

## Corso di Laurea Magistrale in Medicina e Chirurgia

Insegnamento: **Chimica e Propedeutica Biochimica**

SSD Insegnamento: **BIOS-07/A**

Docente Responsabile: Prof.ssa **Emanuela Stampone** mail: [emanuela.stampone@unicamillus.org](mailto:emanuela.stampone@unicamillus.org)

Numero di CFU: **6**

### Docenti:

Nome Docente: **Stampone Emanuela** (3 CFU) mail: [emanuela.stampone@unicamillus.org](mailto:emanuela.stampone@unicamillus.org)

Nome Docente: **Camilla Bean** (3 CFU) mail: [camilla.bean@unicamillus.org](mailto:camilla.bean@unicamillus.org)

### PREREQUISITI

Non sono previste propedeuticità. Tuttavia, per poter apprendere i contenuti di questo insegnamento è necessario sono richieste conoscenze di matematica, fisica, chimica e biologia che rispondono alla preparazione promossa dalle istituzioni scolastiche che organizzano attività educative e didattiche coerenti con le indicazioni nazionali per i licei e con le linee guida per gli istituti tecnici e per gli istituti professionali.

### OBIETTIVI FORMATIVI

Scopo dell'Insegnamento di Chimica e Propedeutica Biochimica (Chimica generale e Organica, Propedeutica Biochimica e Biochimica), è quello di fornire agli studenti le basi per la comprensione delle leggi fondamentali che governano la materia e le sue trasformazioni con particolare attenzione ai fenomeni biologici a livello atomico e molecolare, in relazione alle applicazioni biomediche.

### RISULTATI DELL'APPRENDIMENTO ATTESI

#### Conoscenza e capacità di comprensione:

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- descrivere la struttura e le trasformazioni della materia e interpretare i fenomeni molecolari che trovano un riscontro negli organismi viventi, con particolare riguardo agli equilibri acido-base, ai tamponi fisiologici, alle leggi dei gas e alla solubilità in equilibri eterogenei, ai fenomeni osmotici e alle proprietà delle soluzioni e alle reazioni di ossidoriduzione
- riconoscere le principali classi di composti organici e i diversi gruppi funzionali, descrivendone le proprietà chimico-fisiche e la reattività, anche in relazione alle funzioni delle macromolecole biologiche
- riconoscere le diverse classi di molecole di interesse biologico, descrivendone le strutture e sapendone indicare le funzioni

#### Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- riconoscere la tipologia di legami chimici ed eseguire semplici bilanciamenti delle reazioni
- eseguire semplici ma fondamentali calcoli sulle concentrazioni delle soluzioni e osmolarità

- applicare le conoscenze acquisite nell'ambito della termodinamica ai processi di trasformazione chimico-fisica di interesse biomedico
- applicare le conoscenze acquisite ai processi che governano la respirazione, il mantenimento dell'equilibrio osmotico, gli equilibri acido-base dei fluidi biologici
- scrivere e riconoscere le formule e i legami chimici dei principali composti organici di interesse biologico
- applicare la conoscenza dei meccanismi delle reazioni dei composti organici alla comprensione delle reazioni biochimiche e prevedere la reattività delle biomolecole sulla base dei loro gruppi funzionali

### **Abilità comunicative**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- esprimere in modo chiaro e efficace le proprie informazioni e conoscenze

### **Autonomia di giudizio**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- valutare criticamente le informazioni
- formare opinioni informate
- prendere decisioni autonome

### **Capacità di apprendimento**

Al termine del corso lo studente sarà in grado di:

- apprendere in modo autonomo e continuo
- aggiornare le proprie competenze e conoscenze

## **PROGRAMMA**

Unità didattica 1.

