

# PROGRAMMI DI ESAME PER IV ANNO

- Corsi di Laurea magistrale in Matematica, Informatica e affini
- Corsi di Laurea magistrale in Fisica e affini
- Corsi di Laurea magistrale in Chimica, Scienze e tecnologie geologiche e affini
- Corsi di Laurea magistrale in Biologia molecolare e cellulare e affini

## PROGRAMMA DI ESAME - CORSI DI LAUREA MAGISTRALE IN MATEMATICA, INFORMATICA E AFFINI

### I.a. Prerequisiti di Matematica

#### Algebra

Proprietà elementari dei numeri interi. Algoritmo di divisione. Algoritmo euclideo. Numeri primi. Esistenza e unicità della scomposizione in primi.

Coefficienti binomiali.

Congruenze e loro proprietà. Classi di congruenza. Funzione di Eulero. Teorema di Eulero.

Il campo complesso. Rappresentazione trigonometrica dei numeri complessi.

Modulo e argomento di un numero complesso, e sua rappresentazione trigonometrica. Modulo e argomento di un prodotto. Radici di un numero complesso.

Permutazioni. Scomposizione come prodotto di cicli. Segno di una permutazione.

Gruppi e loro proprietà. Sottogruppi normali. Quozienti. Teorema di Lagrange. Il gruppo simmetrico e il gruppo alternante. Azioni di gruppo, e applicazioni alla struttura dei gruppi finiti. Teoremi di Sylow.

Anelli e ideali. Domini e campi. Domini euclidei. Domini a ideali principali.

Domini a fattorizzazione unica. Lemma di Gauss.

Polinomi a coefficienti in un campo, e loro aritmetica. Radici. Polinomi irriducibili.

Polinomi reali irriducibili. Criterio di Eisenstein per l'irriducibilità di polinomi razionali.

Estensioni di campi. Estensioni finite, grado di un'estensione. Campi di spezzamento. Struttura dei campi finiti.

Gruppi di automorfismi di estensioni finite. Estensioni di Galois. Corrispondenza di Galois.

Moduli su anelli commutativi. Teorema di struttura per i moduli finitamente generati su domini ad ideali principali. Anelli commutativi noetheriani.

Teorema della base di Hilbert.

#### Geometria

Esempi elementari di curve e superfici nel piano e nello spazio. Coniche piane.

Calcolo matriciale. Sistemi di equazioni lineari. Eliminazione gaussiana.

Determinante. Rango.

Spazi vettoriali. Dimensione. Matrici e trasformazioni lineari. Nucleo e immagine di una trasformazione lineare. Sottospazi. Somme e somme dirette.

Autovettori e autovalori. Autospazi. Polinomi caratteristici. Traccia. Forma canonica di Jordan. Teorema di Jordan. Teorema di Cayley–Hamilton.  
Forme bilineari e forme hermitiane. Forme quadratiche, e loro diagonalizzazione.  
Forme definite e semi-definite.

Prodotti interni reali e hermitiani. Disuguaglianza di Schwarz. Basi ortogonali e ortonormali. Procedimento di Gram–Schmidt. Complemento ortogonale di un sottospazio.

Matrici ortogonali e unitarie. Matrici simmetriche e hermitiane. Isometrie tra spazi euclidei. Teorema spettrale.

Spazi proiettivi. Sottospazi lineari. Riferimenti proiettivi. Proiettività'.

Teorema fondamentale della geometria proiettiva: dati due riferimenti proiettivi in  $P^n$ , esiste un'unica proiettività' di  $P^n$  che porta l'uno nell'altro.

Classificazione delle quadriche reali e complesse, in ambito affine e proiettivo.

Spazi metrici. Spazi topologici. Applicazioni continue.

Spazi di Hausdorff. Spazi connessi; connessione dell'immagine di uno spazio connesso. Spazi compatti; compattezza dell'immagine di uno spazio compatto.

Spazi localmente connessi. Spazi localmente compatti. Spazi connessi per archi.

Spazi localmente connessi per archi.

Spazi prodotto. Prodotto di spazi connessi e di spazi compatti.

Spazi quoziente. Topologia degli spazi proiettivi reale e complesso.

Gruppo fondamentale. Rivestimenti. Connessione tra rivestimenti e gruppo fondamentale.

Curve parametrizzate nello spazio. Lunghezza. Formule di Frenet.

Superfici parametrizzate nello spazio. Orientazione. Applicazione di Gauss.

Forme fondamentali. Curvatura. Theorema Egregium. Geodetiche.

## Analisi

Costruzione e assiomatizzazione dei numeri reali e complessi, assiomi di Dedekind, estremo inferiore e superiore.

Successioni, limiti, operazioni con i limiti, criterio di Cauchy. Serie numeriche e criteri di convergenza. Serie di potenze, raggio di convergenza. Teorema di Bolzano–Weierstrass.

Funzioni, grafici, funzione composta e funzione inversa. Continuità', discontinuità', funzioni monotone. Immagine mediante funzioni continue di intervalli.

Uniforme continuità'. Funzioni continue invertibili.

Derivata e sue proprietà'. Derivata delle funzioni elementari. Differenziale e derivate successive. Massimi e minimi relativi, teorema del valor medio, formule di Taylor e sviluppi in serie delle funzioni elementari. Funzioni convesse e concave.

Integrale di Riemann e integrabilità' delle funzioni continue e monotone. Teorema fondamentale del calcolo integrale. Metodi per il calcolo della primitiva: integrazione per parti, integrazione per sostituzione, integrazione delle funzioni elementari e razionali. Integrali generalizzati e criteri di convergenza.

\*\*\*

Spazi metrici. Completezza e completamento, principio delle contrazioni.

Compattezza in spazi metrici, insiemi totalmente limitati.  
Successioni e serie di funzioni. Completezza degli spazi  $C_k$ . Teorema di Ascoli–Arzela'. Teoria classica delle serie trigonometriche di Fourier.  
Calcolo differenziale in  $n$  variabili. Derivate parziali e differenziale, derivazione della funzione composta, formule di Taylor. Teoremi delle funzioni implicite e di invertibilit  locale, metodo dei moltiplicatori di Lagrange.  
Formule di Gauss–Green e di Stokes. Nozioni di base sulle forme differenziali.

