

DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

METODOLOGIE CATALITICHE IN CHIMICA ORGANICA

CATALYTIC METHODOLOGIES IN ORGANIC CHEMISTRY

INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

A.A.	2026-2027	CdS	CHIMICA (LM-54)
Codice	8068976	Canale	Unico
CFU	6 CFU	Lingua	Italiano/English if requested

DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA

DANIELE MAZZARELLA

OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI

Italiano	<p>OBIETTIVI FORMATIVI:</p> <p>Il corso si propone di fornire una conoscenza avanzata delle principali metodologie catalitiche sviluppate negli ultimi decenni nell'ambito della chimica organica.</p> <p>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPrensIONE:</p> <p>dimostrare di aver acquisito conoscenze e capacità di comprensione nel campo della catalisi organica tali da consentire una discussione approfondita dei principali argomenti trattati.</p> <p>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE:</p> <p>saper applicare le conoscenze e capacità di comprensione acquisite nel campo della catalisi organica per discutere i meccanismi e la reattività associati ai diversi modi di attivazione affrontati durante il corso.</p> <p>AUTONOMIA DI GIUDIZIO:</p> <p>capacità di raccogliere ed interpretare criticamente i dati sulla base delle conoscenze acquisite in modo tale da poter prevedere la reattività dei diversi modi di attivazione catalitici e applicarla nella sintesi di molecole organiche.</p> <p>ABILITÀ COMUNICATIVE:</p> <p>saper illustrare in modo sintetico ed analitico le caratteristiche principali dei diversi metodi catalitici affrontati durante il corso.</p> <p>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:</p> <p>aver acquisito una conoscenza degli aspetti principali del corso, in particolare per quanto riguarda la reattività e le proprietà dei diversi modi di attivazione catalitici, il loro impiego nella sintesi organica e saper correlare i diversi argomenti trattati durante il corso.</p>
<i>English</i>	<p>LEARNING OUTCOMES:</p> <p><i>The course aims to provide an advanced understanding of the main catalytic methodologies developed in organic chemistry over the last few decades.</i></p> <p>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</p>

	<p><i>Students should demonstrate that they have acquired knowledge and understanding in the field of organic catalysis sufficient to engage in an in-depth discussion of the main topics covered in the course.</i></p> <p>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</p> <p><i>Students should be able to apply the knowledge and understanding acquired in organic catalysis to discuss the mechanisms and reactivity associated with the various activation modes examined during the course.</i></p> <p>MAKING JUDGEMENTS:</p> <p><i>Students should be able to critically collect and interpret data based on the knowledge acquired, enabling them to predict the reactivity of different activation modes and apply this understanding to the synthesis of organic molecules.</i></p> <p>COMMUNICATION SKILLS:</p> <p><i>Students should be able to present, both concisely and analytically, the main characteristics of the various catalytic methods covered during the course.</i></p> <p>LEARNING SKILLS:</p> <p><i>Students should have acquired knowledge of the principal aspects of the course, particularly regarding the reactivity and properties of different catalytic activation modes, their application in organic synthesis, and the ability to relate and integrate the various topics covered throughout the course.</i></p>
--	---

PREREQUISITI

Italiano	Conoscenza degli argomenti trattati nel corso di Chimica Organica 1 e 2 (Laurea triennale in Chimica).
<i>English</i>	<i>Knowledge of the topics discussed in the course of Organic Chemistry 1 and 2 (first level degree in Chemistry)</i>

PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

Italiano	<p>1. Fondamenti di catalisi (2 ore)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concetto generale di catalisi, Ciclo catalitico, TON e TOF • Principi di catalisi asimmetrica • Tipologie di catalisi: organocatalisi, catalisi metallica omogenea, biocatalisi <p>2. Organocatalisi (10 ore)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduzione e modalità di attivazione (covalente e non covalente) • Catalisi via enammina e via imminio, applicazioni SOMO e reazioni multicomponenti • Catalisi via carbeni <i>N</i>-eterociclici (NHC) • Catalisi da acidi di Brønsted • Catalisi mediante tiouree e legame a idrogeno • Catalisi ACDC
-----------------	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Catalisi a trasferimento di fase <p>3. Catalisi metallica omogenea (18 ore)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Richiami di chimica organometallica: regola dei 18 elettroni e conteggio elettronico • Meccanismi fondamentali: addizione ossidativa, eliminazione riduttiva, inserzione migratoria, transmetallazione • Idrogenazioni catalitiche e transfer hydrogenation • Ossidazioni catalitiche: ossidazione di Stahl, diidrossilazione ed epossidazione di Sharpless, epossidazione di Katsuki–Jacobsen • Cross-coupling al palladio: Negishi, Suzuki–Miyaura, Stille, Heck, Sonogashira, Buchwald–Hartwig • Accenni a cross-coupling mediati da rame e nichel • Metatesi degli alcheni <p>4. Catalisi redox moderna: fotocatalisi ed elettrocatalisi (6 ore)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principi di ossidoriduzione e processi single-electron transfer (SET) • Fotoredox catalisi: stati eccitati, fotocatalizzatori metallici e organici, applicazioni in chimica organica • Elettrocatalisi: principi di elettrochimica organica, celle elettrochimiche e applicazioni • Dual catalysis: combinazione di fotoredox o elettrocatalisi con catalisi metallica o organocatalisi
<p><i>English</i></p>	<p>1. Fundamentals of Catalysis (2 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> • General concept of catalysis, catalytic cycle, turnover number (TON), and turnover frequency (TOF) • Principles of asymmetric catalysis • Types of catalysis: organocatalysis, homogeneous metal catalysis, and biocatalysis <p>2. Organocatalysis (10 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction and activation modes (covalent and non-covalent) • Enamine and iminium catalysis, SOMO applications, and multicomponent reactions • N-Heterocyclic Carbene (NHC) catalysis • Brønsted acid catalysis • Thiourea and hydrogen-bonding catalysis • ACDC catalysis • Phase-transfer catalysis <p>3. Homogeneous Metal Catalysis (18 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Review of organometallic chemistry: the 18-electron rule and electron counting • Fundamental mechanisms: oxidative addition, reductive elimination, migratory insertion, and transmetallation • Catalytic hydrogenation and transfer hydrogenation • Catalytic oxidations: Stahl oxidation, Sharpless dihydroxylation and epoxidation, Katsuki–Jacobsen epoxidation

