

Testi del Syllabus

Resp. Did. **BONACCORSI PAOLA MARIA** Matricola: **009099**

Docente **BONACCORSI PAOLA MARIA, 10 CFU**

Anno offerta: **2026/2027**

Insegnamento: **1002 - CHIMICA ORGANICA I**

Corso di studio: **7026R - CHIMICA E TECNOLOGIA FARMACEUTICHE**

Anno regolamento: **2025**

CFU: **10**

Anno corso: **2**

Periodo: **PRIMO SEMESTRE**



Testi in italiano

Lingua insegnamento ITALIANO

Contenuti

La struttura chimica e il legame chimico: i legami covalenti; orbitali ibridi; strutture di risonanza. Gli acidi e le basi: acidi e basi di Bronsted-Lowry; acidi e basi di Lewis; nucleofilia ed elettrofilia; la simbologia delle frecce curve. Le reazioni in chimica organica: generalità.

Alcani: nomenclatura; isomeri costituzionali; isomeri conformazionali; gli intermedi radicalici; i cicloalcani e la loro stereochimica.

Alcheni: generalità; nomenclatura; isomeria cis e trans; isomeria E e Z; addizione elettrofila al doppio legame; la regola di Markovnikov; conversione di alcheni in alogenuri alchilici (meccanismo ionico e radicalico) ed in alcoli; carbocationi; ossidazioni e riduzioni del legame insaturo. Epossidazione di alcheni.

Alchini: generalità; nomenclatura; acidità degli alchini; addizione elettrofila al triplo legame e equilibrio cheto-enolico; riduzione e ossidazione degli alchini.

Sistemi allilici e coniugati: Addizione di acidi alogenidrici a dieni coniugati. Reazioni di sostituzione allilica.

Il benzene ed i composti aromatici: generalità; nomenclatura; il concetto di aromaticità; la regola di Hückel; la sostituzione elettrofila aromatica; gruppi attivanti e disattivanti; i fenoli: acidità. Alcuni eterocicli aromatici: nomenclatura e reattività. Alcuni esempi di sostituzione nucleofila aromatica.

La stereochimica: concetto di chiralità; lo stereocentro; stereoisomeri; diastereoisomeri; enantiomeri; configurazioni assolute R e S; proprietà fisiche degli enantiomeri; i racemi; i composti meso; molecole chirali con più di uno stereocentro; proiezioni di Fisher. Risoluzione enantiomerica.

Alogenuri alchilici: generalità; nomenclatura; le sostituzioni nucleofile SN1 e SN2 e le eliminazioni E1 e E2 - meccanismi e stereochimica. Effetto sul meccanismo di: substrato, gruppo uscente, nucleofilo, solvente.

Reattivi di organolitio, e di Grignard.

Alcoli: generalità; nomenclatura; acidità degli alcoli; disidratazione degli alcoli; la regola di Zaitsev; reazioni con acidi alogenidrici; ossidazione e riduzione di alcoli. Dioli

Eteri: sintesi di Williamson; gli epossidi i tioli e i solfuri: generalità, nomenclatura. Reazioni di sostituzione nucleofila degli epossidi.

Aldeidi e chetoni: generalità; nomenclatura; le reazioni di addizione nucleofila al carbonile: formazione del legame C-C; la formazione di emiacetali, acetali, immine ed enammine; ossidazioni e riduzioni di

aldeidi e chetoni.

Acidi carbossilici e i derivati degli acidi carbossilici: generalità; nomenclatura; le reazioni di sostituzione nucleofila acilica; conversione degli acidi carbossilici in esteri, alogenuri acilici e ammidi; riduzione degli acidi carbossilici; reattività dei derivati degli acidi carbossilici; nomenclatura; idrolisi degli esteri; idrolisi delle ammidi.

La chimica degli ioni enolato: la condensazione aldolica; la condensazione aldolica incrociata; la condensazione di Claisen.

Composti carbonilici α,β -insaturi.

Composti β -dicarbonilici e loro reazioni come carboanioni: Sintesi acetoacetica. Sintesi malonica. Reazione di Michael.

Ammine: generalità sulla struttura e sulle proprietà; nomenclatura; basicità delle ammine; sali di ammonio quaternari; reazioni di alchilazione e acilazione delle ammine. Sintesi di Gabriel. Amminazione di alogenuri arilici. Riarrangiamenti di Curtius e Hofmann. Preparazione sali di diazonio, diazocopolazione, e cenni sulle reazioni di sostituzione.