Equazioni differenziali ordinarie e sistemi. Metodi risolutivi per equazioni e sistemi lineari, esponenziale di una matrice. Teorema di Cauchy–Lipschitz di esistenza e unicit  locale, soluzione massimale e criteri di esistenza globale.  
Studio qualitativo delle soluzioni.

\*\*\*

Serie di potenze nel campo complesso. Raggio di convergenza. Convergenza uniforme. Funzioni analitiche.  
Derivata complessa. Equazioni di Cauchy–Riemann. Funzioni olomorfe.  
Logaritmo complesso, e sue determinazioni.  
Integrale di una forma differenziale lungo un cammino in  $\mathbb{C}$ . Formula di Cauchy.  
Principio del massimo modulo. Teorema dell'applicazione aperta.  
Singularit  a di funzioni olomorfe. Singularit  a rimuovibili. Teorema di Riemann.  
Sviluppi in serie di Laurent. Poli e singularit  a essenziali. Funzioni meromorfe.  
Residui. L'indice di un punto rispetto ad un cammino. Teorema dei residui.  
Derivata logaritmica. Teorema di Rouch  e applicazioni.

\*\*\*

Integrale di Lebesgue, lemma di Fatou, convergenza monotona e dominata.  
Teorema di Fubini–Tonelli, disuguaglianze di Hölder e Minkowski.  
Probabilit 

Nozioni di base di teoria della misura e dell'integrazione in spazi di misura.  
Variabili aleatorie, speranza, varianza. Leggi notevoli di Probabilit . La nozione di indipendenza e le leggi di dicotomia di Kolmogorov.  
Convergenza di variabili aleatorie (in legge, in probabilit , quasi certa).  
Funzioni caratteristiche, legge dei grandi numeri. Teorema del limite centrale.

## 2. CORSI DI LAUREA MAGISTRALE IN FISICA E AFFINI

### 2.a. Prerequisiti di Matematica

Cenni di Teoria delle Funzioni Analitiche:

- 1) Piano complesso, condizioni di Cauchy-Riemann, trasformazioni conformi;
- 2) Integrali curvilinei, teorema di Cauchy, formula di Cauchy;
- 3) Serie di funzioni, teorema di Weierstrass, teorema di Cauchy-Hadamard;
- 4) Serie di Taylor e prolungamento analitico, serie di Laurent, singolarità isolate e teorema dei residui, calcolo di integrali e somma di serie con il metodo dei residui.

Equazioni alle derivate parziali della Fisica Matematica classica

- 1) Equazioni di Poisson e di Laplace, cenni di teoria del potenziale, condizioni al contorno.
- 2) Equazione delle onde, condizioni al contorno, soluzioni.
- 3) Equazione del calore, condizione al contorno, soluzioni.

Teoria elementare delle distribuzioni

- 1) Supporto, derivate, moltiplicazioni, topologia delle distribuzioni.
- 2) Prodotto tensoriale e convoluzione di distribuzioni
- 3) Serie di Fourier, trasformate di Fourier e di Laplace di funzioni e distribuzioni.
- 4) Inversione di serie di Fourier, trasformate di Fourier e di Laplace.

Funzioni della Fisica Matematica

- 1) La funzione Gamma, la funzione  $B(p,q)$ , formula di Stirling, funzione psi, e le loro principali proprietà.
- 2) Funzioni di Bessel, Neumann, Hankel: definizione e principali proprietà.

### 2.b. Prerequisiti di Fisica

Meccanica classica

- 1) equazioni di Lagrange;
- 2) variabili canoniche, parentesi di Poisson, equazioni di Hamilton;
- 3) oscillazioni;
- 4) corpo rigido;
- 5) principi variazionali ed equazioni di Lagrange per la meccanica dei continui;
- 6) gravità newtoniana;
- 7) relatività ristretta.

Elettromagnetismo

- 1) elettrostatica;
- 2) magnetostatica;
- 3) proprietà elettromagnetiche della materia;
- 4) equazioni di Maxwell;
- 5) onde elettromagnetiche;
- 6) irraggiamento;

- 7) diffusione delle onde elettromagnetiche;
- 8) diffrazione e interferenza. Termodinamica
  - 1) primo principio;
  - 2) secondo principio;
  - 3) entropia;
  - 4) potenziali termodinamici e relazioni di Maxwell.

#### Fisica statistica

- 1) teoria cinetica: l'equazione di Boltzmann;
- 2) la distribuzione di Maxwell-Boltzmann;
- 3) insiemi microcanonico, canonico, gran canonico;
- 4) funzione di partizione;
- 5) statistiche quantistiche;
- 4) corpo nero;
- 6) gas ideali di Fermi e di Bose.

#### Meccanica quantistica

- 1) crisi della fisica classica;
- 2) dualismo onda/particella e principio di indeterminazione;
- 3) equazione di Schroedinger;
- 4) operatori e rappresentazioni (o formalismo matematico);
- 5) particella quantistica in campo di potenziale;
- 6) momento angolare;
- 7) atomo di idrogeno;
- 8) teoria delle perturbazioni e transizioni;
- 9) spin;
- 10) sistemi di particelle identiche;
- 11) urti;
- 12) emissione ed assorbimento di radiazione da atomi;
- 13) approssimazione semiclassica

## **PROGRAMMA DI ESAME - CORSI DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA, SCIENZE E TECNOLOGIE GEOLOGICHE E AFFINI**

