

## PROGRAMMAZIONE DIDATTICA DEL CORSO INTEGRATO DI CHIMICA ORGANICA I E II

### **RIFERIMENTI**

**Lezioni:** Martedì ore 12.00–14.00 (aula D DSF), Venerdì ore 11.00–13.00 (aula C DSF)

**Docente:** Prof. Antonio Rescifina

**Ufficio:** Dipartimento di Scienze Chimiche – Viale Andrea Doria, 6 – 95125 CATANIA

**Telefono:** 095 738 50 17

**Fax:** 06 233 208 980

**E-mail:** [arescifina@unict.it](mailto:arescifina@unict.it)

**Orario di ricevimento:** per appuntamento telefonico o, preferibilmente, e-mail

### **PREMESSA**

La programmazione didattica è un processo di razionalizzazione, attuazione e controllo delle attività finalizzate al raggiungimento, da parte degli allievi, degli obiettivi formativi prefissati.

### **FINALITÀ**

Il corso è finalizzato:

- all’acquisizione di una conoscenza razionale dei principi sui quali si basa la chimica dei derivati del carbonio e della loro reattività attraverso l’esame dei meccanismi di reazione fondamentali;
- all’apprendimento dei metodi di sintesi, separazione, purificazione ed identificazione delle sostanze organiche;
- alla comprensione del ruolo della chimica organica nei processi biologici, tossicologici e nella vita quotidiana.

### **OBIETTIVI DI APPRENDIMENTO**

Il corso mira a fornire una mentalità critica e scientifica ed un uso razionale delle capacità mnemoniche, favorendo l’abilità di applicare le conoscenze teoriche alla risoluzione dei problemi.

Ciò significa superare il limite della mera “ripetizione mnemonica” di concetti che, così facendo, sarebbero finalizzati al semplice apprendimento. Mentalità critica e scientifica ad un tempo costituiscono un obiettivo di alto livello; esso necessita di una sintesi tra operatività mentale ed effettiva realizzazione: la prima si esplica nella progettazione di un esperimento, nel controllo razionale-intuitivo delle fasi di esecuzione e calcolo e nella fase di valutazione dei risultati; la seconda si esplica nella vera e propria esecuzione dell’esperimento, anche a livello virtuale.

Pertanto, al termine del corso, l’allievo dovrà essere in grado di:

- riconoscere che il grandissimo numero di sostanze organiche è determinato dalla capacità di concatenarsi degli atomi di carbonio;
- collegare il fenomeno dell’isomeria di struttura alle proprietà fisiche e chimiche dei composti isomeri;
- correlare la struttura funzionale e spaziale delle molecole con le proprietà fisiche e chimiche;
- prevedere il comportamento delle sostanze organiche e bio-organiche in determinate condizioni di reazione, utilizzando modelli generali di reattività (meccanismi di reazione);

- correlare la struttura delle molecole organiche con le funzioni biologiche, con particolare riferimento all’azione catalitica degli enzimi ed alla cinetica enzimatica;
- essere in grado di risolvere alcuni esercizi sulla reattività e le trasformazioni dei gruppi funzionali più comuni, formulando meccanismi di reazione plausibili;
- realizzare sintesi di semplici composti;
- effettuare separazioni, purificazioni e caratterizzazione dei composti organici più comuni.

### **METODOLOGIA**

Per permettere allo studente di seguire senza difficoltà gli argomenti trattati e di reperirli in modo rapido ed efficace è stato stilato un programma che segue pedissequamente l’indice generale del Wade “Fondamenti di Chimica Organica” integrandolo, ove opportuno, con alcuni argomenti ritenuti pertinenti al Corso di Laurea. Le parti aggiunte, evidenziate in rosso, portano un rimando al testo su cui reperirle. I paragrafi che riprendono concetti e reazioni già incontrati sono evidenziati in verde.

Per facilitare l’apprendimento, il corso è stato suddiviso in 6 moduli ed alla fine di ciascuno di essi è stata programmata una serie di esercitazioni atte a consolidare le nozioni apprese. Inoltre, alla chiusura del 3° e 6° modulo, esercitazioni incluse, verranno effettuate 2 prove in itinere, con le stesse modalità della prova scritta, con il duplice scopo di simulare quella che sarà la prova finale di esame e, contemporaneamente, permettere allo studente che le superi di poterne usufruire facendo valere il voto medio come superamento della prova scritta di esame così da poter accedere direttamente alla prova orale.

Infine, per sfruttare correttamente la capacità di apprendimento, le due ore di lezione bisettimanali previste saranno intervallate da un quarto d’ora di pausa; questo porterà a 3,5 ore di lezione frontale per settimana.

L’insegnamento di Chimica Organica non può prescindere da un approccio sistematico che prevede una panoramica significativa delle principali classi di composti organici. Allo scopo di non ridurre i contenuti ad un esame monotono della complessa casistica preparativa delle sostanze organiche, verrà posta enfasi sugli aspetti reattivi esaminando, nell’ambito della trattazione dei gruppi funzionali, le grandi categorie delle reazioni organiche: addizione, sostituzione, eliminazione, ecc. In questa ottica e per facilitare l’apprendimento, si farà ricorso a dimostrazioni in classe ed all’uso dei modelli molecolari.

