



1015610 - CHIMICA ORGANICA

Docente: **Venerando PISTARA'**

Risultati di apprendimento attesi

Il corso si propone di fornire allo studente le nozioni basilari di Chimica Organica necessarie per affrontare i successivi studi in ambito chimico-farmaceutico, farmacologico e biochimico. Lo studente dovrà acquisire la **conoscenza** e la **capacità di comprensione** delle regole di nomenclatura dei principali gruppi funzionali presenti nelle molecole organiche, della loro reattività, delle relazioni esistenti tra la struttura e le proprietà chimico-fisiche, della struttura tridimensionale e della reattività delle principali classi di composti organici.

In questo contesto, la Chimica Organica viene illustrata facendo riferimento a diversi aspetti del vivere di tutti i giorni e non come disciplina astratta e lontana dall'esperienza quotidiana. Obiettivo fondamentale del corso è quello di stimolare lo studente ad applicare le proprie capacità di ragionamento nello studio della materia, limitando lo sforzo mnemonico all'apprendimento di un insieme limitato dei principi alla base della Chimica Organica.

Alla fine del corso allo studente saranno fornite le capacità di applicare le conoscenze acquisite per riconoscere i gruppi funzionali ed i principali meccanismi attraverso i quali i composti organici si formano e si trasformano, di usare la nomenclatura e rappresentare le principali classi di molecole organiche, di predire la reattività e le proprietà fisico-chimiche in base alla struttura elettronica e molecolare e di possedere competenze adeguate per ideare e sostenere argomentazioni che gli permettano di risolvere semplici problemi nel proprio campo di studi.

Modalità di svolgimento dell'insegnamento

Lezioni frontali (8 CFU) ed esercitazioni in aula (2 CFU)

Qualora l'insegnamento venisse impartito in modalità mista o a distanza, al fine di rispettare il programma previsto potranno essere introdotte le necessarie variazioni.

Per un migliore apprendimento dei contenuti del corso, si consiglia una partecipazione attiva degli studenti verso gli argomenti trattati durante lezioni e le esercitazioni in aula.

Informazioni per studenti con disabilità e/o DSA

A garanzia di pari opportunità e nel rispetto della legge Italiana (170/2010), gli studenti interessati possono chiedere un colloquio con il docente (prima dell'inizio del corso o almeno 30 giorni prima dell'appello di esame) in modo da programmare eventuali misure compensative e/o dispensative, senza modificare gli obiettivi dell'apprendimento.

È inoltre possibile rivolgersi anche al docente referente CInAP (Centro per l'integrazione Attiva e Partecipata - Servizi per le Disabilità e/o DSA) del nostro Dipartimento, prof.ssa Teresa Musumeci.

Prerequisiti richiesti

Per l'apprendimento della Chimica Organica, gli studenti **devono** conoscere gli argomenti fondamentali della Chimica Generale ed Inorganica ed in particolare:

Tavola periodica – Struttura dell'atomo e configurazione elettronica – Legami ionici e covalenti – Orbitali atomici e molecolari – Teoria del legame di valenza – Formule di struttura – Orbitali ibridi di carbonio, ossigeno e azoto – Acidi e basi, definizioni di pK_a e pH – Prevedere l'esito di una reazione acido-base – Determinare la posizione di un equilibrio – Acidità e basicità secondo Brønsted-Lowry e secondo Lewis – Termodinamica (quanto prodotto si forma) e cinetica (quanto velocemente si formano i prodotti) di una reazione chimica – Valori di ΔH – Diagramma Energia libera/Coordinata di reazione – Catalisi.

I suddetti argomenti sono reperibili nei primi capitoli di qualunque testo di Chimica Organica.

Frequenza lezioni

Obbligatoria (regolamento del Corso di Laurea)

Contenuti del corso

MODULO 1. Introduzione allo studio della chimica organica

1. Concetti fondamentali nella chimica organica

Formazione dei legami singoli, doppi e tripli nei composti organici – Catione, anione e radicale metile – Legami di: ammoniaca, ione ammonio, acqua ed acidi alogenidrici – Ibridazione e geometria molecolare.