### **3.a. Prerequisiti di Chimica**

#### **Chimica Generale**

Struttura della materia. Esperimenti di Thomson, Rutherford e Millikan.  
Tavola periodica. Proprietà chimico fisiche degli elementi.  
I gas ideali. Equazione di stato dei gas. Elementi di teoria cinetica dei gas.  
I gas reali. L'equazione di Van der Waals per i gas reali.  
La natura della luce. spettri di assorbimento e di emissione. Equazione di Planck.  
Natura ondulatoria dell'elettrone.  
Lo spettro dell'atomo di idrogeno. Modello atomico di Bohr.  
Modello atomico quantistico. Orbitali e numeri quantici.  
Stabilità dei gas nobili. Regola dell'ottetto. Legame ionico. Bilancio energetico della formazione del legame ionico.  
Il legame covalente. Covalenza comune. Legami multipli.  
Proprietà dei legami covalenti. Polarità di legame.  
Strutture molecolari di Lewis.  
Ibridi di risonanza.  
Eccezioni alla regola dell'ottetto: ottetto incompleto, elettroni spaiati, proprietà magnetiche della materia.  
Espansione dell'ottetto. ruolo degli orbitali d. Forma delle molecole. Teoria VSEPR.  
Forma e geometria delle molecole. Teoria del legame di valenza. Legami sigma.  
Ibridazione.  
Teoria del legame di valenza. Legami pi greco. Risonanza e legami pi greco delocalizzati.  
Teoria degli orbitali molecolari. Orbitali sigma e pi greco. Orbitali leganti e antileganti.  
Natura delle forze intermolecolari. Stati di aggregazione della materia. Temperature di ebollizione e di fusione. Legame ad idrogeno.  
Diagrammi di fase di composti puri (acqua e anidride carbonica). Passaggi di fase, punto triplo, punto critico.  
Le reazioni di equilibrio. Spostamento dell'equilibrio. Principio di Le Chatelier.  
Spontaneità di una reazione. Entropia e secondo principio della termodinamica.  
Energia libera e spontaneità di una reazione.  
Equilibri in soluzione. La dissociazione dell'acqua. Acidi e basi deboli. Il pH.  
Soluzione tampone. Idrolisi acida e basica. Titolazioni.  
Equilibri in soluzione. Sali poco solubili. Soluzioni sature. Solubilità e prodotto di solubilità.  
Proprietà delle soluzioni.  
Elettrochimica. Potenziali di riduzione.  
Rapporti quantitativi nelle reazioni di ossidoriduzione. Elettrolisi. Costante di

equilibrio di una reazione di ossidoriduzione e potenziali standard.  
Equilibri in soluzione. Uso di indicatori nelle titolazioni.

## Chimica Organica

Stereochimica: definizioni di chiralità, di asimmetria e di dissimetria;  
riconoscimento di composti chirali. Composti meso. Nomenclatura eritro/treo.  
Attività ottica e eccesso enantiomerico. Isomeria cis/trans. Prostereoisomeria: atomi o gruppi enantio- o diastereotopici.  
Alogenazione radicalica degli alcani. Reazione di Wurtz e derivati di alchilsodio.  
Metallazione ossidativa e formazione di litio alchili e reattivi di Grignard. Reazioni di transmetallazione.  
Reazioni di accoppiamento tra alogenuri organici e composti organometallici.  
Nucleofili (forti) all'ossigeno: preparazione di alcossidi e loro impiego nella sintesi di Williamson degli eteri. Reazioni di deidroalogenazione. Nucleofili all'azoto e reazioni di ammonolisi degli alogenuri. Sintesi di Gabriel.  
Lo ione cianuro come nucleofilo al carbonio: sintesi di nitrili. Acidità di acetilene ed alchini terminali: preparazione di alchini.  
Nucleofili deboli: reazioni di sostituzione ed eliminazione monomolecolare ( $S_N1$  ed  $E1$ ).  
Il carbonile come gruppo funzionale con caratteristiche elettrofile. Reazioni di addizione nucleofila al carbonile. Derivati degli acidi carbossilici e reazioni di sostituzione nucleofila acilica.  
Idrolisi degli esteri in ambiente acido ed in ambiente alcalino (saponificazione) - Reazioni di transesterificazione. Reazioni di idrolisi in ambiente acido ed alcalino di ammidi e nitrili. Preparazione di esteri solfonici da alcoli e cloruri di solfonile (Mesilati, triflati, tosilati).  
Reazioni di alogenazione di alcoli con alogenuri di fosforo e cloruro di tionile. Metallo-idruri e nucleofili all'idrogeno.  
Riduzione di composti carbonilici e di derivati di acidi carbossilici con metallo idruri. Formazione di aldeidi da derivati di acidi carbossilici. Reazioni di ossidazione di alcoli primari e secondari.  
Reattività della funzione alcolica. Reazioni di disidratazione degli alcoli - idratazione degli alcheni.  
Reazioni di addizione elettrofila a doppi legami carbonio-carbonio.  
Idratazione regioselettiva di doppi legami carbonio. Sintesi di eteri.  
Addizione di acidi alogenidrici agli alcheni. Alogenazione di doppi legami carbonio-carbonio.  
Reazioni di alogenazione allilica di sistemi insaturi. Reattività di 1,2-dioli in ambiente acido: formazione di composti carbonilici. Idrogenazione catalitica di doppi e tripli legami.  
Calori di idrogenazione e stabilità degli alcheni. Metodi di preparazione di olefine: reazioni di beta eliminazione. Pirolisi di Hoffman. Sintesi di Wittig.  
Il triplo legame carbonio-carbonio e la reattività degli alchini verso gli elettrofili.  
Preparazione di acetileni.  
Preparazione reattività di bromuri vinilici.  
I dieni coniugati: calori di idrogenazione e stabilità. Strutture limiti di risonanza.

Reattività 1,2 ed 1,4 verso gli elettrofili.

La struttura del benzene ed il concetto di aromaticità. Strutture di risonanza e teoria degli orbitali molecolari. Sistemi aromatici, non aromatici ed antiaromatici, regola di Huckel.

Sostituzione elettrofila aromatica.

Reazioni di alogenazione, nitratura e solfonazione del benzene.

Reazione di sostituzione elettrofila aromatica su aniline. Sintesi dei fenoli.