L’esame di specifici meccanismi sarà limitato a situazioni di particolare rilevanza didattica e/o a processi di sintesi che si ritengono fondamentali; in tutti i casi esso si riferirà a casi sperimentalmente provati.

La presentazione della struttura dei composti organici, fatta ricorrendo al modello VSEPR o a quello orbitalico, sarà finalizzata allo studio delle diverse isomerie (di catena, conformazionale, geometrica, ottica, ecc.).

Lo studio sistematico della struttura e della reattività dei composti organici costituirà premessa essenziale per la biochimica, per la quale verranno messi in risalto gli aspetti cinetici delle reazioni che, assieme a quelli termodinamici, costituiscono il fondamento dei processi biochimici.

### **PREREQUISITI**

Conoscenza dei concetti di base di Matematica, Fisica e Chimica Generale.

Conoscenza di un metodo di studio adeguato; si consigliano i seguenti siti e letture:

- <http://studenti.unimi.it/studentestrategico/metodo/index.htm>
- <http://helpmetodo.altervista.org/>
- [http://host.uniroma3.it/docenti/boylan/misc/studi\\_6r.pdf](http://host.uniroma3.it/docenti/boylan/misc/studi_6r.pdf)

**PROPEDEUTICITÀ**

- *Chimica generale*

**TESTI CONSIGLIATI**

- Fondamenti di Chimica Organica – L. G. Wade, Jr. – Piccin.
- Chimica Organica – P. Y. Bruice – 2<sup>a</sup> Ed. EdiSES (include un kit di modelli molecolari).
- Chimica Organica – J. McMurry – 8<sup>a</sup> Ed. Piccin.
- Chimica Organica – a cura di B. Botta, AA. VV. – Edi-Ermes.
- Chimica Organica – M. Loudon – EdiSES
- Manuale Virtuale di Chimica Organica: <http://organicavirtuale.altervista.org/VirtualText/intro1.html>
- Guida Ragionata allo Svolgimento di Esercizi di Chimica Organica – M. V. D’Auria, O. Tagliatela Scafati, A. Zampella – 3<sup>a</sup> Ed. Loghà.
- La Chimica Organica Attraverso gli Esercizi – T. W. G. Solomons, C. B. Fryhle, R. G. Johnson – Zanichelli.
- Esercizi di chimica organica – S. Cacchi, F. Nicotra – CEA
- Electron Flow in Organic Chemistry – A Decision-Based Guide to Organic Mechanisms – P. H. Scudder – 2<sup>nd</sup> Ed. Wiley.

**ALTRO MATERIALE**

- È consigliato un kit di modelli molecolari.

**VALUTAZIONE**

Per superare il corso l’allievo dovrà sostenere una prova scritta ed una prova orale; alla prova orale si accede totalizzando, nella prova scritta, un minimo di 18 punti su 33. Il superamento della prova scritta è condizione necessaria ma non sufficiente alla promozione. Il voto finale scaturirà dalla media dei punti conseguiti nello scritto e del voto della prova orale.

Nel caso in cui lo studente abbia superato le due prove in itinere potrà accedere direttamente all’orale e la media dei punti conseguiti in queste ultime sarà utilizzata per mediare il voto orale. Qualora lo studente volesse migliorare il risultato ottenuto nelle prove in itinere potrà sostenere la prova scritta di esame senza che questa pregiudichi l’accesso all’orale, che avverrà considerando la media ottenuta nelle prove in itinere.

**MODULARIZZAZIONE DEL CORSO E TEMPISTICA****DEFINIZIONE DI CREDITO FORMATIVO UNIVERSITARIO (CFU) E SUO USO**

Il DM 270/04 art. 5 comma 1 definisce il CFU nel modo seguente: *Al credito formativo universitario, di seguito denominato credito, corrispondono 25 ore di impegno complessivo per studente.*

Considerato che nel Dipartimento di Scienze del Farmaco è stato adottato il criterio che un credito di lezione frontale equivale a 7 ore ed un credito di esercitazione in aula equivale a 12 ore ne consegue che il complemento a 25 (18 e 13, rispettivamente) ammonta alle ore di studio da effettuare in modo autonomo.

Per facilitare la corretta applicazione del credito, guidare lo studente alla sua comprensione ed utilizzo e riceverne un feedback utile al miglioramento del corso è stata predisposta una tabella in cui a ciascuna unità didattica sono affiancati i corrispondenti crediti, ore di lezione ed ore di studio previsti. In ciascuna tabella è stata inserita una colonna vuota, per le ore di studio effettuate, da riempire a cura dello studente; ciò servirà al docente per un'eventuale rimodulazione del corso.

**CHIMICA ORGANICA I**

Il corso è costituito da 3 moduli, corrispondenti a 6 crediti di cui 5 di lezioni frontali ed 1 di esercitazioni in aula che verranno effettuate alla fine di ciascun modulo.