### La struttura dell'atomo, la tavola periodica degli elementi e i legami chimici

Descrivere e interpretare:

- La costituzione della materia. Fondamenti della teoria atomica. Struttura del nucleo atomico, neutroni e protoni. Numero atomico e numero di massa. Massa atomica. Gli isotopi.
- Cenni alle proprietà magnetiche del nucleo come base per lo strumento diagnostico della Risonanza Magnetica Nucleare.
- Elementi e composti: mole e molecola. I numeri quantici, gli orbitali, il principio di esclusione di Pauli ed il principio di indeterminazione di Heisenberg. Regola di Hund. La configurazione elettronica degli elementi.
- I radioisotopi e la radioattività. Il decadimento radioattivo (radiazioni  $\alpha$ ,  $\beta$ , positroni, gamma, X): unità di misura anche rispetto all'effetto di tossicità biologica, correlazioni di interesse per applicazioni biomediche.
- Il sistema periodico degli elementi. Proprietà periodiche: configurazione elettronica esterna, volume atomico, potenziale di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività. Elementi chimici di rilevanza biologica. La regola dell'ottetto.
- Concetto di molecola e di ione poliatomico. Massa molecolare.
- Il legame chimico. Orbitale di legame. Legame covalente: omopolare, eteropolare, dativo. Legame

ad elettroni delocalizzati. Il legame ionico. Ibridazione degli orbitali: sp, sp<sup>2</sup>, sp<sup>3</sup>. Teoria VSEPR. Orbitali molecolari sigma e pi-greco. Angolo di legame.

- Nomenclatura e struttura dei principali composti inorganici di interesse biomedico. Esempi di struttura di composti chimici binari e ternari, scrittura e riconoscimento delle formule di struttura (ossidi, acidi, basi, sali). Nomenclatura IUPAC e tradizionale. Interazioni deboli (legame idrogeno e forze di van der Waals) e interazioni idrofobiche.

Unità didattica 2.

#### Stati di aggregazione della materia e principi di termodinamica

Descrivere e interpretare:

- Lo stato solido: solidi ionici, molecolari, covalenti e metallici.
- Lo stato aeriforme. Temperatura assoluta. Leggi di Boyle, Charles e Gay Lussac. Equazione di stato dei gas perfetti. I gas reali e l'equazione di Van der Waals. La legge di Avogadro. Il concetto di mole e il numero di Avogadro. Cenni sulla teoria cinetica dei gas. La legge di Maxwell-Boltzmann.
- Gas e vapori. L'equilibrio gas-liquido: la pressione di vapore.
- Lo stato liquido: ebollizione, calore di evaporazione. Diagrammi di fase: confronto tra acqua ed anidride carbonica. Tensione superficiale. Rilevanza dei cambiamenti di stato in medicina: l'evaporazione del sudore e la termoregolazione. Esempio di applicazione della legge dei gas alla respirazione.
- I sistemi termodinamici. I principi della termodinamica. Definizioni delle funzioni di stato. Entalpia. Trasformazioni esotermiche ed endotermiche (cambiamenti di stato). Entropia. Energia libera di Gibbs. Trasformazioni reversibili e irreversibili (esoergoniche, endoergoniche). Energia libera ed equilibrio chimico.

Unità didattica 3.

#### Miscela e soluzioni e le proprietà colligative delle soluzioni

Descrivere e interpretare:

- Tipi di miscele: omogenee ed eterogenee (dispersioni, sospensioni, colloidali, aerosol).
- Tipi di soluzioni: soluzioni gassose, soluzioni liquide, soluzioni solide.
- Solubilità: l'acqua come solvente. L'acqua e i soluti ionici, proprietà degli elettroliti. Gli elettroliti nei fluidi biologici. L'acqua e i soluti molecolari. Solubilità dei gas nei liquidi: la legge di Henry.
- Unità di misura della concentrazione delle soluzioni: percentuali peso/peso, peso/volume, volume/volume. Molarità, frazione molare. Il concetto di equivalente in ambito biomedico.
- La concentrazione nelle miscele di gas: la legge di Dalton. L'aria e la sua composizione, aria inspirata e aria espirata. Esempi di soluzioni rilevanti per aspetti biomedici.
- Definizione di proprietà colligativa. Interazioni tra solvente e soluto. La legge di Raoult. Abbassamento della pressione di vapore. Innalzamento della temperatura di ebollizione. Abbassamento della temperatura di congelamento.
- Soluzioni elettrolitiche e fattore correttivo di van't Hoff. Tipi di membrane e passaggio di soluti: diffusione, osmosi e osmolarità. Confronto tra le proprietà osmotiche delle soluzioni.
- L'osmolarità dei liquidi intracellulari ed extracellulari. Soluzioni isotoniche, ipertoniche e ipotoniche.