Reazioni di alchilazione ed acilazione di Friedel-Craft. Reattività dei gruppi alchilici legati all'anello aromatico.

Equilibrio tautomerico nei composti carbonilici. Ioni enolato (enolati cinetici e termodinamici). Alogenazione catalizzata acida e basica di composti carbonilici.

Reazione di condensazione aldolica. Condensazione degli esteri di Claisen. Sintesi aceto acetica.

Composti azotati: struttura, caratteristiche, preparazioni e reattività di immine, ossime ed idrazoni, nitrili, carbodiimidi, isocianati, enammine, nitrati, nitrosoderivati, azocomposti, diazocomposti, azidi e composti correlati.

Composti organici dello zolfo: reattività di base e principali metodi di preparazione di tioli, solfuri, disolfuri, solfossidi, solfoni, acidi solfonici e acidi solfenici; tiochetali; carbanioni in alfa allo zolfo.

Composti organo silicio.

Reagenti organometallici. Tipi e denominazione. Reattività e preparazione: addizioni ossidativa, scambi idrogeno-metallo, alogeno-metallo e metallo-metallo, idrometallazioni e carbometallazioni.

Idrocarburi aromatici policiclici: reazioni con elettrofili e nucleofili.

Composti eteroaromatici; proprietà reattività e sintesi.

Carboidrati: proprietà e reattività.

Polisaccaridi: principali caratteristiche di celluloso, amilosio, amilopectina e glicogeno.

## Chimica Inorganica

La tavola periodica. Proprietà periodiche. Dimensioni, energia di ionizzazione, affinità elettronica, elettronegatività.

Simmetria molecolare. Elementi e operazioni di simmetria. Assegnazione delle classi di simmetria. Regole VSEPR: validità e limiti. Criterio per la chiralità.

Solidi. Forze che agiscono in un reticolo cristallino. Impaccamento di sfere.

Strutture a impaccamento compatto. Solidi ionici. Energia reticolare e costante di Madelung. Ciclo di Born-Haber. Legame metallico: conduttori, isolanti, semiconduttori.

Idrogeno e Idruri: proprietà, reattività, composti principali. Legame a idrogeno.

Metalli alcalini e alcalino-terrosi e loro ossidi, perossidi, superossidi. Proprietà e reattività.

Gruppo 13: generalità. Chimica del boro, composti principali e conseguenze strutturali della carenza di elettroni. chimica dell'alluminio, generalità, reattività e composti principali.

Gruppo 14: generalità. Carbonio e suoi composti inorganici. Proprietà e reattività di silicio e silicati, alluminosilicati e zeoliti.



Gruppo 15: generalità. Derivati dell'azoto a stati di ossidazione positivi e negativi. fosforo e derivati.

Gruppo 16: generalità. Chimica dell'ossigeno e dello zolfo.

Alogeni: generalità, reattività e composti principali.

Gas nobili: generalità, caratteristiche chimico-fisiche, composti principali.

Metalli di transizione: proprietà periodiche, generalità, reattività, principali stati di ossidazione.

Teoria del Campo Cristallino: coordinazione tetraedrica, ottaedrica e quadrato planare. Complessi ad alto e basso spin. Conseguenze della separazione orbitali d. Leganti forti e deboli e serie spettrochimica dei leganti. Leganti pi greco acidi e pi greco donatori. Regola dei 18 elettroni. Effetto chelante. Aspetti termodinamici dei complessi di coordinazione. Teoria dell'orbitale molecolare applicata ai complessi di coordinazione e teoria del campo dei ligandi. Teoria HSAB.

Cinetica chimica dei composti di coordinazione e meccanismi di reazione. Reazioni di sostituzione di legante: meccanismo associativo e dissociativo. Effetto trans e sintesi del cis-Platino.

Spettri di composti di coordinazione. Transizioni elettroniche d-d e a trasferimento di carica. Diagrammi di Orgel. Energie di stabilizzazione del campo cristallino (CFSE) e andamento lungo un periodo della tavola periodica.

Impiego dei composti di coordinazione nella catalisi.

## Chimica Analitica

Equilibri acido-base in acqua. Acidi e basi forti. Acido debole. Base debole. Sali di acidi e basi deboli. Soluzioni tampone. Curve di titolazione per sistemi acido-base semplici. Indicatori visuali. Soluzioni di anfotiti. Curve di distribuzione. Equilibri acido-base in sistemi complessi. Curve di titolazione di acidi e basi poliprotici. Scambiatori ionici. Equilibri di scambio ionico. Resine cationiche e anioniche. Principali applicazioni analitiche.

Potenziometria. Strumento di misura. Elettrodi di riferimento. Elettrodi a membrana con particolare riferimento all'elettrodo a vetro.

Complessi a sfera interna e a sfera esterna. Equilibri di formazione di Complessi. Solvatazione e interazione elettrostatica degli ioni. Formazione di complessi di EDTA. Costanti e costanti apparenti di formazione. Uso del complessante ausiliario. Equilibri di formazione di complessi. Curve di titolazione. Indicatori metallocromici. Titolazioni diretta, di ritorno e di spostamento.

Equilibri di precipitazione. Analisi gravimetrica. Caratteristiche dei precipitati. Effetti di temperatura, forza ionica, ione a comune, pH e presenza di complessanti sulla solubilità dei precipitati. Titolazioni di precipitazione. Argentometria. Curve di titolazione. Tecniche strumentali per seguire le titolazioni di precipitazione.

Titolazione potenziometrica di una miscela di alogenuri.

Equilibri di ossidoriduzione. Potenziali di elettrodo. Forza elettromotrice di una cella. L'equazione di Nernst. Costante di equilibrio della reazione di cella. Curve di titolazione per equilibri di ossidoriduzione. Titolazioni simmetriche e asimmetriche. Ossidanti e riducenti preventivi Diversi modi di indicazione visuale del punto finale nelle titolazioni di ossidoriduzione. Tecniche strumentali adatte a seguire titolazioni di ossidoriduzione. Iodometria.