Modulo	Descrizione	Unità	Credito	Ore di Lezione	Ore di Studio
1	Introduzione alla chimica organica Esercitazione	1-3	1,71	12,0	30,75
			0,33	4,0	4,25
2	Reattività e reazioni radicaliche degli alcani, stereochimica, reazioni di sostituzione nucleofila e di eliminazione Esercitazione	4-7	1,71	12,0	30,75
			0,33	4,0	4,25
3	Sintesi e reazioni di alcheni, alchini, alcoli, eteri, epossidi, solfuri e dieni Esercitazione	8-12	1,57	11,0	28,25
			0,33	4,0	4,25

Unità	Descrizione	Credito	Ore di Lezione	Ore di Studio Previste	Ore di Studio Effettuate
1	Richiami di Chimica Generale	0,57	4,0	10,25	
2	Struttura e Proprietà delle Molecole Organiche	0,57	4,0	10,25	
3	Struttura e Conformazione degli Alcani Esercitazione	0,57	4,0	10,25	
		0,33	4,0	4,25	
4	Lo Studio delle Reazioni Chimiche	0,29	2,0	5,25	
5	Stereochimica	0,43	3,0	7,75	
6	Alogenuri Alchilici: Sostituzione Nucleofila ed Eliminazione	0,86	6,0	15,50	
7	Struttura e Sintesi degli Alcheni Esercitazione	0,14	1,0	2,50	
		0,33	4,0	4,25	
8	Reazioni degli Alcheni	0,43	3,0	7,75	
9	Alchini	0,29	2,0	5,25	
10	Alcoli	0,50	3,5	9,00	
11	Eteri, Epossidi e Solfuri	0,14	1,0	2,50	
12	La Chimica dei Dieni Esercitazione	0,21	1,5	3,75	
		0,33	4,0	4,25	

**CHIMICA ORGANICA II**

Il corso è costituito da 3 moduli, corrispondenti a 6 crediti di cui 5 di lezioni frontali ed 1 di esercitazioni in aula che verranno effettuate alla fine di ciascun modulo.

Modulo	Descrizione	Unità	Credito	Ore di Lezione	Ore di Studio
4	I composti aromatici	13–14, 25	1,36	9,5	24,50
	Esercitazione		0,25	3,0	3,25
5	Sintesi e reazioni di aldeidi, chetoni, ammine, acidi carbossilici e derivati	15–19	2,71	19,0	48,75
	Esercitazione		0,58	7,0	7,50
6	Biomolecole	20–21	0,93	6,5	48,75
	Esercitazione		0,17	2,0	2,25

Unità	Descrizione	Credito	Ore di Lezione	Ore di Studio Previste	Ore di Studio Effettuate
13	Composti Aromatici	0,43	3,0	7,75	
14	Reattività dei Composti Aromatici	0,79	5,5	14,25	
25	La Chimica degli Eterocicli Aromatici	0,14	1,0	2,50	
	Esercitazione	0,25	3,0	3,25	
15	Aldeidi e Chetoni	0,50	3,5	9,00	
16	Ammine	0,50	3,5	9,00	
17	Acidi Carbossilici	0,43	3,0	7,75	
18	Derivati degli Acidi Carbossilici	0,43	3,0	7,75	
19	Alfa Sostituzioni e Condensazioni dei Composti Carbonilici	0,86	6,0	15,50	
	Esercitazione	0,58	7,0	7,50	
20	Carboidrati ed Acidi Nucleici	0,50	3,5	9,00	
21	Amminoacidi e Peptidi	0,43	3,0	7,75	
	Esercitazione	0,17	2,0	2,25	

**SUGGERIMENTI PER LO STUDIO**

Si consiglia di leggere l'argomento prima della lezione in modo da ridurre all'indispensabile gli appunti da prendere. Considerato che verranno effettuate 3,5 ore di lezione settimanali corrispondenti a 8 ore e 45 minuti di studio (che sarebbe opportuno arrotondare a 9) si consiglia di studiare 3 giorni a settimana per 3 ore al giorno, ripartendo queste ultime tra mattina e pomeriggio (ove possibile), utilizzando sessioni di studio di 45 minuti con pausa di 15.

**PROGRAMMA DEL CORSO DI CHIMICA ORGANICA I****MODULO 1. INTRODUZIONE ALLA CHIMICA ORGANICA****1. RICHIAMI DI CHIMICA GENERALE**

Le Origini della Chimica Organica – Principi della Struttura Atomica: Struttura dell’Atomo, Configurazioni Elettroniche degli Atomi – Formazione del Legame: la Regola dell’Ottetto, Legame Ionico e Covalente – Strutture di Lewis – Legami Multipli – Elettronegatività e Polarità dei Legami – Cariche Formali – Risonanza – Formule Strutturali: Condensate ed a Linee ed Angoli (Struttura a Bastoncini) – Acidi e Basi di *Arrhenius*, di *Brønsted-Lowry*, di Lewis – Forza degli Acidi e delle Basi ed Effetti Strutturali sull’Acidità.