Unità didattica 4.

#### Generalità sulle reazioni chimiche, cinetica ed equilibrio chimico

Descrivere e interpretare:

- Definizioni delle reazioni chimiche.
- Conservazione di massa, energia e carica elettrica. Reversibilità. Tipi di reazioni chimiche. Reazioni di neutralizzazione. Reazioni di precipitazione. Reazioni di ossido-riduzione. Bilanciamento delle reazioni.
- Definizione di cinetica di reazione. Reazioni a più stadi. Fattori che influenzano la velocità di una reazione. Ordine di una reazione e moleolarità. La legge di Arrhenius e la teoria degli urti efficaci. L'energia di attivazione. La teoria dello stato di transizione. I catalizzatori: catalizzatori omogenei ed eterogenei.
- Cenni sui catalizzatori biologici: gli enzimi.
- Equilibrio chimico.
- Reazioni reversibili ed irreversibili. Costante di equilibrio e legge d'azione di massa. Equilibrio chimico omogeneo ed eterogeneo. Differenza tra equilibrio chimico e stato stazionario. Principio dell'equilibrio mobile. Il quoziente di reazione. Effetto della temperatura sulla costante di equilibrio. Equilibri multipli. Equilibri eterogenei solido-liquido. Prodotto di solubilità, effetto dello ione in comune. Rilevanza degli equilibri chimici nei processi biologici.

Unità didattica 5.

Acidi, basi, sali, pH, soluzioni tampone; reazioni di ossido-riduzione ed elettrochimica

Descrivere e interpretare:

- La teoria di Arrhenius. La teoria di Bronsted e Lowry. Cenni sulla teoria di Lewis. La reazione di autoprotolisi dell'acqua. La  $K_w$ . Il concetto di pH e pOH. Costanti di dissociazione,  $K_a$  e  $K_b$ . Acidi forti e acidi deboli,  $pK_a$  e  $pK_b$ . Indicatori di pH. Il pH di una soluzione di acido/base forte o di acido/base debole. Acidi poliprotici e basi poliprotiche. Forza relativa di un acido e di una base. Reazioni acido-base. Relazione tra la struttura chimica e la forza degli acidi. I sali, comportamento acido o basico dei sali in acqua, costante di idrolisi. Solubilità e pH, esempi di interesse biomedico: ossalato di calcio e fosfato di calcio. Gli argomenti saranno trattati con esempi numerici per coadiuvare la comprensione dei fenomeni descritti.
- Soluzioni tampone, esempi di tamponi di acidi deboli e basi deboli. L'equazione di Henderson e Hasselbalch. Efficienza di un sistema tampone. L'equilibrio acido-base nei fluidi biologici: il tampone acido carbonico/bicarbonato, il tampone diidrogeno fosfato/ idrogenofosfato, le proteine come sistemi tampone. Il pH del sangue e i tamponi del sangue. L'importanza e la funzione dei tamponi in ambito biomedico.
- Il numero di ossidazione e le reazioni di ossido-riduzione. I sistemi elettrochimici. Definizione di anodo e catodo. Tipi di conduttori.
- I semielementi. I potenziali redox standard. L'equazione di Nernst. Reazioni spontanee e lavoro chimico: relazione tra variazione di energia libera di Gibbs e differenza di potenziale. La relazione tra potenziali di riduzione e costante di equilibrio. Pile a concentrazione.
- Importanza delle reazioni di ossido-riduzione in ambito biomedico.

Unità didattica 6.

Proprietà del carbonio e reattività dei composti organici, idrocarburi, alogenuri alchilici, idrocarburi aromatici e derivati

Descrivere e interpretare:

- Proprietà e ibridazione del carbonio. I gruppi funzionali. Rappresentazione dei composti carboniosi