Proprietà della radiazione elettromagnetica. Aspetti quantitativi delle misure di assorbimento. Legge di Lambert-Beer e limiti della sua applicabilità. Strumentazione per la misura di assorbimento. Spettrofotometri visibile UV a singolo e doppio raggio. Sorgente. Monocromatori a prisma e a reticolo. Strumentazione spettrofotometrica. Fotomoltiplicatori. Errori analitici nell'analisi per assorbimento.

Protocollo analitico. Errori in una procedura analitica. Il bianco analitico. I materiali di riferimento e loro uso. Il trattamento dei campioni. Separazioni fisiche. Trattamento di campioni: digestioni acide/basiche, forno a microonde, estrazioni liquido/liquido e solido/liquido. Diagrammi di taratura, Tecniche in assorbimento atomico. fattori che influenzano l'atomizzazione, produzione di atomi liberi e ioni, fornello di grafite. Sorgente della radiazione in AAS, analisi con e senza atomizzazione preliminare. Correzione del segnale di fondo in AAS. Tecniche di separazione e cromatografia. Teoria dei piatti cromatografici. Allargamento di banda: l'equazione di Van Deemter. Equazione di Giddings. Calcolo del numero dei piatti teorici. La strumentazione in GC. I rivelatori in GC. Spettrometro di massa come rivelatore in GC. Acquisizione in TIC e in SIM. Analisi quantitativa in GC/MS. Interpretazione degli spettri MS. TLC e strumentazione HPLC. Tipi di rivelatori per HPLC. Metodi elettrochimici: potenziometria e voltammetria. Comportamento di una cella elettrochimica in risposta ad un potenziale applicato. Funzionamento dell'elettrodo di lavoro a Hg. Curve corrente/potenziale. Amperometria. Polarografia dc, voltammetria ad impulsi, DPASV, voltammetria ciclica. Saggi di significatività e teoria degli errori. Elementi di Chemiometria.

## Chimica Fisica

Il modello termodinamico. Definizione di sistema. Sistemi aperti, chiusi e isolati. Stato termodinamico di un sistema: l'equilibrio termodinamico. Le variabili di stato. Variabili estensive ed intensive. Unità di misura. La pressione e l'equilibrio meccanico. Temperatura ed equilibrio termico. Il principio zero della termodinamica. Scale di temperatura. L'equazione di stato. La legge di Boyle. Legge di Charles e Gay Lussac. La scala di temperatura del gas ideale. Il principio di Avogadro. Equazione di stato del gas perfetto. Le miscele gassose e la legge di Dalton. I gas reali. Fattore di compressione ed equazione di stato del viriale. Le isoterme del gas reale. Variabili critiche. Equazione di Van der Waals. Variabili critiche e variabili ridotte. Il primo principio della termodinamica. I concetti di lavoro, calore ed energia. Convenzione sui segni. Lavoro meccanico e lavoro di espansione. Lavoro massimo di espansione. Il processo di espansione reversibile. Il calore. Misura del calore. Il primo principio della termodinamica e la funzione energia interna. Il principio di conservazione dell'energia. Funzioni di stato e loro

proprietà.

La capacità termica. Capacità termica a volume costante e a pressione costante. La funzione entalpia. Relazioni tra capacità termica e funzioni di stato. Relazioni tra capacità termica a pressione costante e capacità termica a volume

costante. Applicazioni del primo principio. Espansione isoterma reversibile di un gas perfetto. Variazioni di energia interna e di entalpia nei processi a di riscaldamento a volume costante e pressione costante.

Applicazioni del primo principio. Espansione adiabatica di un gas perfetto. Relazioni tra variabili di stato nelle trasformazioni adiabatiche reversibili.

Esempi di applicazioni del primo principio. Confronto tra i processi di espansione isoterma e i processi di espansione adiabatica. Processi irreversibili di espansione adiabatica.

La funzione entalpia. L'entalpia come funzione di stato. Entalpia delle trasformazioni fisiche. Definizione dello stato standard per le trasformazioni fisiche.

L'entalpia di reazione. Definizione dello stato standard di reazione. Reazioni esotermiche e reazioni endotermiche. Entalpia di combustione. Entalpia molare standard di formazione.

Applicazioni del primo principio. Dipendenza dell'entalpia dalla temperatura.

Dipendenza della capacità termica dalla temperatura.

Legge di Hess. Dipendenza dell'entalpia di reazione dalla temperatura. La legge di Kirchhoff.

Entalpia di dissociazione di legame. Entalpia reticolare. Ciclo di Born-Haber.

Entalpia di soluzione. Entalpia di idratazione.

Richiami sulle proprietà delle funzioni di stato. La pressione interna.

Proprietà dell'energia interna. Espansibilità. Coefficiente di espansibilità. Relazione di Eulero e regola dell'identità reciproca. Le proprietà dell'entalpia. Coefficiente di compressibilità isoterma. Il coefficiente isoentalpico di Joule Thomson.

Il coefficiente isoterma di Joule Thomson. La macchina frigorifera di Linde.

Differenza fra  $C_p$  e  $C_v$ .

Il secondo principio della termodinamica. La direzione dei cambiamenti spontanei.

La dispersione dell'energia.

Il concetto di Entropia. Formulazione del secondo principio. L'enunciato di Clausius e l'enunciato di Kelvin. L'entropia come funzione di stato.

Il secondo Principio della termodinamica. Il ciclo di Carnot. Definizione termodinamica della temperatura.

Il secondo principio della Termodinamica. Il teorema di Carnot. La disuguaglianza di Clausius.

Calcolo delle variazioni di entropia: passaggi di stato; espansione isoterma di un gas perfetto; mescolamento isoterma e isobaro di gas perfetti; riscaldamento isobaro e isocoro.

L'entropia come funzione di stato. Calcolo dei cambiamenti di entropia nei processi irreversibili.

La misura dell'entropia. La terza legge della termodinamica. Teorema di Nernst.