Testi di riferimento

W. H. Brown, C. S. Foote, B.L. Iverson, E. V. Anslyn, Chimica Organica - EdiSES.

B. Botta, Chimica Organica - Edi-ermes.

P. Y. Bruice, Chimica Organica, EdiSES.

T. W. Solomons Graham e Craig B. Fryhle, Chimica organica - Zanichelli.

J. McMurry, Chimica organica - Piccin-Nuova Libreria.

Obiettivi formativi

L'insegnamento si propone di fornire allo studente le conoscenze fondamentali della chimica organica, con particolare riferimento alla nomenclatura IUPAC delle principali classi di composti, alla struttura e reattività dei gruppi funzionali, ai meccanismi delle principali reazioni organiche e ai fondamenti della stereochemica. Il corso mira, inoltre, a sviluppare la capacità di correlare struttura, proprietà e reattività delle molecole organiche e di interpretarne il comportamento chimico.

Conoscenza e capacità di comprensione

Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà:

- comprendere la struttura e il legame chimico nelle molecole organiche, inclusi i concetti di ibridazione, risonanza, acidità e basicità, e padroneggiare le regole di nomenclatura IUPAC;
- conoscere le proprietà fisiche e la reattività delle principali classi di idrocarburi e composti monofunzionali e polifunzionali;
- riconoscere le caratteristiche tridimensionali delle molecole attraverso lo studio della stereochemica;
- conoscere i meccanismi molecolari delle reazioni organiche fondamentali, incluse addizioni, sostituzioni, eliminazioni e reazioni di riarrangiamento;
- comprendere la chimica dei carbanioni e le reazioni di condensazione dei composti carbonilici e beta-dicarbonilici.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine dell'insegnamento lo studente sarà in grado di:

- assegnare correttamente il nome IUPAC e la configurazione stereochemica a molecole organiche anche complesse.
- prevedere i prodotti principali di una reazione chimica, inclusa la loro regioselettività e stereochemica, sulla base della struttura dei reagenti e delle condizioni di reazione;
- rappresentare graficamente i meccanismi di reazione attraverso l'uso corretto delle frecce curve, descrivendo lo spostamento degli elettroni e la stabilità degli intermedi;
- valutare l'influenza dei fattori strutturali e ambientali sul decorso e sulla competizione tra diversi meccanismi di reazione;
- progettare semplici sequenze sintetiche e approcci retrosintetici per l'ottenimento di molecole organiche d'interesse, utilizzando reazioni di interconversione di gruppi funzionali e di formazione di legami carbonio-carbonio.

Prerequisiti

Lo studente deve possedere conoscenze di chimica generale. Propedeuticità: Chimica generale, inorganica e stechiometria

Metodi didattici

Lezioni frontali (8 CFU) con l'utilizzo di presentazioni power-point e spiegazioni alla lavagna, integrate dall'impiego di modelli molecolari tridimensionali. Il percorso didattico introduce i concetti cardine della chimica organica: interazioni acido-base, sistemi nucleofili ed elettrofili,

utilizzo formale delle frecce curve e flussi elettronici nelle reazioni. Vengono trattate la nomenclatura IUPAC, la classificazione dei composti organici e la reattività dei principali gruppi funzionali, con particolare attenzione alla descrizione dettagliata dei meccanismi di reazione e ai principi della stereochimica.

Esercitazione numeriche (2 CFU). L'attività pratica prevede lo svolgimento in aula di esercizi guidati dal docente e sessioni interattive che vedono il coinvolgimento diretto degli studenti sugli argomenti chiave del programma. Le esercitazioni seguono la tipologia e lo schema dei quesiti proposti nella prova scritta d'esame. Ampio spazio è dedicato agli approcci sintetici per la costruzione di molecole, allenando lo studente all'analisi critica del problema sintetico, alla valutazione delle strategie idonee e alla risoluzione logica del quesito.

La frequenza alle attività didattiche è obbligatoria. Sono consentite assenze per non più del 50% delle ore complessivamente previste per l'insegnamento. L'assolvimento dell'obbligo di frequenza costituisce requisito per l'ammissione all'esame di profitto. La frequenza è accertata mediante il sistema informatico di rilevazione delle presenze adottato dall'Ateneo.

Altre informazioni

L'insegnamento fornisce le basi molecolari, stereochimiche e meccanicistiche indispensabili per la progettazione e la sintesi di molecole terapeutiche, rispondendo direttamente all'obiettivo di garantire la salute e il benessere collettivo (SDG 3). Inoltre, attraverso un percorso didattico rigoroso focalizzato sul problem solving e sull'analisi critica, il corso promuove un'istruzione scientifica di alta qualità (SDG 4), preparando figure professionali altamente qualificate nel settore farmaceutico e pronte ad affrontare le sfide globali della sostenibilità.