- Regole generali di nomenclatura IUPAC.
- Ossidazioni e riduzioni in chimica organica. Tipi di reazioni organiche. Effetto induttivo: elettrone donatore, elettrone attrattore. Effetto di delocalizzazione o mesomero.
- Rottura di un legame: omolitico ed eterolitico. Carbocationi e carboanioni. Stabilità dei carbocationi. Nucleofili ed elettrofili.
- Acidità e basicità dei composti organici.
- Idrocarburi saturi ed insaturi.
- Alcani e cicloalcani: nomenclatura IUPAC, proprietà chimico-fisiche e reazioni caratteristiche. Tensione di legame nei cicloalcani. Reazioni degli alcani: ossidazione, sostituzione radicalica.
- Alcheni: nomenclatura IUPAC, proprietà chimico-fisiche e principali reazioni (addizione elettrofila, stabilità dei carbocationi). Delocalizzazione elettronica e dieni coniugati.
- Idrocarburi ciclici ed eterociclici. Gli alogenoderivati degli idrocarburi. Le reazioni degli alogenuri alchilici: sostituzione nucleofila con meccanismo S<sub>N</sub>2 e S<sub>N</sub>1, reazioni di eliminazione con meccanismo E1 ed E2.
- Il benzene, composti aromatici e regola di Huckel.
- Nomenclatura degli idrocarburi aromatici. Derivati del benzene. Reazioni del benzene: sostituzione elettrofila aromatica. Effetto attivante e disattivante dei sostituenti.
- Tossicità dei composti aromatici.

#### Unità didattica 7.

I gruppi funzionali e isomerie: alcoli, fenoli, eteri, tioli e tioeteri; aldeidi e chetoni; acidi carbossilici e derivati, ammine e ammidi

Descrivere e interpretare:

- Proprietà chimico-fisiche e nomenclatura. Reazioni degli alcoli: disidratazione, ossidazione sostituzione nucleofila. Alcol di rilevanza biomedica: l'etanolo. Alcoli aromatici, fenolo e derivati; acidità del fenolo. Eteri. Tioli e tioeteri. Epossidi.
- Proprietà chimico-fisiche e nomenclatura delle aldeidi e dei chetoni. Reazioni delle aldeidi e dei chetoni: ossidazione, riduzione, reazioni di addizione nucleofila. Emiacetali ed emichetali, acetali e chetali.
- Proprietà dell'idrogeno in alfa al carbonile. Tautomeria cheto-enolica e sua importanza biologica.
- Reazione di condensazione aldolica. Chinoni ed idrochinoni. Un esempio di rilevanza biomedica: l'ubichinone.
- Proprietà chimico-fisiche e nomenclatura. Reazioni degli acidi carbossilici: salificazione, sostituzione nucleofila acilica.
- Derivati degli acidi carbossilici: alogenuri acilici, anidridi, esteri e tioesteri, ammidi, acilfosfati. Esterificazione di Fischer. Idrolisi basica e acida degli esteri. Condensazione di Claisen. Reazioni degli acidi carbossilici contenenti altri gruppi funzionali: formazione dei lattoni e decarbossilazione dei chetoacidi.
- I derivati organici dell'acido fosforico. L'importanza degli acilfosfati in Biochimica.

- Proprietà chimico-fisiche e nomenclatura delle ammine. Basicità e reazioni delle ammine: nucleofilicità delle ammine, alchilazione. Nitrosammine. Ammonio quaternario: la colina. Immine o basi di Schiff.
- Esempi di importanza biomedica: l'urea.
- Reazioni di idrolisi delle ammidi.
- Definizione e tipi di isomeria: isomeri costituzionali e stereoisomeri (isomeri conformazionali e configurazionali).
- Potere ottico rotatorio specifico. Convenzione di Fischer e convenzione destrorotatorio/levorotatorio.
- Diastereomeri, epimeri, anomeri e mesocomposti. Miscele racemiche. Cenni sulle regole di priorità. Convenzione E/Z e convenzione R/S
- Significato degli enantiomeri, diastereoisomeri e forme meso nelle scienze biomediche.

