

MODULO DI CHIMICA E PROPEDEUTICA BIOCHIMICA

Obiettivi Generali del Corso

Fornire 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.

Obiettivi specifici di apprendimento

Obiettivi formativi specifici descritti per unità didattiche:

Unità didattica 1. La struttura dell'atomo, i legami chimici, stati di aggregazione della materia e termodinamica dei sistemi aperti . Descrivere e interpretare:

- La costituzione della materia. La teoria atomica. Struttura dell'atomo: protoni, neutroni e elettroni. Numero atomico e numero di massa. Gli isotopi. Cenni alle proprietà magnetiche del nucleo.
 - I numeri quantici, gli orbitali, il principio di esclusione di Pauli. Regola di Hund. La configurazione elettronica con particolare riferimento agli elementi principalmente presenti negli organismi viventi.
 - Il sistema periodico degli elementi. Proprietà periodiche: configurazione elettronica esterna, volume atomico, potenziale di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività. La regola dell'ottetto.
 - Molecole, ioni e ioni poliatomici. Massa molecolare. Definizione di mole e numero di Avogadro. Unità di massa atomica e massa molecolare.
 - Il legame chimico. Orbitale di legame. Legame covalente: omopolare, eteropolare, legame di coordinazione. Cenni sul legame metallico. Il legame ionico. Ibridazione degli orbitali: sp , sp^2 , sp^3 . Orbitali molecolari sigma e pi-greco. Distanza e energia di legame. Angolo di legame e geometria molecolare. Esempi di molecole polari e apolari biologicamente rilevanti.
 - Interazioni deboli (legame idrogeno e forze di van der Waals) e interazioni idrofobiche.
-
- Numeri di ossidazione. Esempi di formule di struttura e nomenclatura di composti binari e ternari biologicamente rilevanti con atomi di carbonio, ossigeno, azoto, zolfo e fosforo (ossidi, idrossidi, perossidi, acidi, basi, e sali).
 - Cenni sullo stato solido: solidi ionici, molecolari, covalenti e metallici
 - Lo stato aeriforme. Temperatura assoluta. Leggi di Boyle, Charles e Gay Lussac. Applicazione della legge dei gas alla respirazione. Equazione di stato dei gas perfetti. Cenni sulla teoria cinetica dei gas. La legge di Maxwell-Boltzmann.
 - Lo stato liquido: ebollizione, calore di evaporazione. Tensione superficiale. L'equilibrio gas-liquido: la pressione di vapore. Confronto di diagramma di fase di acqua e anidride carbonica. Rilevanza dei cambiamenti di fase di interesse biomedico: l'evaporazione del sudore e la termoregolazione.

- Principi di termodinamica. Definizioni delle funzioni di stato. Entalpia. Trasformazioni esotermiche ed endotermiche (cambiamenti di stato). Entropia. Energia libera di Gibbs. Trasformazioni esoergoniche ed endoergoniche. Variazione di energia libera come criterio di spontaneità ed equilibrio nei sistemi aperti.

Unità didattica 2. Miscele, soluzioni e le proprietà colligative delle soluzioni

Descrivere e interpretare:

- Miscele omogenee ed eterogenee di interesse biologico: soluzioni, sospensioni, colloidi e aerosol.
- Soluzioni gassose, liquide e solide.
- L'acqua come solvente polare. Solubilità: soluti ionici e non ionici. Proprietà degli elettroliti. Gli elettroliti nei fluidi biologici. Solubilità dei gas nei liquidi: la legge di Henry.
- Unità di misura della concentrazione delle soluzioni: percentuali peso/peso, peso/volume, volume/volume. Molarità, molalità, frazione molare.
- La concentrazione nelle miscele di gas: la legge di Dalton. L'aria e la sua composizione, aria inspirata e aria espirata.
- Definizione di proprietà colligative. Interazioni tra solvente e soluto. La legge di Raoult. Abbassamento della pressione di vapore. Innalzamento della temperatura di ebollizione. Abbassamento della temperatura di congelamento. Pressione osmotica e passaggio di soluti attraverso le membrane.
- Soluzioni elettrolitiche. Diffusione, osmosi, osmolarità e osmolalità. Pressione osmotica dei liquidi intracellulari ed extracellulari. Soluzioni isotoniche, ipertoniche e ipotoniche. Soluzione fisiologica e glucosata. Esempi di implicazioni fisiopatologiche del disequilibrio osmotico (emolisi e edema).