➤ *Paragrafi: 1.1–1.12*

**2. STRUTTURA E PROPRIETÀ DELLE MOLECOLE ORGANICHE**

Proprietà Ondulatorie degli Elettroni – Orbitali Molecolari: Legame Sigma ( $\sigma$ ) e Pireco ( $\pi$ ) – Ibridazione e Forme Molecolari: Orbitali Ibridi  $sp$ ,  $sp^2$  ed  $sp^3$  – Come Rappresentare Molecole Tridimensionali – Regole Generali di Ibridazione e Geometria – Rotazione dei Legami – Isomeria: Costituzionale e Geometrica, Stereoisomeri – Polarità di Legami e Molecole e Momenti Dipolari – Forze Intermolecolari: Dipolo-Dipolo, di *Van der Waals*, di *London*, Legame ad Idrogeno – Idrocarburi: Alcani, Alcheni, Alchini ed Aromatici – Composti Organici Contendenti Ossigeno: Alcoli, Eteri, Aldeidi, Chetoni, Acidi Carbossilici e Derivati – Composti Organici Contendenti Azoto: Ammine, Ammidi e Nitrili.

➤ *Paragrafi: 2.1–2.13*

**3. STRUTTURA E CONFORMAZIONE DEGLI ALCANI**

Classificazione degli Idrocarburi – Formule Molecolari – Nomenclatura: Nomi Comuni e IUPAC – Proprietà Fisiche: Solubilità, Densità, Punti di Ebollizione e di Fusione – Reazioni: Combustione, Cracking ed Idrocracking, Alogenazione – Struttura e Conformazione: Struttura del Metano e Conformazioni dell’Etano e del Propano, Proiezioni di *Newman* e Strutture a Cavalletto – Conformazioni del Butano: Energia Torsionale e Tensione Sterica – Cicloalcani: Formule Molecolari, Proprietà Fisiche e Nomenclatura – Isomeria *Cis-Trans* nei Cicloalcani – Stabilità dei Cicloalcani: Calori di Combustione – Tensione d’Anello: Ciclopropano, Ciclobutano e Ciclopentano – Conformazioni del Cicloesano: a Sedia ed a Barca, Posizioni Assiali ed Equatoriali – Conformazioni dei Cicloesani Sostituiti – Molecole Bicchiche e Nomenclatura.

➤ *Paragrafi: 3.1–3.13*

**MODULO 2. REATTIVITÀ E REAZIONI RADICALICHE DEGLI ALCANI, STEREOCHIMICA, REAZIONI DI SOSTITUZIONE NUCLEOFILA E DI ELIMINAZIONE****4. LO STUDIO DELLE REAZIONI CHIMICHE**

Clorurazione del Metano – La Reazione Radicalica a Catena: Iniziazione, Propagazione e Terminazione – Costanti di Equilibrio ed Energia Libera – Entalpia ed Entropia – Cinetica di Reazione – Energia di Attivazione e Relazione tra Cinetica e Temperatura – La Cinetica della Reazione di Alogenazione Radicalica – Il Postulato di *Hammond-Leffler* – Intermedi Reattivi: Carbocationi, Radicali Liberi, Carbanioni e Carbeni.

➤ *Paragrafi: 4.1–4.10*

## 5. STEREOCHIMICA

Chiralità: Enantiomeria, Atomi di Carbonio Asimmetrici, Centri di Chiralità e Stereocentri, Piani Speculari di Simmetria – Nomenclatura (*R*) ed (*S*) degli Atomi di Carbonio Asimmetrici: Convenzione di *Cahn-Ingold-Prelog* (CIP) – Attività Ottica: Luce Piano-Polarizzata e sua Rotazione, Polarimetria, Rotazione Specifica – Mischele Racemiche – Eccesso Enantiomerico e Purezza Ottica – Composti Chirali senza Atomi Asimmetrici (Atropoisomeri): Enantiomeria Conformazionale, Alleni – Proiezioni di *Fischer* – Diastereoisomeri – Classi di Isomeri – Stereochimica di Molecole con Due o Più Carboni Asimmetrici: Composti *Meso*, *Eritro*, *Treo* ed Epimeri – Risoluzione degli Enantiomeri.

➤ *Paragrafi: 5.1–5.11, 20.4 e 20.5*

## 6. ALOGENURI ALCHILICI: SOSTITUZIONE NUCLEOFILA ED ELIMINAZIONE

Nomenclatura – Impieghi Comuni: Solventi, Reagenti, Anestetici, Refrigeranti e Schiumogeni (Freon) – Struttura – Proprietà Fisiche: Punti di Ebollizione e Densità – Preparazione: da Alcani, Alcheni, Alchini, Alcoli ed Altri Alogenuri – Reazioni degli Alogenuri Alchilici: Sostituzione ed Eliminazione – Sostituzioni Nucleofile di Secondo Ordine: le Reazioni  $S_N2$  – Fattori che Influenzano le Reazioni  $S_N2$ : Forza del Nucleofilo e Nucleofilicità, Ingombro Sterico del Nucleofilo ed Effetto Solvente – Reattività dei Substrati nelle Reazioni  $S_N2$ : Influenza del Gruppo Uscente ed Ingombro Sterico del Substrato – Reazioni Stereospecifiche e **Stereoselettive** – Aspetti Stereochimici della Reazione  $S_N2$ : Inversione della Configurazione (Inversione di *Walden*) – Sostituzione Nucleofila di Primo Ordine: La Reazione  $S_N1$ : Influenza dei Sostituenti, del Gruppo Uscente e del Solvente – Aspetti Stereochimici della Reazione  $S_N1$  – Trasposizioni nelle Reazioni  $S_N1$  – Confronto tra la Reazione  $S_N1$  e la Reazione  $S_N2$ : Influenza del Nucleofilo, del Substrato e del Solvente, Cinetica di Reazione, Stereochimica e Trasposizioni – Eliminazione del Primo Ordine: La Reazione  $E1$ : Meccanismo, Cinetica e Competizione con la  $S_N1$  – Trasposizioni in una Reazione  $E1$  – Reazioni dei Carbocationi – Regioselettività della Reazione di Eliminazione: La Regola di *Zaitsev* – Eliminazione di Secondo Ordine: La Reazione  $E2$  – Aspetti Stereochimici della Reazione  $E2$  – Confronto tra i Meccanismi delle Eliminazioni  $E1$  ed  $E2$ : Influenza della Base, del Solvente e del Substrato, Cinetica, Orientazione, Stereochimica e Trasposizioni – **La Reazione  $E1cb$  e le sue implicazioni in biologia – Dialchilcuprati di Litio (Reattivi di *Gilman*) ed Impiego nella Sintesi degli Alcani (Sintesi di *Corey-House*).**

