo i seguenti criteri: Non idoneo: conoscenza insufficiente degli argomenti fondamentali dell'insegnamento e limitata capacità di interpretazione degli argomenti trattati nel corso.
----------	---

	18-21: lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina, modo di esprimersi e linguaggio sufficientemente corretti e appropriati. 22-25: lo studente ha acquisito in maniera approfondita i concetti di base della disciplina, ed è adeguatamente in grado di effettuare i collegamenti fra le varie materie. Presenta linearità nella strutturazione del discorso. Il linguaggio è appropriato e corretto. 26-29: lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e ben strutturato. È in grado di applicare e rielaborare in maniera autonoma, senza alcun errore, le conoscenze acquisite. Evidenzia ricchezza di riferimenti e capacità logico-analitiche con un linguaggio fluido, appropriato e vario. 30 e 30 e lode: lo studente possiede un bagaglio di conoscenze completo e approfondito. Sa applicare conoscenze a casi e problemi complessi ed estenderle a situazioni nuove. I riferimenti culturali sono ricchi e aggiornati. Si esprime con brillantezza e perfetta proprietà di linguaggio.
English	Learning assessment is achieved through a final oral exam, a passing grade in the laboratory tests and reports, and a passing grade in the written exam. If the student fails to achieve a passing grade in at least 75% of the laboratory tests/reports, or if the student is absent from the exam, a practical exam will be administered in addition to the final oral exam. The written exam is designed to assess knowledge and understanding of the main concepts of electromagnetism and geometric optics. The oral exam will assess the acquisition of the expected knowledge and skills and consists of a discussion with questions on all topics covered in the program. The exam score is awarded using a grade out of 30 and will be a weighted average of the grades for the answers to the main topics covered in the program, the written exam, and the laboratory reports (or laboratory test). The laboratory reports, averaged, will carry one-quarter of the final grade, the written exam will carry one-quarter of the final grade, and the oral exam mark will carry half of the final grade. Similarly, in the case of a practical test, this will weigh a quarter of the final grade. The criteria used to determine the grade will be: knowledge of the program, reasoning ability, ability to connect and integrate with prior knowledge, language skills, and correct use of the language. A passing grade of 18/30 is required. The evaluation will be based on the following criteria: Failure: Insufficient knowledge of the fundamental topics covered in the course and limited ability to interpret the topics covered in the course. 18-21: The student has acquired the basic concepts of the subject, using sufficiently correct and appropriate language and expression. 22-25: The student has thoroughly acquired the basic concepts of the subject and is adequately able to make connections between the various subjects. The student's discourse is structured linearly. The language is appropriate and correct. 26-29: The student possesses a complete and well-structured knowledge base. The student is able to independently apply and rework the acquired knowledge, without any errors. Demonstrates a wealth of references and logical-analytical skills with fluent, appropriate, and varied language. 30/30 cum laude: The student possesses a comprehensive and in-depth knowledge base. He or she can apply knowledge to complex cases and problems and extend it to new situations. Cultural references are rich and up-to-date. He or she expresses himself or herself brilliantly and with perfect command of language.