- Definizione di cinetica di reazione. Reazioni a più stadi. Fattori che influenzano la velocità di una reazione. Ordine di reazione e molecolarità. La legge di Arrhenius e la teoria degli urti efficaci. L'energia di attivazione. La teoria dello stato di transizione.
- Definizione di catalizzatore e cenni sui catalizzatori biologici, gli enzimi.
- L'equilibrio chimico. Reazioni reversibili ed irreversibili. Costante di equilibrio e legge d'azione di massa. Variazione di energia libera e equilibrio di reazione.
- Differenza tra equilibrio chimico e stato stazionario. Principio dell'equilibrio mobile. Il quoziente di reazione. Effetto della temperatura sulla costante di equilibrio. Esempi di equilibrio eterogeneo solido-liquido (precipitazione di urati). Prodotto di solubilità, effetto dello ione in comune. Esempi di rilevanza biomedica (calcoli renali).

Unità didattica 3. Le reazioni chimiche negli organismi viventi: caratteristiche generali, cinetica e equilibrio chimico. Descrivere e interpretare:

- Definizioni delle reazioni chimiche. Conservazione di massa, energia, carica elettrica e bilanciamento delle reazioni chimiche.

Unità didattica 4. 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 auto-protolisi dell'acqua. La K_w . Il concetto di pH e pOH. Costante di dissociazione, K_a e K_b . Acidi e basi forti, acidi e basi 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. Reazioni acido-base. I sali, comportamento acido o basico dei sali in acqua. Solubilità e pH, esempi di interesse biomedico: ossalato di calcio, fosfato di calcio e urato di sodio.
- 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 pH del sangue e i tamponi del sangue. Il tampone acido carbonico (CO_2)/bicarbonato, il tampone diidrogeno fosfato/idrogenofosfato, le proteine come sistemi tampone. L'importanza e la funzione dei tamponi in ambito biomedico (acidosi e alcalosi).
- Le reazioni di ossido-riduzione. Cella galvanica e definizione di anodo e catodo. Le semireazioni e i potenziali redox standard. L'equazione di Nernst. Relazione tra variazione di energia libera di Gibbs e differenza di potenziale. Reazioni spontanee e lavoro chimico. Esempi di reazioni di ossido-riduzione in ambito biologico. Ossigeno come accettore di elettroni: bilancio termodinamico della respirazione cellulare. Le reazioni di Fenton e Haber-Weiss come esempio di reazioni di ossido-riduzione non enzimatiche dell'ossigeno in presenza dello ione Ferro per la formazione del radicale idrossilico.

Unità didattica 5. Proprietà del carbonio e reattività dei composti organici, idrocarburi, alogenuri alchilici, idrocarburi aromatici e derivati. Descrivere e interpretare:

- Proprietà e ibridazione del carbonio. Rappresentazione dei composti carboniosi. Idrocarburi saturi ed insaturi, ciclici ed eterociclici. Regole generali di nomenclatura IUPAC.
- Stereochimica: diastereoisomeri, enantiomeri, epimeri e miscele racemiche. Cenni sulle regole di priorità e convenzione R/S. Potere ottico rotatorio specifico. Convenzione destrorotatorio/levorotatorio. Convenzione di Fischer.
- Rottura omolitica del legame chimico e reazioni radicaliche.
- Rottura eterolitica del legame chimico. Carbocationi e carbanioni e loro stabilità. Effetto induttivo: elettrone donatore, elettrone attrattore. Delocalizzazione degli elettroni. Nucleofili ed elettrofili biologicamente rilevanti. Reazioni di sostituzione nucleofila con meccanismo S_N2 e S_N1 e reazioni di eliminazione.
- Alcani e cicloalcani: struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche e rilevanza biomedica. Tensione di legame nei cicloalcani. Reazioni: ossidazione.
- Alcheni: struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche e rilevanza biomedica. Delocalizzazione elettronica e dieni coniugati. Reazioni: addizione elettrofila.
- Idrocarburi aromatici: struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche e rilevanza biomedica. Il benzene e composti aromatici eterociclici (pirimidine) e policiclici (purine). Regola di Huckel. Cenni sulle reazioni dei composti derivati del benzene: sostituzione elettrofila aromatica. Effetto attivante e disattivante dei sostituenti. Tossicità dei composti aromatici.