Modalità di verifica dell'apprendimento

L'accertamento delle competenze avviene esclusivamente tramite una prova finale, articolata in due fasi sequenziali: una prova preliminare scritta e una successiva prova orale. Non sono previste prove di valutazione in itinere durante lo svolgimento del corso. La prova scritta preliminare, composta da quesiti a risposta aperta e schemi di reazione, è mirata a verificare i requisiti minimi di conoscenza della materia. Questa prova non concorre alla formulazione del voto in trentesimi, ma prevede una valutazione di "idoneità". Il conseguimento dell'idoneità è fortemente raccomandato per l'accesso alla prova orale. Il voto finale dell'insegnamento sarà assegnato al termine della prova orale. La valutazione finale terrà conto dei seguenti criteri, strettamente correlati ai risultati di apprendimento attesi:

grado di approfondimento e accuratezza della preparazione raggiunta sul programma del corso;

capacità di applicare i concetti teorici alla risoluzione di problemi sintetici e meccanicistici;

proprietà di linguaggio scientifico e corretto utilizzo della terminologia chimica;

chiarezza espositiva, rigore logico e capacità di collegamento critico tra i diversi argomenti trattati.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------



Testi in inglese

	Italian
	Chemical structure and chemical bonding: covalent bonds; hybrid orbitals; resonance structures. Acids and bases: Brønsted-Lowry acids and bases; Lewis acids and bases; nucleophilicity and electrophilicity; curved arrow notation. Reactions in organic chemistry: general overview. Alkanes: nomenclature; constitutional isomers; conformational isomers;

radical intermediates; cycloalkanes and their stereochemistry.

Alkenes: general overview; nomenclature; cis/trans isomerism; E/Z isomerism; electrophilic addition to the double bond; Markovnikov's rule; conversion of alkenes into alkyl halides (ionic and radical mechanisms) and into alcohols; carbocations; oxidation and reduction of the unsaturated bond. Epoxidation of alkenes.

Alkynes: general overview; nomenclature; acidity of alkynes; electrophilic addition to the triple bond and keto-enol tautomerism; reduction and oxidation of alkynes.

Allylic and conjugated systems: addition of hydrohalic acids to conjugated dienes. Allylic substitution reactions.

Benzene and aromatic compounds: general overview; nomenclature; the concept of aromaticity; Hückel's rule; electrophilic aromatic substitution; activating and deactivating groups; phenols: acidity. Aromatic heterocycles: nomenclature and reactivity. Examples of nucleophilic aromatic substitution.

Stereochemistry: the concept of chirality; stereocenters; stereoisomers; diastereomers; enantiomers; R and S absolute configurations; physical properties of enantiomers; racemates; meso compounds; chiral molecules with multiple stereocenters; Fischer projections. Enantiomeric resolution.

Alkyl halides: general overview; nomenclature; (S_N1) , (S_N2) nucleophilic substitutions and E1, E2 eliminations (mechanisms and stereochemistry). Effect on the reaction mechanism of: substrate, leaving group, nucleophile, and solvent.

Organolithium and Grignard reagents.

Alcohols: general overview; nomenclature; acidity of alcohols; dehydration of alcohols; Zaitsev's rule; reactions with hydrohalic acids; oxidation and reduction of alcohols. Diols.

Ethers: Williamson ether synthesis; epoxides, thiols, and sulfides: general overview and nomenclature. Nucleophilic substitution reactions of epoxides.

Aldehydes and ketones: general overview; nomenclature; nucleophilic addition reactions to the carbonyl group: C-C bond formation; formation of hemiacetals, acetals, imines, and enamines; oxidation and reduction of aldehydes and ketones.

Carboxylic acids and their derivatives: general overview; nomenclature; nucleophilic acyl substitution reactions; conversion of carboxylic acids into esters, acyl halides, and amides; reduction of carboxylic acids; reactivity of carboxylic acid derivatives; nomenclature; hydrolysis of esters; hydrolysis of amides.

The chemistry of enolate ions: aldol condensation; crossed aldol condensation; Claisen condensation.

α,β -Unsaturated carbonyl compounds.

β -Dicarbonyl compounds and their reactions as carbanions: acetoacetic ester synthesis. Malonic ester synthesis. Michael reaction.

Amines: general overview of structure and properties; nomenclature; basicity of amines; quaternary ammonium salts; alkylation and acylation reactions of amines. Gabriel synthesis. Amination of aryl halides. Curtius and Hofmann rearrangements. Preparation of diazonium salts, diazo coupling, and overview of substitution reactions.