2. Acidi e basi nella chimica organica

Fattori che determinano la forza di un acido: effetti della struttura e dei sostituenti sul valore di pK_a – Introduzione agli elettroni delocalizzati – pH e struttura di un composto organico.

3. Introduzione ai composti organici: nomenclatura, proprietà fisiche e struttura

I gruppi alchilici – Nomenclatura e struttura di alcani, cicloalcani, alogenuri alchilici, eteri, alcoli ed ammine – Solubilità dei composti organici – Rotazione intorno al legame singolo carbonio-carbonio – Cicloalcani e tensione d'anello – Conformeri del cicloesano e dei cicloesani sostituiti.

MODULO 2. Reazioni di addizione elettrofila, stereochemica e delocalizzazione elettronica

4. Isomeri: la disposizione degli atomi nello spazio

Isomeri *cis-trans* ed *E, Z* degli alcheni – Chiralità – Centri asimmetrici e stereocentri – Enantiomeri – Descrittori *R, S* – Attività ottica, rotazione specifica ed eccesso enantiomerico – Composti con più centri asimmetrici – Stereoisomeri di composti ciclici – Composti *meso* – Composti contenenti più centri asimmetrici – Separazione di enantiomeri.

5. Alcheni: Struttura, nomenclatura e introduzione alla reattività

Formule molecolari e grado di insaturazione – Nomenclatura e struttura degli alcheni – Reattività dei composti organici e gruppi funzionali – Uso delle frecce curve.

6. Le reazioni degli alcheni • La stereochemica delle reazioni di addizione

Addizione di acidi alogenidrici – Stabilità e trasposizione dei carbocationi – Struttura dello stato di transizione – Addizione di acqua e di alcol, di borano (idroboração-ossidazione) – Ossimercuriazione-demercuriazione – Addizione di alogeni, di un perossiacido e di ozono (ozonolisi) – Reazioni regioselettive, stereoselettive e stereospecifiche – Alcheni ciclici – Di-ossidrilazione *syn* – Scissione ossidativa.

7. Le reazioni degli alchini

Nomenclatura e struttura degli alchini e dei composti con più gruppi funzionali – Addizione di acidi alogenidrici, alogeni, idrogeno, acqua, idroboração-ossidazione – Acidità di un idrogeno legato a un carbonio *sp* – Ioni acetiluro.

8. Delocalizzazione elettronica e suo effetto su stabilità, pK_a e prodotti di reazione • Aromaticità e introduzione alle reazioni del benzene

Elettroni delocalizzati e struttura del benzene – Legami, strutture limite e ibrido di risonanza – Predire la stabilità delle strutture di risonanza – Energia di risonanza e delocalizzazione elettronica – Delocalizzazione e pK_a – Effetti elettronici – Reazioni dei dieni – Controllo termodinamico e cinetico – Reazione di *Diels-Alder* – Criteri per l'aromaticità – Reattività del benzene.

MODULO 3. Reazioni di sostituzione e di eliminazione

9. Reazioni di sostituzione e di eliminazione degli alogenuri alchilici

Reazioni di sostituzione: S_N2 ed S_N1 – Competizione S_N2 e S_N1 – Reazioni di eliminazione: E2 ed E1 – Competizione E1 ed E2 – La stereoselettività delle reazioni E2 ed E1 – Eliminazione da cicloesani sostituiti – Prevedere i prodotti di reazione di un alogenuro alchilico con un nucleofilo/base – Alogenuri benzilici, allilici, vinilici e arilici – Effetti del solvente – Reazioni intermolecolari e intramolecolari.

10. Reazioni di alcoli, eteri, epossidi e composti contenenti zolfo

Alcoli: reazioni di sostituzione nucleofila e di eliminazione (disidratazione) – Ossidazione – Eteri ed Epossidi: reazioni di sostituzione nucleofila – Eteri corona e riconoscimento molecolare; reazioni S_N2 – Ossidi di arene: benzo[a]pirene e cancro – Tioli, solfuri e ioni solfonio (cenni).