Unità didattica 6. I gruppi funzionali e isomerie: alcoli, fenoli, eteri; aldeidi e chetoni; acidi carbossilici e derivati, ammine e ammidi . Descrivere e interpretare:

- Alcoli e fenoli: struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche e rilevanza biologica. Reazioni: disidratazione, ossidazione, sostituzione nucleofila. Etanolo. Fenolo e derivati: acidità del fenolo. Esempi di alcoli e fenoli di rilevanza biologica.
- Ammine: struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche e rilevanza biomedica. Basicità e nucleofilicità. Reazioni: alchilazione, formazione di sali. Nitrosammine. Colina e altri esempi di ammine di rilevanza biologica.
- Aldeidi e Chetoni: struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche e rilevanza biologica. Reazioni: ossidazione, riduzione, addizione nucleofila, condensazione aldolica. Emiacetali ed emichetali, acetali e chetali, immine o basi di Schiff. Proprietà dell'idrogeno in alfa al carbonile. Tautomeria cheto-enolica e sua importanza biologica. Chinoni ed idrochinoni: ubiquinone e suo ruolo come trasportatore di elettroni.
- Acidi carbossilici e loro derivati di interesse biologico (anidridi, esteri, ammidi): struttura, nomenclatura, proprietà chimico-fisiche, acidità. Reazioni con esempi biologici: salificazione, decarbossilazione, sostituzione nucleofila acilica; esterificazione di Fischer; idrolisi degli esteri e transesterificazione; condensazione di Claisen di esteri. Decarbossilazione dei chetoacidi. Idrolisi delle ammidi

Unità didattica 7. Amminoacidi e proteine, carboidrati, lipidi, nucleotidi, polinucleotidi e acidi nucleici . Descrivere e interpretare:

- Amminoacidi: Struttura, nomenclatura e nomi abbreviati. Classificazione in base alla catena laterale e alle sue proprietà. 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. Amminoacidi essenziali e non essenziali.
- Illegame peptidico e la sua formazione dalla reazione di un amminoacido esterificato con il gruppo amminico di un altro amminoacido. Caratteristiche del legame peptidico.

Definizione dei livelli strutturali delle proteine: struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria. Interazioni deboli e ponti disolfuro.

- Carboidrati: struttura, nomenclatura e stereochimica dei carboidrati. Monosaccaridi: isomeri, epimeri, anomeri e tautomeri. Ciclizzazione dei monosaccaridi. Mutarotazione. Reazioni dei monosaccaridi: ossidazione, riduzione, condensazione. Il legame glicosidico. Disaccaridi. Oligosaccaridi e loro derivati. Amminozuccheri. Polisaccaridi: omopolisaccaridi (amido, cellulosa, glicogeno) ed eteropolisaccaridi (glicosamminoglicani).
- Acidi grassi saturi e insaturi: struttura, nomenclatura, proprietà fisiche e reazioni. I trigliceridi e le loro funzioni: oli e grassi. Lipidi complessi: glicerofosfolipidi, sfingolipidi, glicolipidi. Colesterolo e cenni sui suoi derivati di interesse biologico (ormoni steroidei, acidi biliari e vitamina D)

- Basi azotate, nucleosidi e nucleo/di: struttura, nomenclatura. Importanza biologica dell'ATP. I dinucleotidi nelle reazioni di ossido-riduzione biologiche (NAD^+/NADH , FAD/FADH_2).
- Il legame fosfodiester e la struttura degli acidi nucleici: DNA e RNA.
- Modificazioni non enzimatiche delle macromolecole biologiche. Principali reazioni del radicale idrossilico con lipidi, proteine e DNA.