W. H. Brown, C. S. Foote, B.L. Iverson, E. V. Anslyn, Chimica Organica - EdiSES.

B. Botta, Chimica Organica - Edi-ermes.

P. Y. Bruice, Chimica Organica, EdiSES.

T. W. Solomons Graham e Craig B. Fryhle, Chimica organica - Zanichelli.

J. McMurry, Chimica organica - Piccin-Nuova Libreria.

The course aims to provide students with the fundamental knowledge of organic chemistry, with particular emphasis on the IUPAC nomenclature of the main classes of compounds, the structure and reactivity of functional groups, the mechanisms of the principal organic reactions, and the fundamentals of stereochemistry. The course also aims to develop the ability to correlate the structure, properties, and reactivity of organic molecules, as well as to interpret their chemical behavior.

Knowledge and understanding

At the end of the course, the student will be able to:

- understand the structure and chemical bonding in organic molecules,

including the concepts of hybridization, resonance, acidity and basicity, and master the rules of IUPAC nomenclature;

- know the physical properties and reactivity of the main classes of hydrocarbons and mono- and polyfunctional compounds;
- recognize the three-dimensional features of molecules through the study of stereochemistry;
- know the molecular mechanisms of the fundamental organic reactions, including additions, substitutions, eliminations, and rearrangement reactions;
- understand the chemistry of carbanions and the condensation reactions of carbonyl and β -dicarbonyl compounds.

Applying knowledge and understanding

At the end of the course, the student will be able to:

- correctly assign the IUPAC name and stereochemical configuration to complex organic molecules
- predict the major products of chemical reactions, including their regioselectivity and stereochemistry, based on the structure of reactants and reaction conditions;
- graphically represent reaction mechanisms through the correct use of curved arrows, describing electron movement and the stability of intermediates;
- evaluate the influence of structural and environmental factors on the course and competition among different reaction mechanisms;
- design simple synthetic sequences and retrosynthetic approaches for the preparation of organic molecules of interest, using functional group interconversion and carbon-carbon bond-forming reactions.

The student must have knowledge of general chemistry.

Required exams: General, inorganic chemistry and stoichiometry.

Lectures (8 CFU): the course combines multimedia presentations (PowerPoint) and blackboard explanations, integrated with the use of 3D molecular models. The educational pathway introduces the core concepts of organic chemistry: acid-base interactions, nucleophilic and electrophilic systems, the formal use of curved arrow notation, and electron flow in reactions. Topics include IUPAC nomenclature, classification of organic compounds, and the reactivity of main functional groups, with a specific focus on detailed reaction mechanisms and the principles of stereochemistry.

Numerical and Guided Tutorials (2 CFU): practical activities include classroom exercises solved by the professor and interactive sessions actively involving students in the main topics of the program. These tutorials strictly follow the layout and structure of the exercises featured in the written examination. Significant emphasis is placed on synthetic approaches for molecule construction, training students in critical analysis of synthetic problems, evaluation of suitable strategic choices, and logical problem-solving.

Attendance of all educational activities is mandatory. Fulfilling the attendance requirement is mandatory for admission to the final examination; students must not exceed a maximum of 50% absences of the total course hours. Attendance is officially recorded through the University's electronic tracking system.

The course provides the essential molecular, stereochemical, and mechanistic foundations for the design and synthesis of therapeutic molecules, directly aligned with the goal of ensuring global health and well-being (SDG 3). Furthermore, through a rigorous educational framework focused on problem-solving and critical analysis, the course promotes high-quality scientific education (SDG 4), training highly qualified professionals for the pharmaceutical sector who are equipped to address global sustainability challenges.

Student assessment is conducted exclusively through a final examination, divided into two sequential phases: a preliminary written test followed by an oral exam. There are no mid-term (in-itinere) evaluation tests scheduled during the course. The preliminary written test, consisting of open-ended questions and reaction schemes, is aimed at verifying the minimum requisite knowledge of the subject. This test does not contribute directly to the final grade out of thirty but yields a

"pass/fail" (eligibility) evaluation. Achieving a "pass" is highly recommended to proceed to the oral exam. The final grade for the course will be officially assigned after the performance of the oral exam. The final grade will consider the following elements, strictly related to the expected learning outcomes:

- depth and accuracy of the knowledge acquired regarding the course program;
- ability to apply theoretical concepts to solve synthetic and mechanistic problems;
- command of scientific language and correct use of chemical terminology;
- clarity of exposition, logical rigor, and the ability to critically connect different topics.

Obiettivi per lo sviluppo sostenibile

Codice	Descrizione
--------	-------------