11. Composti organometallici

Composti organolitio e organomagnesio.

12. I radicali

Reattività degli alcani: clorurazione e bromurazione – Stabilità dei radicali e principio di reattività-selettività – Addizione dei radicali agli alcheni – Stereochimica delle reazioni radicaliche di sostituzione ed addizione – Sostituzione radicalica di idrogeni allilici e benzilici – Radicali e ozono stratosferico.

MODULO 4. Composti carbonilici

15. Reazioni degli acidi carbossilici e dei derivati degli acidi carbossilici

Nomenclatura, struttura e reattività degli acidi carbossilici e dei derivati – Idrolisi di un'imide: la sintesi di *Gabriel* delle ammine primarie – Nitrili – Anidridi degli acidi carbossilici – Acidi dicarbossilici.

16. Le reazioni di aldeidi e chetoni • Ulteriori reazioni dei derivati degli acidi carbossilici

Nomenclatura, struttura e reattività delle aldeidi e dei chetoni – Reazioni con lo ione idruro (riduzione) – Reazioni chemoselettive – Reazioni con i nucleofili al carbonio, all'azoto, all'ossigeno (gruppi protettori), allo zolfo e con un perossiacido – Reazione di *Wittig* – Addizione nucleofila ad aldeidi, chetoni e derivati degli acidi carbossilici α,β -insaturi.

17. Le reazioni al carbonio α

Acidità dell'idrogeno sul carbonio α – Tautomeri cheto-enolici – Alogenazione del carbonio α di aldeidi, chetoni ed acidi carbossilici – Ioni enolato – Alchilazione del carbonio α – Alchilazione e acilazione del carbonio α tramite intermedio enamminico – Alchilazione del carbonio β – Addizione aldolica: β -idrossialdeidi e β -idrossichetoni – Disidratazione del prodotto di addizione: aldeidi e chetoni α,β -insaturi – Addizione aldolica incrociata – Condensazione di Claisen: β -chetoesteri – Altre condensazioni incrociate – Condensazione aldolica intramolecolare – Anellazione di *Robinson* – Decarbossilazione di β -chetoacidi – Sintesi malonica – Sintesi acetacetica – Reazioni di condensazione nella sintesi di eterocicli.

MODULO 5. I composti aromatici

18. Reazioni del benzene e dei benzeni sostituiti

Nomenclatura – Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica: alogenazione, nitratura, solfonazione, acilazione ed alchilazione di *Friedel-Crafts* – Alchilazione mediante acilazione-riduzione – Uso delle reazioni di accoppiamento nell'alchilazione del benzene – Trasformazioni chimiche dei sostituenti sull'anello benzenico – Effetto dei sostituenti su reattività ed orientamento – Rapporto *orto-para* – Sintesi dei benzeni mono-, di- e tri-sostituiti – Sintesi mediante i sali di arenidiazonio: sostituzione del gruppo diazonio con idrossido, cloruro, bromuro, ioduro e cianuro (reazioni di *Sandmeyer*), con fluoruro (reazione di *Schiemann*) e con idrogeno – Reazioni di diazocopolazione – Azobenzeni – Meccanismo della formazione di uno ione diazonio – Sostituzione nucleofila aromatica.

19. Reazioni delle ammine

Nomenclatura e proprietà – Reattività come basi e come nucleofili – Sintesi [ammonolisi degli alogenuri; alchilazione di immidi (sintesi di *Gabriel*); riduzione di nitrocomposti, ammidi, nitrili ed azidi; amminazione riduttiva; trasposizioni di *Hofmann* e di *Curtius*] – Reazioni: alchilazione ed acilazione; eliminazioni di *Hofmann* e di *Cope*. Reazioni con acido nitroso: diazotazione, *N*-nitrosammine.