➤ *Paragrafi: 6.1–6.20; Bruice 5.18 e 11.4; McMurry 11.10 e 11.11*

## MODULO 3. SINTESI E REAZIONI DI ALCHENI, ALCHINI, ALCOLI, ETERI, EPOSSIDI, SOLFURI E DIENI

### 7. STRUTTURA E SINTESI DEGLI ALCHENI

Descrizione degli Orbitali del Doppio Legame – Nomenclatura – Isomeri *Cis-Trans* ed *E/Z* – Stabilità: Calori di Idrogenazione, Influenza della Sostituzione e Differenza Energetica tra gli Isomeri *Cis-Trans* – Proprietà Fisiche – Sintesi per Eliminazione da Alogenuri Alchilici: Deidrogenazione Mediante Meccanismo  $E2$ , Regioselettività (Prodotto di *Zaitsev* o di *Hofmann*) e Stereospecificità, Le Reazioni  $E2$  di Sistemi Cicloesani, Deidrogenazione Mediante Meccanismo  $E1$  – Sintesi per Disidratazione di Alcoli.

➤ *Paragrafi: 7.1–7.8*

### 8. REAZIONI DEGLI ALCHENI

Reattività del Doppio Legame Carbonio-Carbonio – Addizione Elettrofila – Addizione di Acidi Alogenidrici (Regola di *Markovnikov*) – Addizione Radicalica di HBr (*Anti-Markovnikov*) – Addizione di Acqua Catalizzata da Acidi – Idratazione Mediante Ossimercuriazione-Demercuriazione ed Idroborazione-Ossidazione – Addizione di Alogeni: Meccanismo e Stereochimica – Formazione di Aloidrine – Idrogenazione Catalitica – Epossidazione con Perossiacidi (Reazione di *Prilezhaev*) – Apertura degli Epossidi Acido-Catalizzata – Di-Ossidrilazione *Sin* – Scissione Ossidativa

(Ozonolisi).

➤ *Paragrafi: 8.1–8.13*

## 9. ALCHINI

Nomenclatura – Proprietà Fisiche – Struttura Elettronica – Acidità e Formazione di Ioni Acetiluro – Sintesi a Partire da Acetiluri: Alchilazione ed Addizione ai Gruppi Carbonilici – Sintesi Mediante Reazioni di Eliminazione – Reazioni di Addizione: Idrogenazione Catalitica ad Alcani ed Alcheni *Cis*, Riduzione con Metallo-Ammoniaca ad Alcheni *Trans*, Addizione di Acidi Alogenidrici, Idratazione (Tautomeria Cheto-Enolica Acido-Catalizzata e Base-Catalizzata).

➤ *Paragrafi: 9.1–9.8*

## 10. ALCOLI

Struttura e Classificazione – Nomenclatura di Alcoli e Fenoli – Proprietà Fisiche: Punti di Ebollizione e Solubilità – Acidità degli Alcoli e dei Fenoli: Effetti sull’Acidità e Formazione di Alcossidi – **Riepilogo delle Sintesi già Esaminate: Sostituzione Nucleofila, Idratazione Acido-Catalizzata di Alcheni, Ossimercuriazione-Demercuriazione, Idroborazione-Ossidazione, Di-Ossidrilazione *Sin* ed *Anti* di Alcheni, Addizione di Acetiluri a Composti Carbonilici** – Reattivi Organometallici nella Sintesi degli Alcoli: Reattivi di *Grignard* e di Organolitio – Addizione di Reattivi Organometallici a Composti Carbonilici: Aldeidi, Chetoni, Alogenuri Acilici ed Esteri – Addizione di Reattivi Organometallici ad Epossidi – Riduzione del Gruppo Carbonilico: Mediante Sodio Boroidruro e Litio Alluminioidrato, Idrogenazione Catalitica di Aldeidi e Chetoni – Tioli (Mercaptani) – Reazioni e Stati di Ossidazione – Ossidazione con Acido Cromico (Ossidazione di *Jones*) e Piridinio Clorocromato (PCC, Ossidazione di *Corey*) – Ossidazione Biologica con Alcol Deidrogenasi (ADH) e Nicotinammide Adenin Dinucleotide (NAD) – Alcol come Nucleofili ed Elettrofili: Formazione dei Tosilati e Reazioni  $S_N2$  degli Esteri Tosilici – Reazioni con gli Acidi Alogenidrici e Reattivo di *Lucas* – Reazioni con Alogenuri del Fosforo – Reazioni con il Cloruro di Tionile – Reazioni di Disidratazione: Formazione di Alcheni ed Eteri – Reazioni Tipiche dei Dioli: La Trasposizione Pinacolica e la Scissione con Acido Periodico (Reazione di *Malaprade*) – Esterificazione di *Fischer* – Reazioni degli Alcossidi: La Sintesi degli Eteri di *Williamson*.

