

## METODI MATEMATICI

### MATHEMATICAL METHODS

<b>A.A.</b>	2025/2026	<b>CdS</b>	Laurea triennale in Scienza dei Materiali
<b>Codice</b>	8066171	<b>Canale</b>	unico
<b>CFU</b>	6	<b>Lingua</b>	Italiano

#### DOCENTE RESPONSABILE

**ENRICO PERFETTO**

#### CODOCENTE

**Massimo Tomellini**

#### OBIETTIVI FORMATIVI

<b>Italiano</b>	<p><b>OBIETTIVI FORMATIVI:</b></p> <p>Il corso è volto a completare la formazione di base nel campo della matematica , indispensabile per i corsi professionalizzati del corso di laurea in Scienza dei Materiali. L'obiettivo del corso è quello di fornire gli strumenti matematici che sono alla base dello sviluppo della teoria della chimica-fisica moderna, ovvero della meccanica quantistica e della fisica statistica. L' impostazione del corso è di carattere prevalentemente applicativo; questo al fine di fornire agli studenti le conoscenze e le metodologie matematiche che sono necessarie per la risoluzione dei problemi delle scienze fisiche e chimiche.</p> <p><b>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:</b></p> <p>Le lezioni vertono sulle principali metodologie matematiche in uso nella moderna scienza dei materiali dove è sempre più importante l' impiego della meccanica quantistica. In particolare, la teoria degli spazi funzionali e degli operatori, del calcolo delle trasformate integrali, delle equazioni differenziali e delle funzioni di variabile complessa sono le tematiche principali delle lezioni. In questa maniera il corso intende fornire allo studente le conoscenze matematiche che sono indispensabili per una profonda comprensione degli argomenti di fisica atomica e molecolare e della chimica-fisica dello stato solido.</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO:</b> Lo studente dovrà dimostrare di sapere comprendere e interpretare in maniera autonoma e critica le conoscenze acquisite, in modo da essere in grado di collegare e integrare i vari aspetti della materia; questo contesto lo studente dovrà tradurre il problema chimico/fisico in quello matematico identificando la metodologia appropriata per la sua risoluzione.</p> <p><b>ABILITÀ COMUNICATIVE:</b> Lo studente dovrà essere in grado di comunicare in modo chiaro, corretto e privo di ambiguità le proprie conoscenze acquisite durante il corso. Questo aspetto verrà promosso dedicando 10-15 minuti di ogni lezione alla revisione, e all'eventuale chiarificazione, dei concetti acquisiti nel corso della lezione precedente e stimolando gli studenti alla partecipazione di una discussione di classe.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:</b> Lo studente dovrà aver acquisito capacità adeguate per lo sviluppo e approfondimento di competenze nell'ambito dei metodi matematici della fisica e chimica. La valutazione della capacità di apprendimento viene valutata in occasione degli esami e, in itinere, durante i 15 minuti di discussione pianificati all'inizio di ogni lezione. Le lezioni vertono sulle principali metodologie matematiche in uso nella moderna scienza dei</p>
-----------------	---



	<p>materiali dove è sempre più importante l'impegno della meccanica quantistica. In particolare, la teoria degli spazi funzionali e degli operatori, del calcolo delle trasformate integrali, delle equazioni differenziali e delle funzioni di variabile complessa sono le tematiche principali delle lezioni. In questa maniera il corso intende fornire allo studente le conoscenze matematiche che sono indispensabili per una profonda comprensione degli argomenti di fisica atomica e molecolare e della chimica-fisica dello stato solido.</p>
Inglese	<p><b>LEARNING OUTCOMES:</b> <i>The aim of the course is to complete the scientific learning of the students with the knowledge on mathematical methods which are fundamental in modern Physics and Chemistry, where Quantum Mechanics and Statistical Thermodynamics play an important role. The course is mainly applicative and it is aimed at providing the students with the mathematical methods needed to tackle problems in the physical and chemical sciences.</i></p> <p><b>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> <i>The lessons are aimed at providing the students with the mathematical methods usually employed in Materials Science where Quantum Mechanics is currently playing an important role. The topics of the lessons span from the theory of function space, the operational calculus, the integral transforms, the differential equations and the theory of functions of complex variables. In this way, the students will acquire the learning knowledge in mathematics indispensable for a deep understanding of the main issues of atomic and molecular physics, as well as of the physical-chemistry of solids.</i></p> <p><b>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> <i>The students should be skilled to single out the most suitable approach to achieve the solution of a given mathematical problem.</i></p> <p><b>MAKING JUDGEMENTS:</b> <i>The students should have the skill to employ the knowledge acquired during the course of Mathematical Methods to identify the right approach to solve a given mathematical problem. In the student carrier as Materials Scientist this ability is required since in Materials Science Physics/Chemistry problems have to be elaborated, and solved, within a mathematical framework.</i></p> <p><b>COMMUNICATION SKILLS:</b> <i>We pay particular attention to the rigorous and understandable usage of the mathematical formalism learned during the lessons.</i></p> <p><b>LEARNING SKILLS:</b> <i>The Students are encouraged to use specialized textbooks also for studying the same topics. This is for a better learning of the matters and, at the same time, for improving their critical analysis. For the present course the learning skill is improved by solving mathematical exercises on the various topics faced during the lessons.</i></p>