#### Unità didattica 8. Amminoacidi e proteine, carboidrati, lipidi, nucleotidi e polinucleotidi (1 CFU)

Descrivere e interpretare:

- Struttura e nomenclatura degli amminoacidi, nomi abbreviati. Classificazione degli amminoacidi in base al gruppo R. Amminoacidi essenziali o non essenziali.
- Identificazione e caratteristiche delle catene laterali degli amminoacidi proteici. Stereochimica degli amminoacidi e rappresentazione secondo la convenzione di Fischer.
- Proprietà acido-base degli amminoacidi e punto isoelettrico.
- Il legame peptidico e la sua formazione. Caratteristiche del legame peptidico. Livelli strutturali delle proteine: struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria. Interazioni deboli e ponti disolfuro.
- Struttura, nomenclatura e stereochimica dei carboidrati. Monosaccaridi: isomeri, epimeri, anomeri e tautomeri. Amminozuccheri. Ciclizzazione dei monosaccaridi. Mutarotazione. Reazioni dei monosaccaridi: ossidazione, riduzione, reazione di Maillard e prodotti di Amadori, condensazione. Il legame glicosidico. Disaccaridi. Oligosaccaridi e loro derivati. Polisaccaridi: omopolisaccaridi (amido, cellulosa, glicogeno) ed eteropolisaccaridi (glicosaminoglicani).
- Struttura e nomenclatura degli acidi grassi. Acidi grassi saturi ed insaturi. Acidi grassi essenziali. Insaturazione e proprietà fisiche e chimiche. I trigliceridi e la loro funzione: oli e grassi. Lipidi complessi: glicerofosfolipidi, sfingolipidi, glicolipidi. Colesterolo e derivati steroidei di interesse biomedico.
- Basi azotate: definizione e caratteristiche strutturali dei nucleosidi e dei nucleotidi Nucleotidi e polinucleotidi. Struttura chimica ed importanza biologica dell'ATP e di altri nucleotidi liberi. Legame fosfodiesterico.

#### **MODALITÀ DI INSEGNAMENTO**

L'insegnamento è strutturato in 60 ore di didattica frontale, suddivise in base al calendario accademico, comprensive di parti teoriche ed esercitazioni. La frequenza è obbligatoria.

#### **MODALITÀ DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

La verifica della preparazione degli studenti avverrà con esame scritto e orale. La prova scritta sarà costituita da un test con 30 domande a risposta aperta e/o a risposta multipla. Per ogni risposta corretta verrà attribuito 1 punto. Per ogni risposta errata o mancante verranno assegnati 0 punti. Il

punteggio è attribuito in trentesimi. Per superare la prova scritta è necessario raggiungere un punteggio pari o superiore a 15. Durante la prova orale si valuterà la capacità da parte dello studente di applicare le conoscenze e si assicurerà che le competenze siano adeguate a sostenere e risolvere problemi di natura chimico e biochimico-medica. Saranno inoltre valutati: autonomia di giudizio, abilità comunicative, capacità di apprendimento secondo quanto indicato nei descrittori di Dublino. Il punteggio finale sarà espresso in trentesimi. L'esame sarà considerato superato se lo studente totalizza un punteggio finale pari o superiore a 18/30.

I criteri di valutazione considerati saranno: conoscenze acquisite, autonomia di giudizio, abilità comunicative e capacità di apprendimento.

Complessivamente, la prova di esame sarà valutata secondo i seguenti criteri:

La prova di esame sarà complessivamente valutata secondo i seguenti criteri:

- **Non idoneo:** importanti carenze e/o inaccuratezze nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni.
- **18-20:** conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.
- **21-23:** conoscenza e comprensione degli argomenti appropriata ma non approfondita; capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente.
- **24-26:** discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso.
- **27-29:** conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio.
- **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.

## ATTIVITÀ DI SUPPORTO

Oltre all'attività di didattica frontale, gli studenti potranno usufruire delle ore di ricevimento con i docenti dell'insegnamento di chimica e biochimica. Il ricevimento studenti avviene previo appuntamento scrivendo via email.

## TESTI CONSIGLIATI:

Tutti i libri di testo disponibili in commercio, compresi quelli di ultima uscita che hanno già una notevole diffusione nazionale, tra cui:

- *Chimica Generale, Chimica Organica, Propedeutica, Biochimica 1/Ed. Revisionata*, Denninston K.J., Ed. McGrawHill;
- *Chimica Medica e Propedeutica biochimica con applicazioni cliniche*, Tiziana Bellini, Ed. Zanichelli;
- *Chimica e Propedeutica Biochimica*, terza edizione, Edises;
- *Chimica e Propedeutica Biochimica*, Ed. Piccin.