➤ *Paragrafi: 10.1–10.22*

## 11. ETERI, EPOSSIDI E SOLFURI

Proprietà Fisiche degli Eteri: Struttura e Polarità, Punti di Ebollizione e Legami ad Idrogeno, Utilizzo come Solventi – Nomenclatura degli Eteri – **La Sintesi degli Eteri di *Williamson*** – Sintesi degli Eteri per Alcossimercuriazione-Demercuriazione – **Sintesi Industriale degli Eteri: Condensazione Bimolecolare degli Alcoli (Disidratazione)** – Scissione degli Eteri con HBr ed HI – Tioeteri (Solfuri) – Sintesi degli Epossidi: **con Perossiacidi (Reazione di *Prilezhaev*)**, Ciclizzazione delle Aloidrine in Ambiente Basico – Apertura Acido-Catalizzata degli Epossidi: in Acqua, in Soluzione Alcolica, con Acidi Alogenidrici – Apertura Base-Catalizzata degli Epossidi – Orientazione dell’Apertura d’Anello degli Epossidi – Reazioni degli Epossidi con Reattivi di *Grignard* e di Organolitio.

➤ *Paragrafi: 11.1–11.13*

## 12. LA CHIMICA DEI DIENI

Stabilità – Orbitali Molecolari di un Sistema Coniugato – Cationi Allilici – Addizioni 1,2 ed 1,4 ai Dieni Coniugati – Controllo Cinetico e Termodinamico nell’Addizione di HBr all’1,3-butadiene – Radicali Allilici e Bromurazione Radicalica Allilica (Reazione di *Wohl-Ziegler*) – La Reazione Periciclica di *Diels-Alder*: Requisiti Stereochimici e Reagenti Asimmetrici.

➤ *Paragrafi: 12.1–12.8*



**PROGRAMMA DEL CORSO DI CHIMICA ORGANICA II****MODULO 4. I COMPOSTI AROMATICI****13. COMPOSTI AROMATICI**

La Scoperta del Benzene – La Struttura e le Proprietà del Benzene – Gli Orbitali Molecolari del Benzene – Gli Orbitali Molecolari del Ciclobutadiene – Composti Aromatici, Antiaromatici e Non-Aromatici – La Regola di *Hückel* – Ioni Aromatici – Composti Eterociclici Aromatici: Piridina, Pirrolo, Pirimidina, Purina, Imidazolo, Furano e Tiofene – Idrocarburi Policiclici Aromatici – Composti Eterociclici Fusi – Nomenclatura dei Derivati del Benzene – Proprietà Fisiche di Benzene e Derivati.

➤ *Paragrafi: 13.1–13.12*

**14. REATTIVITÀ DEI COMPOSTI AROMATICI**

Sostituzione Elettrofila Aromatica – Alogenazione, Nitrazione e Solfonazione del Benzene – Nitrazione del Toluene: L’effetto dei Sostituenti Alchilici – Sostituenti Attivanti Orto,Para-Orientanti – Sostituenti Disattivanti Meta-Orientanti – Alogeni: Disattivanti ma Orto,Para-Orientanti – Effetto di Sostituenti Multipli sulla Sostituzione Elettrofila Aromatica – Alchilazione di *Friedel-Crafts* – Acilazione di *Friedel-Crafts* – Confronto tra Alchilazione e Acilazione di *Friedel-Crafts* – Riduzione di *Clemmensen* – Sostituzione Nucleofila Aromatica: Meccanismo Via Addizione-Eliminazione e Meccanismo Via Benzino (Eliminazione-Addizione) – Sostituzioni Aromatiche Mediate da Reattivi Organometallici: Reazioni di *Gilman*, *Heck* e *Suzuki* – Reazioni in Catena Laterale dei Derivati del Benzene: Ossidazione con Permanganato, Alogenazione in Catena Laterale, Sostituzione Nucleofila in Posizione Benzilica – Sintesi dei Fenoli: Processo *Dow*, **Fusione alcalina ed Ossidazione del Cumene** – Reazioni dei Fenoli: Ossidazioni a Chinoni e Sostituzione Elettrofila Aromatica.

➤ *Paragrafi: 14.1–14.15; Botta 17.4*

**25. LA CHIMICA DEGLI ETEROCICLI AROMATICI**

Nomenclatura e Struttura degli Eterocicli Aromatici – Basicità ed Acidità dei Composti Eterociclici Azotati – La Chimica del Furano, del Pirrolo e del Tiofene: Sostituzione Elettrofila Aromatica, Reazioni di Addizione del Furano, Reazioni in Catena Laterale – La Chimica della Piridina: Sostituzione Elettrofila Aromatica sulla Piridina e sulla Piridina-*N*-Ossido, Sostituzione Nucleofila Aromatica e Reazione di *Chichibabin*, Sali di *N*-Alchilpiridinio e loro Reazioni, Reazioni in Catena Laterale sui Derivati Piridinici.