## PREREQUISITI

Italiano	Nozioni di calcolo differenziale ed integrale per funzioni di una e più variabili. Elementi di geometria analitica.
Inglese	<i>Fundamentals of integral and differential calculus and geometry.</i>

**PROGRAMMA**

<p><b>Italiano</b></p>	<p>Modulo 1 Spazi vettoriali a dimensione finita (15 ore) Spazi Metrici; Spazi vettoriali a dimensione finita <math>C_n</math>. Disuguaglianza di Schwarz. Dipendenza lineare: metodo di ortonormalizzazione di Gram-Schmidt. Operatori lineari. Autovalori e autovettori di matrici: diagonalizzazione. Funzioni di matrice. Matrici Hermitiane. Cambiamenti di base. Spazi vettoriali a dimensione infinita (24 ore) Spazi funzionali. Operatori lineari nello spazio <math>L_2</math>. Notazione di Dirac. Problemi agli autovalori in <math>L_2</math>. Relazioni di completezza e sviluppo in serie di funzioni. Disuguaglianza di Bessel; uguaglianza di Parseval.</p> <p>Modulo 2 Equazioni differenziali del I e del II ordine. Sistemi di equazioni differenziali lineari. (20 ore) Sviluppo in serie di Fourier (esponenziale, trigonometrica) e Trasformata di Fourier. (5ore) Funzioni di variabile complessa. Funzioni analitiche: condizioni di Cauchy-Riemann. Integrale di Cauchy. Sviluppo in serie di Laurent. Teorema dei residui. Calcolo di integrali definiti mediante integrazione in campo complesso. Operatori differenziali in coordinate curvilinee ortogonali; divergenza, gradiente, Laplaciano. (13ore)</p>
<p><b>Inglese</b></p>	<p><i>First part</i> <i>Finite Dimensional Vector Spaces (15 hours)</i> <i>Metric Spaces; Finite Dimensional Vector Spaces <math>C_n</math>. Schwarz Inequality. Linear Dependence: Gram-Schmidt Orthonormalization Method. Linear Operators. Eigenvalues and Eigenvectors of Matrices: Diagonalization. Matrix Functions. Hermitian Matrices. Change of Basis.</i> <i>Infinite Dimensional Vector Spaces (24 hours)</i> <i>Functional Spaces. Linear Operators in <math>L_2</math> Space. Dirac Notation. Eigenvalue Problems in <math>L_2</math>. Completeness Relations and Series Expansion of Functions. Bessel's Inequality; Parseval's Equality. Fourier Series Expansion.</i></p> <p><i>Second Part</i> <i>First and Second Order Differential Equations. Systems of Linear Differential Equations. (20 h) Fourier Series Expansion (exponential, trigonometric) and Fourier Transform. (5 h) Functions of a Complex Variable. Analytic Functions: Cauchy-Riemann Conditions. Cauchy Integral. Laurent Series Expansion. Residue Theorem. Calculation of Definite Integrals by Integration in the Complex Plane.</i> <i>Differential Operators in Orthogonal Curvilinear Coordinates; Divergence, Gradient, Laplacian. (13 h)</i></p>

**TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA**

<p><b>Italiano</b></p>	<p>V.I. Smirnov, Corso di Matematica Superiore volume II e III (Editori Riuniti Univ. Press) G. Cicogna, Metodi matematici per la fisica, Springer 2008 A.N. Kolmogorov, S.V. Fomin, Elementi di teoria delle funzioni e di analisi funzionale (edizioni Mir 1980)  Bibliografia di riferimento: V.I. Smirnov, Corso di Matematica Superiore volume II e III (Editori Riuniti Univ. Press) C. Bernardini, O. Ragnisco, P. Santini: Metodi matematici per la fisica, Carocci 1993 G. Cicogna, Metodi matematici per la fisica, Springer 2008 A.N. Kolmogorov, S.V. Fomin, Elementi di teoria delle funzioni e di analisi funzionale (edizioni Mir 1980)</p>
<p><b>Inglese</b></p>	<p><i>V.I. Smirnov, Corso di Matematica Superiore volume II e III (Editori Riuniti Univ. Press)</i> <i>G. Cicogna, Metodi matematici per la fisica, Springer 2008</i></p>

	<p>A.N. Kolmogorov, S.V. Fomin, <i>Elementi di teoria delle funzioni e di analisi funzionale</i> (edizioni Mir 1980)</p> <p><i>Reference Bibliography:</i>  V.I. Smirnov, <i>Corso di Matematica Superiore volume II e III</i> (Editori Riuniti Univ. Press)  C. Bernardini, O. Ragnisco, P. Santini: <i>Metodi matematici per la fisica</i>, Carocci 1993  G. Cicogna, <i>Metodi matematici per la fisica</i>, Springer 2008  A.N. Kolmogorov, S.V. Fomin, <i>Elementi di teoria delle funzioni e di analisi funzionale</i> (edizioni Mir 1980)</p>
--	--

### MODALITÀ DI SVOLGIMENTO

Italiano	Lezioni frontali con lezioni di teoria alternate a lezioni di esercitazioni. All'inizio di ogni lezione e durante la stessa sarà stimolata la discussione sugli argomenti precedentemente trattati o in corso di trattazione, ponendo domande per verificare il livello di comprensione e apprendimento raggiunto.
Inglese	<i>Frontal lessons with lessons of theory alternating with training lessons. At the beginning of each lesson and during the same the discussion will be stimulated on the topics previously treated or being discussed, asking questions to verify the level of understanding and learning achieved.</i>

### MODALITÀ DI VALUTAZIONE

#### Prova scritta Prova orale

Italiano	<p>La verifica dell'apprendimento prevede una prova d'esame scritta che consta nella risoluzione di esercizi e di una prova orale. I criteri che sono alla base della verifica sono i seguenti:</p> <p>capacità di impostare il procedimento di risoluzione dell' esercizio senza errori concettuali; capacità di risoluzione dei problemi proposti senza errori di calcolo;</p> <p>Non idoneo: importanti carenze e/o inaccuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni.</p> <p>18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.</p> <p>21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente.</p> <p>24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso.</p> <p>27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio.</p> <p>30-30L: 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.</p>
Inglese	<i>The verification of the learning outcomes consists of a written examination, consisting of mathematical exercises, and an oral examination. The criteria used to check the learning outcomes are the following:</i>

	<p><i>The capability to solve the problem through a computation pathway without any "conceptual" error;</i></p> <p><i>The capability to solve the proposed problems without any "computational" error;</i></p> <p><i>Unsuitable: important deficiencies and/or inaccuracies in the knowledge and understanding of the topics; limited analytical and synthesis skills, frequent generalizations.</i></p> <p><i>18-20: sufficient knowledge and understanding of the topics with some possible imperfections; sufficient analytical skills, synthesis and autonomy of judgment.</i></p> <p><i>21-23: Routine knowledge and understanding of routine topics; Ability to analyze and synthesize correctly with coherent logical argumentation.</i></p> <p><i>24-26: Discrete knowledge and understanding of the topics; good analysis and synthesis skills with arguments rigorously expressed.</i></p> <p><i>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable skills of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment.</i></p> <p><i>30-30L: Excellent level of knowledge and understanding of the topics. Remarkable analytical and synthesis skills and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way.</i></p>
--	---

## MODALITÀ DI FREQUENZA

### Frequenza facoltativa

<b>Italiano</b>	Gli studenti sono fortemente consigliati a seguire le lezioni del corso per ottimizzare l'apprendimento.
<i>Inglese</i>	<i>Students are strongly advised to follow the lessons of the course to optimize learning.</i>