	<ul style="list-style-type: none"> • Palladium-catalyzed cross-coupling reactions: Negishi, Suzuki–Miyaura, Stille, Heck, Sonogashira, and Buchwald–Hartwig reactions • Introduction to copper- and nickel-mediated cross-coupling reactions • Alkene metathesis <p>4. Modern Redox Catalysis: Photocatalysis and Electrocatalysis (6 hours)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principles of oxidation–reduction and single-electron transfer (SET) processes • Photoredox catalysis: excited states, metal-based and organic photocatalysts, and applications in organic chemistry • Electrocatalysis: principles of organic electrochemistry, electrochemical cells, and applications • Dual catalysis: combining photoredox catalysis or electrocatalysis with metal catalysis or organocatalysis.
--	---

TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

Italiano	-
<i>English</i>	<p>J.F. Hartwig – Organotransition Metal Chemistry: From Bonding to Catalysis – University Science Books</p> <p>T. Akiyama, I. Ojima – Catalytic Asymmetric Synthesis – John Wiley & Sons</p> <p>P.I. Dalko – Enantioselective Organocatalysis: Reactions and Experimental Procedures – Wiley VCH</p>

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

In presenza

A distanza

Italiano	Il metodo didattico è basato su lezioni frontali da parte del docente con spiegazione dei diversi argomenti alla lavagna, assistita dalla proiezione di immagini ppt, in modo da consentire allo studente di comprendere e assimilare i contenuti del corso.
<i>English</i>	<i>Teaching consists of frontal lectures, assisted by ppt slides, where different topics are explained through the use of chalk and blackboard, in order to provide the students with an understanding of the different topics discussed during the course.</i>

MODALITÀ DI FREQUENZA

frequenza obbligatoria frequenza facoltativa

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

Italiano	Benchè facoltativa, la frequenza ad almeno il 70% delle lezioni frontali e delle esercitazioni è fortemente raccomandata.
<i>English</i>	<i>Although not mandatory, a frequency of at least 70% of the frontal lectures and exercise sessions is highly recommended.</i>

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

Daniele Mazarella, Massimo Bietti, Michela Salamone, Claudia Bizzarri, Riccardo Salvio

DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO

Italiano	<p>La prova scritta, della durata di 1.5 ore consiste nello svolgimento di 6 esercizi/domande aperte relativi agli argomenti trattati durante il corso. L'esame orale, opzionale, della durata di circa 30 minuti, è volto, attraverso una serie di domande specifiche sugli argomenti trattati durante il corso, ad appurare il grado di conoscenza acquisita dallo studente. Sarà valutata in particolare la sua capacità di argomentare in modo sintetico ed analitico attraverso l'uso di un linguaggio tecnico e la sua capacità di creare connessioni tra i diversi argomenti.</p> <p>L'assegnazione del voto riflette l'andamento della prova scritta e di quella orale. I criteri per l'assegnazione del voto finale sono descritti di seguito:</p> <p>18-21, lo studente ha acquisito i concetti di base della disciplina, ed è capace di esprimerli attraverso un linguaggio complessivamente corretto e appropriato.</p> <p>22-25, lo studente ha acquisito in maniera approfondita i concetti di base della disciplina, ed è capace di effettuare collegamenti fra i vari argomenti. Presenta linearità nella strutturazione del discorso. Il linguaggio è appropriato e corretto.</p> <p>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.</p> <p>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 proprietà di linguaggio.</p>
<i>English</i>	<i>The written exam (1.5 hours duration) will consist of 6 exercises on the main topic of the course. The oral exam, optional, (approx. 30 minutes duration) will consist of a series of questions, on the main topics discussed during the course, aimed at the evaluation of the degree of knowledge acquired by the student. The ability of the student to discuss the</i>



different topics through the use of an appropriate technical language, and to make connections between the different topics will be considered.

The quantitative evaluation reflects the performance of the student in both the written and oral exam (grade between 18/30 and 30/30), and is based on the criteria described below:

18-21, the student has acquired a knowledge of the basic concepts of the discipline, that he is able to expose and explain using an appropriate terminology.

22-25, the student has acquired a deep knowledge of the basic concepts of the discipline. He is able to expose these concepts clearly, in an organized fashion, and to make strong connections between the different topics using an appropriate terminology.

26-29, the student has acquired a complete knowledge of the concepts of the discipline. He is able to apply these concepts, to elaborate them in an original fashion, and to make multidisciplinary connections employing a rich and appropriate terminology.

30 and 30 cum laude, the student has acquired a deep and complete knowledge of the concepts of the discipline that he is able to expose brilliantly and to apply to complex and new problems in an original fashion, making multidisciplinary connections.