Entropia di reazione.

L'equazione fondamentale della termodinamica. Le funzioni ausiliarie Energia Libera di Helmholtz e Energia Libera di Gibbs.  
 Conseguenze della disuguaglianza di Clausius. Criteri di equilibrio e di evoluzione nei sistemi termodinamici.  
 L'equazione fondamentale della termodinamica. Energia libera e lavoro massimo. Energie libere standard di reazione. Dipendenza dell'energia libera di Gibbs dalla temperatura e dalla pressione. Equazione di Gibbs Helmholtz.  
 Proprietà dell'energia interna. Le relazioni di Maxwell.  
 Le trasformazioni fisiche delle sostanze. I diagrammi di fase. Stabilità delle fasi e confini di fase.  
 Diagramma di fase dell'ossido di carbonio. Diagramma di fase dell'acqua.  
 Diagramma di fase dell'elio.  
 Transizioni di fase. Il criterio termodinamico dell'equilibrio ed il concetto di potenziale chimico.  
 Il potenziale chimico. Effetto della temperatura e della pressione sulla stabilità delle fasi.  
 Effetto della pressione esterna sulla tensione di vapore. Applicazioni ed esempi.  
 Equilibrio di fase. Equazione di Clapeyron. Equazione di Clausius Clapeyron.  
 Soluzioni e miscele. Il modello termodinamico. Proprietà molari parziali.  
 Volume molare parziale. Applicazioni ed esempi  
 Energia libera molare parziale. Una più ampia definizione del potenziale chimico  
 L'equazione di Gibbs-Duhem e la termodinamica del mescolamento.  
 Energia libera di mescolamento di un gas perfetto. Funzioni di mescolamento.  
 Potenziale chimico nelle soluzioni ideali. La legge di Raoult.  
 Le soluzioni ideali diluite e la legge di Henry. Solubilità dei gas.  
 Equilibrio chimico e proprietà colligative. Innalzamento del punto di ebollizione.  
 Abbassamento crioscopico e solubilità ideale.  
 Il fenomeno dell'osmosi e la pressione osmotica.  
 Fasi componenti e gradi di libertà. La regola delle fasi. Diagrammi di fase dei sistemi binari.  
 Diagrammi di fase temperatura composizione. Diagrammi di fase liquido vapore.  
 Diagrammi di fase liquido-liquido e separazione di fase. Temperatura critica di soluzione.  
 Diagrammi di fase solido-liquido.  
 Le soluzioni reali e il concetto di attività. Attività del solvente e attività del soluto.  
 Le soluzioni reali. Coefficienti di attività e relativi stati standard. La scelta dello stato standard.  
 L'equilibrio di reazione. Reazioni spontanee e energia libera di reazione. Reazioni endoergoniche e esoergoniche  
 $\Delta G$  di reazione e  $\Delta G^\circ$  di reazione.  $\Delta G^\circ$  di reazione e costante di equilibrio.  
 La costante termodinamica dell'equilibrio di reazione. Dipendenza dell'equilibrio dalla pressione e dalla temperatura.  
 La velocità delle reazioni chimiche. Introduzione e metodi sperimentali di studio.  
 Definizione della velocità di reazione. L'equazione cinetica.  
 Determinazione della legge cinetica e integrazione delle equazioni cinetiche.

Equazioni cinetiche di ordine zero. Equazioni del primo ordine.  
Equazioni cinetiche del secondo ordine. Il tempo di dimezzamento  
Determinazione dell'ordine di reazione. Il metodo dell'eccesso. Il metodo delle  
velocità iniziali.  
Dipendenza della velocità di reazione dalla temperatura. L'equazione di Arrhenius.  
Esempi di studi cinetici.  
Le reazioni consecutive. L'approssimazione dello stato stazionario. Studio della  
cinetica enzimatica.  
Reazioni elementari e determinazione del meccanismo di reazione. Le reazioni a  
catena.

Interazione luce-materia nelle varie regioni spettrali; Alcune inadeguatezze della  
fisica classica e necessità di introdurre descrizioni quantiche.

I postulati della Meccanica Quantistica

Alcuni casi semplici in Meccanica Quantistica: la particella libera, la particella nella  
scatola mono e tridimensionale.

Probabilità di transizione, transizioni radiative e non radiative.

Oscillatore armonico

Equazione di Schrodinger operatore Hamiltoniano e sua costruzione formale;

Soluzioni stazionarie dell'equazione di Schrodinger e loro implicazioni

Funzioni d'onda per l'oscillatore armonico.

Ordini di grandezza di energie elettroniche, vibrazionali, rotazionali e traslazionali e  
loro implicazioni.

Rotore rigido. Rotazione nel piano e nello spazio tridimensionale. Energia  
rotazionale e funzioni d'onda.

Moto di rotazione di molecole non lineari, spettri rotazionali e loro caratteristiche.

Moto vibrazionale in molecole poliatomiche e modi normali

Atomo idrogenoide. Funzioni d'onda ed energie.

Contributo elettronico all'energia di atomi polielettronici. Costruzione  
dell'hamiltoniano. Regole di selezione.

Accoppiamento spin-orbita. Effetto Zeeman.

Spin elettronico. Principio del Pauli. Funzioni di spin e regole di selezione.

Spettroscopia UV-vis, le transizioni elettroniche. Derivazione quantomeccanica  
delle regole di selezione e del fattore di Franck-Condon.

Spettroscopia di fluorescenza: diagramma di Jablonki, spostamento di Stokes, regola  
di Kasha, resa quantica, cinetica degli stati eccitati e quenching.

Spettroscopia IR e Raman

Spettroscopia rotazionale.

Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare

Introduzione alla termodinamica statistica

Necessità di una descrizione statistica di sistemi costituiti da molte particelle; Stati  
quantici accessibili ad un sistema macroscopico

Probabilità di uno stato quantico accessibile ad un sistema macroscopico isolato

Entropia di Boltzmann e numero di stati accessibili di un sistema isolato

Processi irreversibili e variazione del numero di stati accessibili, con esempi

Sistema macroscopico a contatto con un termostato e probabilità di un definito stato del sistema in equilibrio col termostato stesso

Calcolo del numero di stati accessibili al sistema ed al termostato per situazioni schematiche

Funzione canonica di Boltzmann probabilità relative ed assolute; Funzione di partizione canonica e suo significato

Dipendenza della funzione di partizione dallo zero delle energie; Insieme rappresentativo di Gibbs; Distribuzione canonica di Boltzmann e valori medi

Energia media come energia interna del sistema; Capacità termica a volume costante dalla funzione di partizione; L'entropia attraverso l'approccio statistico

Energie libere di Gibbs e di Helmholtz per via statistica; Equazione di stato dalla funzione di partizione Deviazione standard dell'energia dal valor medio;

Applicazione della distribuzione canonica al caso di particelle distinguibili ed indipendenti

Paramagnetismo di sistemi ideali ed energia magnetica; Considerazioni sulla terza legge della termodinamica; Capacità termica di un cristallo perfetto in funzione della temperatura; Superamento del modello di Einstein: cenni al modello di Debye

Particelle indistinguibili, significato della indistinguibilità ed esempi espliciti di calcolo della funzione di partizione di sistemi schematici; Funzione di partizione canonica per un gas perfetto monoatomico; Ordine di grandezza della funzione di partizione traslazionale, Proprietà termodinamiche di un gas monoatomico

Funzione di partizione di un gas perfetto biatomico e corrispondenti proprietà termodinamiche; Equipartizione dell'energia e sua validità approssimata; Numero di simmetria e suo significato; gradi di libertà congelati

Gas perfetto poliatomico e corrispondente funzione di partizione; Equilibrio chimico e costante di equilibrio dal punto di vista statistico

### 3.b. Prerequisiti di Matematica

Programmi di matematica dei corsi di laurea in Chimica

Prerequisiti per il concorso di ammissione al I anno

### 3.c. Prerequisiti di Fisica

Meccanica

Cinematica. Le leggi del moto. Lavoro ed energia. Forze di attrito. Forza gravitazionale. Energia potenziale. Quantità di moto. Urti. Momento angolare. Moto in campo centrale. Dinamica del corpo rigido. Oscillazioni e onde. Meccanica dei fluidi. Equazioni di Lagrange. Equazioni di Hamilton.

Termodinamica e fisica statistica-

Temperatura. Gas ideali. Calore e primo principio della termodinamica. Entropia e secondo principio della termodinamica. Potenziali termodinamici. Macchine termiche. Teoria cinetica dei gas. Distribuzione di Boltzmann. Funzione di partizione. Statistiche quantistiche.

## Elettrodinamica

Legge di Coulomb e campo elettrico. Legge di Gauss. Potenziale elettrico. Corrente elettrica, circuiti, resistenza e capacità. Campo magnetico e forza di Lorentz. Legge di Ampere. Legge di Faraday, induttanza. Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche. Irraggiamento. Riflessione, rifrazione, ottica geometrica. Interferenza e diffrazione. Polarizzazione e magnetizzazione dei mezzi materiali. Funzione dielettrica.

## Meccanica quantistica

Crisi della fisica classica. Dualismo onda/particella e principio di indeterminazione. Equazione di Schroedinger. Particella quantistica in campo di potenziale. Momento angolare. Atomo di idrogeno. Teoria delle perturbazioni e transizioni. Spin. Sistemi di particelle identiche. Atomo di elio. Molecola di idrogeno. Emissione ed assorbimento di radiazione da atomi.

# **PROGRAMMA DI ESAME - CORSI DI LAUREA MAGISTRALE IN BIOLOGIA MOLECOLARE E CELLULARE E AFFINI**

## **4.a. Prerequisiti di Biologia**

### **Genetica e Biologia Molecolare**

Macromolecole di importanza biologica

Processi di riconoscimento molecolare tramite legami non covalenti

Acidi nucleici

Struttura delle proteine

Le proteine come catalizzatori

Funzioni della proteina

Enzimi, proteine strutturali e trasduzione del segnale

Assemblaggio e degradazione delle proteine

Genetica molecolare

RNA e proteine

Riparazione del DNA

Replicazione del DNA

Ricombinazione genetica

Genetica quantitativa

Ereditarietà, linkage disequilibrium e penetranza

Deriva genetica e collo di bottiglia

Fitness e selezione

Riproduzione sessuale e teorie evolutive

Mutazioni neutrali, orologio molecolare ed evoluzione delle macromolecole

Tecnologia del DNA ricombinante

La separazione, frammentazione e sequenziamento di molecole di DNA

Ibridazione degli acidi nucleici

La clonazione del DNA

DNA Engineering

PCR quantitativa, ChIP

Sequenziamento del DNA

Tecnologie per lo studio del trascrittoma

Il nucleo cellulare

DNA cromosomico ed il suo impacchettamento

La struttura globale dei cromosomi (centromeri e telomeri)

Duplicazione dei cromosomi

Sintesi del RNA e suo processamento

Controllo dell'espressione genica

Motivi che legano il DNA in proteine regolatrici della trascrizione

Attivazione e repressione dell'espressione genica

Stabilità e turnover del mRNA



La struttura della cromatina e il controllo epigenetico della trascrizione  
Controllo posttrascrizionale e microRNA

Compartimenti intracellulari e smistamento delle proteine

La compartimentazione delle cellule eucariotiche

Il trasporto di molecole dentro e fuori dal Nucleo

Il trasporto di proteine nei mitocondri

Perossisomi, lisosomi e proteasoma

Il reticolo endoplasmatico

Traffico vescicolare nelle vie secretorie ed endocitosi

Trasporto dal reticolo endoplasmatico attraverso l'apparato di Golgi

Il trasporto dal trans Golgi ai lisosomi

Trasporto dalla membrana plasmatica via endosomi: endocitosi

Il trasporto dal trans Golgi alla superficie delle cellule: esocitosi

I meccanismi molecolari del trasporto vescicolare e il mantenimento della diversità compartimentale