➤ *Paragrafi: Loudon 25.1–25.4A–D*

**MODULO 5. SINTESI E REAZIONI DI ALDEIDI, CHETONI, AMMINE, ACIDI CARBOSSILICI E DERIVATI****15. ALDEIDI E CHETONI**

Composti Carbonilici – Struttura del Gruppo Carbonilico – Nomenclatura – Proprietà Fisiche – **Riepilogo dei Metodi di Sintesi: Ossidazione degli Alcoli e degli Alcheni, Acilazione di *Friedel-Crafts*, Idratazione degli Alchini Catalizzata da Acido e Sali di Mercurio, Idroborazione-Ossidazione degli Alchini** – Formilazione di *Gatterman-Koch* – Sintesi da Nitrili, Cloruri Acilici (Riduzione di *Rosenmund*) ed Esteri – Reazioni: Introduzione all’Addizione Nucleofila – La Reazione di *Wittig* – Idratazione – Formazione delle Cianidrine – Formazione delle Immine – Condensazione con Idrossilammina ed Idrazine – Formazione di Acetali e Chetali – Ossidazione delle Aldeidi – **Ossidazione di *Bayer-Villiger* dei Chetoni** – Riduzione di Aldeidi e Chetoni: **con Idruri**, per Idrogenazione Catalitica, per Deossigenazione Mediante **Riduzione di *Clemmensen*** e di *Wolff-Kishner*.

➤ *Paragrafi: 15.1–15.16; Bruice 20.5*

**16. AMMINE**

Nomenclatura – Struttura – Proprietà Fisiche – Basicità – Effetti sulla Basicità: Sostituenti, Risonanza ed Ibridazione – Sali di Ammonio – Sostituzione Aromatica di Arilammine e **Piridina** – Alchilazione con Alogenuri Alchilici – Acilazione Mediante Cloruri Acilici – Ammine come Gruppi Uscenti: L’Eliminazione di *Hofmann* – Ossidazione: L’Eliminazione di *Cope* – Reazioni con Acido Nitroso: Diazotazione ed *N-Nitrosammine* – Reazioni dei Sali di Arendiazonio: Sostituzione del Gruppo Diazonio con Idrossido (Idrolisi), Cloruro, Bromuro, Ioduro e Cianuro (Reazioni di *Sandmeyer*), con Fluoruro (Reazione di *Schiemann*) e con Idrogeno – Reazioni di Diazocopolazione – Sintesi Mediante Amminazione Riduttiva – Sintesi Attraverso Acilazione-Riduzione – Sintesi delle Ammine Primarie: Alchilazione Diretta, Sintesi di *Gabriel*, Riduzione di Azidi, Nitrili e Nitro Composti.

➤ *Paragrafi: 16.1–16.17*

**17. ACIDI CARBOSSILICI**

Nomenclatura – Struttura e Proprietà Fisiche: Punti di Ebollizione e di Fusione, Solubilità – Acidità – Sali – Sintesi: **Ossidazione di Alcoli Primari ed Aldeidi con Acido Cromico, Ossidazione di Alcheni e Alchini con Permanganato a Caldo o Scissione Ossidativa con Ozono (Ozonolisi), Ossidazione delle Catene Laterali di Alchilbenzeni con Permanganato a Caldo, Carbonatazione dei Reattivi di Grignard e Reazione di Kolbe-Schmitt**, Formazione ed Idrolisi dei Nitrili – Reazioni degli Acidi Carbossilici e Derivati: Sostituzione Nucleofila Acilica – Condensazione con Alcol: Esterificazione di *Fischer* – Esterificazione con Diazometano – Condensazioni con Ammine: Sintesi Diretta di Ammidi – Riduzione: ad Alcoli con Litio Alluminio Idruro e ad Aldeidi con Litio tri-*tert*-Butossialluminio Idruro o di-Isobutilalluminio Idruro (DIBALH) – Sintesi ed Utilizzo dei Cloruri Acilici.

➤ *Paragrafi: 17.1–17.12; Bruice 19.9*

**18. DERIVATI DEGLI ACIDI CARBOSSILICI**

Struttura e Nomenclatura: Esteri, Ammidi, Nitrili, Alogenuri Acilici, Anidridi, Lattoni, Lattami e Lattidi – Punti di Ebollizione e Punti di Fusione – Interconversione per Sostituzione Nucleofila Acilica: Meccanismo di Addizione-Eliminazione, Reattività dei Derivati – Interconversione fra Derivati: Trasformazione di un Cloruro Acilico in Anidride, Estere ed Ammide (Reazione di *Schotten-Baumann*), Trasformazione di un Estere in Ammide (Ammoniolisi di un Estere), Transesterificazione – Idrolisi Acida e Basica di Alogenuri Acilici, Anidridi, Esteri, Ammidi e Nitrili – Riduzione: ad Alcol, ad Aldeide, ad Ammina – Reazioni con Reagenti Organometallici – Reazione di un Estere con due Equivalenti di un Reattivo di *Grignard* – Tioesteri – Esteri ed Ammidi dell’Acido Carbonico: Uree e Carbammati (Uretani).