19-1. La Chimica degli Eterocicli Aromatici

Classificazione degli eterocicli aromatici – Sostituzione elettrofila aromatica: aspetti generali – Sistemi

elettronricchi: eterocicli pentatomici contenenti un solo eteroatomo – Reattività: reazioni acido-base, di sostituzione elettrofila, di addizione e cicloaddizione, di ossidazione e di riduzione – Sistemi elettronricchi: eterocicli pentatomici benzocondensati contenenti un solo eteroatomo – Reattività: reazioni acido-base, di sostituzione elettrofila, di ossidazione e di riduzione – Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici contenenti un solo eteroatomo – Reattività: reazioni acido-base, reazioni dell'azoto con gli elettrofili, reazioni di sostituzione elettrofila, di sostituzione nucleofila, di ossidazione e di riduzione – Sistemi elettronpoveri: eterocicli esatomici benzocondensati contenenti un solo eteroatomo neutro – Reattività: reazioni principali – Preparazione di un α -amminochetone – Piridina N-ossido e sostituzione elettrofila.

MODULO 6. Composti bioorganici

20. La chimica organica dei carboidrati

Classificazione dei carboidrati – La notazione d ed l – Configurazione di aldosi e chetosi – Reazioni dei monosaccaridi in soluzione basica – Reazioni di ossido-riduzione dei monosaccaridi – Allungamento della catena: la sintesi di *Kiliani-Fischer* – Accorciamento della catena: la degradazione di *Wohl* – Emiacetali ciclici – Mutarotazione – Stabilità del glucosio – Glicosidi – Effetto anomero – Zuccheri riducenti e non riducenti – Disaccaridi – Polisaccaridi – I carboidrati sulla superficie cellulare – Dolcificanti sintetici.

21. La chimica organica di: Amminoacidi, peptidi e proteine

Nomenclatura, configurazione e proprietà acido-basiche – Punto isoelettrico – Separazione degli amminoacidi – Metodi di sintesi – Risoluzione di una miscela racemica di amminoacidi – Legami peptidici e disolfuro – Sintesi peptidica automatizzata – Denaturazione delle proteine.

25. La chimica organica dei lipidi

Acidi grassi – Cere – Trigliceridi – Saponi e micelle – Detergenti – Fosfolipidi – Prostaglandine – Terpeni – Steroidi.

26. La chimica organica degli acidi nucleici

Nucleosidi e nucleotidi – La struttura – Perché nel DNA non c'è il gruppo 2-OH? – Perché il DNA contiene la timina invece che l'uracile? – Farmaci antivirali.

Testi di riferimento

Autore	Titolo	Editore	Anno	ISBN
1) P. Y. Bruice	Chimica Organica	EdiSES	2017	9788879599351
2) AA. VV.	Chimica Organica	Edi-Ermes	2016	9788870514780
3) P. C. Vollhardt, N. E. Schore	Chimica Organica	Zanichelli	2016	9788808721235
4) N. E. Schore e P. C. Vollhardt	Esercizi risolti di Chimica Organica	Zanichelli	2014	9788808436900

Programmazione del corso

Argomenti	Riferimenti testi
1 1. Elementi di chimica generale: struttura elettronica e legame	1) Bruice, cap. 1
2 2. Acidi e basi: concetti fondamentali nella chimica organica	1) Bruice, cap. 2