Trasduzione del segnale

Recettori di superficie accoppiati a G-Protein

Recettori di superficie con attività enzimatica

Secondi messaggeri e trasduzione del segnale al nucleo

Recettori per segnali idrofobici (ad.es. ormoni steroidei)

Il citoscheletro

Filamenti intermedi

Microtubuli

Cilia e centrosomi

Filamenti di actina

Le proteine associate all'actina

Il ciclo cellulare

Il ciclo cellulare embrionale precoce e il ruolo del fattore che promuove la mitosi (MPF)

I lieviti e la genetica molecolare del controllo del ciclo cellulare

Controllo della divisione cellulare in animali pluricellulari

La meccanica della divisione cellulare

Mitosi

Citokinesi

Giunzioni cellulari, adesione cellulare, e la matrice extracellulare

Giunzioni cellulari

Adesione cellula-cellula

La matrice extracellulare degli animali

Recettori per la matrice extracellulare sulle cellule animali: le integrine

Meccanismi cellulari dello sviluppo

Movimenti morfogenetici che definiscono il piano corporeo

La diversificazione delle cellule animali nell'embrione precoce,

Memoria cellulare. Determinazione delle cellule. Il concetto di valori posizionali

Drosophila e la genetica molecolare di formazione di pattern. I. Genesi del piano corporeo

Drosophila e la genetica molecolare di formazione di pattern. II. Geni omeotici e regionalizzazione del corpo,

Sviluppo neurale: induzione neural e patterning del tubo neurale

Cancro

Il cancro come processo mutagenetico multistadio

Oncogeni e soppressori tumorali

Fattori diffusibili e neoangiogenesi

Neurobiologia

Biologia cellulare del Neurone.

Organelli, dendriti, assone, trasporto assonale, microtubuli e filamenti intermedi

Gli elementi cellulari del tessuto nervoso

Neuroni, Astroцити, Oligodendrociti, mielina, barriera ematoencefalica

Proprietà elettrotoniche passive degli assoni e dei dendriti

Struttura della membrane cellulare

Pompe ioniche e genesi della differenza di potenziale

Potenziale di Nernst

Circuito RC e propagazione elettrotonica

Genesi e propagazione del potenziale d'azione

Canali voltaggio-dipendenti e rettificanti

Periodo refrattario

Equazione di Hodgkin & Huxley

Struttura e funzione della sinapsi

Sinapsi elettriche: ultrastruttura e composizione molecolare

Sinapsi chimiche: ultrastruttura

Lo SNARE complex e le proteine associate alle vescicole

La densità postsinaptica

I neurotrasmettitori ed i loro recettori

I neurotrasmettitori e la loro biosintesi

Meccanismi di ricaptazione vescicolare dei neurotrasmettitori

La placca neuromuscolare

Recettori ionotropici

Recettori metabotropici

Potenziali postsinaptici ed integrazione sinaptica  
EPSP, IPSP e trasmissione quantica, placca motrice e sinapsi centrali  
L'elaborazione dell'informazione nei dendriti;  
Sommazione spaziale e temporale, spine dendritiche e loro funzione

Sviluppo del sistema nervoso  
Formazione ed eliminazione delle sinapsi, morte cellulare programmata, fattori neutrofici

Plasticità neuronale  
Meccanismi sinaptici della plasticità, legge di Hebb  
Meccanismi molecolari della plasticità: secondi messaggeri e messaggi retrogradi.  
Abituazione  
Potenziamento a lungo termine  
Periodi critici e plasticità durante lo sviluppo

Sistemi sensoriali  
Trasduzione sensoriale; sensi chimici: gusto ed olfatto;

Il sistema somatosensoriale  
Vie somatosensoriali, mappa somatotopica, proprietà elettrofisiologiche dei neuroni corticali (organizzazione funzionale colonnare)

La visione  
Fototrasduzione ed adattamento  
La retina e le vie visive  
Corteccia visiva primaria, mappa visuotopica, proprietà dei neuroni visivi ed organizzazione in colonne.

Sistema motorio  
Struttura della miofibra, meccanismi molecolari della contrazione  
Organizzazione del midollo spinale  
Unità motoria  
Controllo motorio spinale, riflessi e locomozione;  
Controllo volontario discendente, corteccia motoria primaria e cortecce premotorie

Ritmo circadiano  
Basi molecolari (cell-autonomous) del ritmo circadiano  
Sincronizzazione del ritmo circadiano da stimuli luminosi

Apprendimento e memoria: meccanismi e definizioni di base  
Memoria operativa, a breve e a lungo termine  
Ruolo della sintesi proteica nella memoria  
Protocolli per lo studio della memoria in animali sperimentali

Cenni di malattie neurodegenerative  
Alzheimer, Parkinson e Huntington: basi molecolari  
Epilessia ed ischemia: ruolo dell'ecitotossicità

#### 4.b. Prerequisiti di Matematica

Programmi di matematica dei corsi di laurea in Biologia  
Prerequisiti per il concorso di ammissione al I anno

#### 4.c. Prerequisiti di Fisica

##### Meccanica

Cinematica. Le leggi del moto. Lavoro ed energia. Forze di attrito. Forza gravitazionale. Energia potenziale. Quantità di moto. Urti. Momento angolare. Moto in campo centrale. Oscillazioni e onde. Meccanica dei fluidi.

##### Termodinamica

Temperatura. Gas ideali. Calore e primo principio della termodinamica. Entropia e secondo principio della termodinamica. Macchine termiche. Teoria cinetica dei gas.

##### Elettrodinamica

Legge di Coulomb e campo elettrico. Legge di Gauss. Potenziale elettrico. Corrente elettrica, circuiti, resistenza e capacità. Campo magnetico e forza di Lorentz. Legge di Ampere. Legge di Faraday, induttanza. Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche. Riflessione, rifrazione, ottica geometrica. Interferenza e diffrazione.