➤ *Paragrafi: 18.1–18.14*

**19. ALFA SOSTITUZIONI E CONDENSAZIONI DEI COMPOSTI CARBONILICI**

Alfa Sostituzione – Addizione di un Enolato ad Aldeidi e Chetoni – Sostituzione di un Enolato su un Estere – Enoli e Ioni Enolato: **Tautomeria Cheto-Enolica Base-Catalizzata ed Acido-Catalizzata**, Formazione e Stabilità degli Ioni Enolato – Alchilazione degli Ioni Enolato – Formazione e Alchilazione delle Enammine: La Reazione di *Stork* – Alfa Alogenazione di Chetoni ed Acidi Carbossilici: Base-Promossa ed Acido-Catalizzata, **Reazione Aloformica**, Reazione di *Hell-Volhard-Zelinski* – Addizione Aldolica di Aldeidi e Chetoni: Base-Catalizzata ed Acido-Catalizzata – Disidratazione degli Aldoli (Condensazione) – Addizioni e Condensazioni Aldoliche Incrociate – Pianificazione di una Sintesi Mediante Condensazione Aldolica – La Condensazione di *Claisen* – La condensazione di *Dieckmann* – Condensazione di *Claisen* Incrociata – Acidità e Reazioni dei Composti  $\beta$ -Dicarbonilici – La Sintesi Malonica – La Sintesi Acetoacetica – Addizioni Coniugate: La Reazione di *Michael* – L’Anellazione di *Robinson* – **La reazione di Mannich** – **La Reazione di Reformatsky**.

➤ *Paragrafi: 19.1–19.17; Bruice 19.5; Botta 13.3.3.5 e 14.3.2*

## MODULO 6. BIOMOLECOLE

### 20. CARBOIDRATI ED ACIDI NUCLEICI

Classificazione dei Carboidrati: Monosaccaridi, Disaccaridi e Polisaccaridi – Monosaccaridi: Classificazione e Configurazione D ed L – **Diastereoisomeri Eritro e Treo – Epimeri** – Strutture Cicliche dei Monosaccaridi: Formazione di un Emiacetale Ciclico e Proiezioni di *Haworth* – Anomeri dei Monosaccaridi: la Mutarotazione – **Sintesi di Kiliani-Fischer – Degradazione di Wohl** – Riduzione dei Monosaccaridi ad Alditoli – Ossidazione dei Monosaccaridi ad Acidi Aldonici ed Aldarici – **Degradazione con Acido Periodico** – Zuccheri Riducenti e Test di *Tollens* – Zuccheri Non Riducenti: Formazione di Glicosidi – I Disaccaridi: Cellobiosio, Maltosio, Lattosio, Gentiobiosio e Saccarosio – I Polisaccaridi: Cellulosa, Amilosio, Amilopectina e Glicogeno – Gli Acidi Nucleici – Ribonucleosidi e Ribonucleotidi – Le Strutture dell’RNA e del DNA.

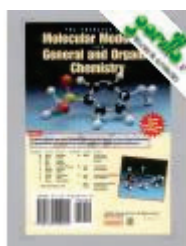
➤ *Paragrafi: 20.1–20.15; Bruice 22.8 e 22.9*

### 21. AMMINOACIDI E PEPTIDI

Amminoacidi, Peptidi e Proteine – Struttura e Stereochimica degli  $\alpha$ -Amminoacidi: Amminoacidi Standard, Essenziali, Rari ed Inusuali – Proprietà Acido-Base degli Amminoacidi – Punti Isoelettrici ed Elettroforesi – **Sintesi: Amminazione Diretta, Amminazione Riduttiva, Sintesi di Gabriel e di Strecker** – Struttura e Nomenclatura di Peptidi e Proteine – Classificazione delle Proteine – Livelli di Organizzazione Strutturale delle Proteine: Struttura Primaria, Secondaria, Terziaria e Quaternaria – **Determinazione della Struttura Primaria di una Proteina: Idrolisi e Separazione per Cromatografia a Scambio Cationico, Degradazione di Edman** – Sintesi di Peptidi e Proteine: Protezione del Residuo *N-Terminale* ed Attivazione di quello *C-Terminale* – Sintesi automatica di *Merrifield*.

➤ *Paragrafi: 21.1–21.7; Bruice 23.6, 23.10–23.13*

## INDICAZIONI UTILI



Molecular Model Set For Organic Chemistry  
ISBN-10: 0205081363  
ISBN-13: 9780205081363  
Prezzo approssimativo: € 53,00

ChemSketch 12.0 Freeware: <http://www.acdlabs.com/download/>

Imparare la chimica con l’aiuto del computer – Nomenclatura IUPAC e struttura di alcheni e alchini:

[http://www.pianetachimica.it/didattica/documenti/Nomenclatura\\_IUPAC\\_new2009.pdf](http://www.pianetachimica.it/didattica/documenti/Nomenclatura_IUPAC_new2009.pdf)