	Argomenti	Riferimenti testi
3	3. Introduzione ai composti organici: nomenclatura, proprietà fisiche e struttura	1) Bruice, cap. 3
4	4. Isomeri: la disposizione degli atomi nello spazio	1) Bruice, cap. 4
5	5. Alcheni: struttura, nomenclatura e introduzione alla reattività - Termodinamica e cinetica	1) Bruice, cap. 5
6	6. Le reazioni degli alcheni - La stereochemica delle reazioni di addizione	1) Bruice, cap. 6; 3) Vollhardt, paragrafi 11.7, 11.11
7	7. Le reazioni degli alchini - Introduzione alle sintesi multistadio	1) Bruice, cap. 7
8	8. Delocalizzazione elettronica e suo effetto su stabilità, pK e prodotti di una reazione - Aromaticità, effetti elettronici e introduzione alle reazioni del benzene	1) Bruice, cap. 8
9	9. Reazioni di sostituzione e di eliminazione degli alogenuri alchilici	1) Bruice, cap. 9
10	10. Reazioni di alcoli, eteri, epossidi, ammine e composti contenenti zolfo	1) Bruice, cap. 10
11	11. Composti organometallici	1) Bruice, cap. 11
12	12. I radicali	1) Bruice, cap. 12
13	15. Reazioni degli Acidi Carbossilici e dei Derivati degli Acidi Carbossilici	1) Bruice, cap. 15
14	16. Le Reazioni di Aldeidi e Chetoni - Ulteriori Reazioni dei Derivati degli Acidi Carbossilici	1) Bruice, cap. 16
15	17. Le reazioni al carbonio α	1) Bruice, cap. 17
16	18. Reazioni del Benzene e dei Benzeni Sostituiti	1) Bruice, cap. 18
17	19. Ammine	3) Vollhardt, cap. 20
18	19/1. La Chimica degli Eterocicli Aromatici	2) Botta, cap. 18
19	20. La Chimica Organica dei Carboidrati	1) Bruice, cap. 20
20	21. La Chimica Organica di Amminoacidi, Peptidi e Proteine	1) Bruice, cap. 21
21	22. La Catalisi nelle Reazioni Organiche e nelle Reazioni Enzimatiche	1) Bruice, cap. 22
22	25. La chimica organica dei Lipidi	1) Bruice, cap. 25

Verifica dell'apprendimento

Modalità di verifica dell'apprendimento

Il livello di acquisizione degli obiettivi formativi verrà verificato attraverso un esame finale costituito da una prova scritta ed una prova orale. Alla prova orale si accede totalizzando nella prova scritta un minimo di 18 punti su 30.

La **prenotazione** all'esame è obbligatoria ed è attiva fino a quattro giorni prima della data riportata nel calendario degli esami.

La **prova scritta**, della durata di 90 minuti, consiste di 30 quesiti a risposta multipla (5 possibili risposte di cui una sola esatta), reperiti dalla piattaforma online Exam Manager, che copriranno l'intero programma svolto. A ciascuna risposta esatta verrà attribuito un punto mentre per ciascuna risposta sbagliata sarà detratto un quarto di punto (-0,25); le risposte non date varranno zero punti. La prova scritta si riterrà superata con una votazione minima di 18/30.

Durante lo svolgimento dell'esame non è consentito consultare libri, appunti o dispositivi elettronici di alcun tipo.

La **prova orale** consiste in una discussione, della durata di circa 30 minuti, finalizzata ad accertare il livello di conoscenza e la capacità di comprensione raggiunti dallo studente riguardo i contenuti teorici e metodologici indicati nel programma; si svolgerà almeno due giorni dopo la prova scritta. La data del colloquio orale verrà comunicata nel sito del Dipartimento alla pagina del docente, sezione "news". La prova orale consentirà, inoltre, di verificare la capacità di comunicazione dell'allievo con proprietà di linguaggio ed organizzazione autonoma dell'esposizione sugli stessi argomenti a contenuto teorico.

Il voto finale sarà stabilito tenendo conto dei punteggi conseguiti in entrambe le prove. È importante sottolineare che la prova orale non va intesa come finalizzata all'innalzamento del voto conseguito nello scritto ma, nel caso abbia esito negativo, il voto potrà abbassarsi fino anche a determinare la bocciatura e la prova scritta dovrà essere rifatta.

La verifica dell'apprendimento potrà essere effettuata anche per via telematica, qualora le condizioni lo dovessero richiedere.

Per motivi logistici, il numero di quesiti ed il tempo necessario per il loro svolgimento possono essere variati.

Esempi di domande e/o esercizi frequenti

Assegnare, al seguente composto, il nome IUPAC incluso di stereochimica ed indicare il numero dei possibili stereoisomeri.

Mettere in ordine di acidità crescente i seguenti composti.

Indicare tra le seguenti specie il nucleofilo più forte in un solvente polare protico.

Proporre un meccanismo per la seguente trasformazione.

Scrivere il prodotto e il meccanismo della seguente reazione.

Completare le seguenti reazioni.

Descrivere l'allungamento della catena di un monosaccaride.

English version