



**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN  
IN "CHIMICA DELL'AMBIENTE"  
CLASSE LM-54 SCIENZE CHIMICHE**



**MANIFESTO DEGLI STUDI – GUIDA DELLO STUDENTE  
Anno Accademico 2015-2016**

## **1. Premessa**

Il Corso di Laurea Magistrale in "Chimica dell'Ambiente" è organizzato secondo le disposizioni previste dal DM 16 marzo 2007 (*G.U. n. 155 del 6-7 -2007 Suppl. Ordinario n. 153/ G.U. n. 157 del 9-7-2007 Suppl. Ordinario n. 155*). Esso rappresenta trasformazione dal precedente Corso di Laurea Magistrale dal titolo "Chimica dell'Ambiente e dei Beni Culturali", codice 13069, classe 62/S.

La durata normale del corso di studi è di due anni. Per il conseguimento del titolo lo studente dovrà acquisire almeno 120 Crediti Formativi Universitari (CFU). La quantità media di impegno complessivo di apprendimento, svolto in un anno da uno studente impegnato a tempo pieno negli studi universitari, è convenzionalmente fissata in 60 CFU (crediti formativi universitari). E' altresì possibile l'iscrizione a tempo parziale, secondo le regole comuni stabilite dal Senato Accademico. Il CFU misura il lavoro di apprendimento richiesto ad uno studente nell'attività formativa prevista dagli ordinamenti didattici (decreto 87/327/CEE del Consiglio del 15/06/87) e corrisponde a 25 ore di attività formativa. Ogni CFU equivale normalmente a:

- 8 ore di lezione frontale + 17 ore di studio personale, oppure
- 12 ore di esercitazione in aula + 13 ore di studio personale, oppure
- 16 ore di attività di laboratorio con elaborazione dei dati + 9 ore di studio personale, oppure
- 25 ore per le attività connesse a tirocini o prova finale.

Ogni insegnamento ha un corrispondente numero di CFU, che saranno acquisiti con il superamento dell'esame finale.

Il Corso di Laurea Magistrale, oltre alle attività formative, può organizzare laboratori e stage esterni in collaborazione con istituzioni pubbliche e private italiane o straniere. Tali attività devono essere approvate dal Consiglio di Corso di Laurea Magistrale e svolgersi sotto la responsabilità didattica di un docente del Corso di Laurea. I crediti didattici assegnati a tali attività saranno fissati dal Consiglio di Corso di Laurea Magistrale.

Gli studenti del Corso di Laurea Magistrale possono ottenere il riconoscimento di tirocini, stages ecc., che siano coerenti con gli obiettivi didattici del Corso, fino ad un massimo di 4 CFU.

Nel corso dell'a.a. 2012-2013, con l'entrata in vigore della legge n. 240/2010, la responsabilità del Corso di Laurea viene trasferita ai Dipartimenti di Chimica (dipartimento di riferimento).

Nel quadro di una crescente integrazione con istituzioni universitarie italiane e straniere, è prevista la possibilità di sostituire attività formative svolte nel Corso di Laurea con altre discipline insegnate in Università italiane o straniere. Ciò avverrà nel quadro di accordi e programmi internazionali, di convenzioni interateneo, o di specifiche convenzioni proposte dal Corso di Laurea Magistrale con altre istituzioni universitarie o di analoga rilevanza culturale.

## **2. Obiettivi Formativi del Corso di Studi**

La laurea Magistrale in Chimica dell'Ambiente forma laureati che, oltre a solide conoscenze chimiche e proprietà sulle tecniche di caratterizzazione e analisi chimica, hanno maturato le competenze multidisciplinari in ambito chimico, fisico, tossicologico e legislativo che sono necessarie all'inserimento nel mondo del lavoro a) per la valutazione dell'impatto ambientale, b) per la conoscenza e lo studio dei processi chimici ambientali, e dell'interazione/evoluzione con/nell'ambiente di eventuali emissioni antropogeniche o naturali, accidentali o intenzionali, c) per

le problematiche conseguenti a scarichi e rifiuti e loro trattamento, e implicate nel reperimento/utilizzo delle risorse naturali. Il laureato si distingue per un'elevata professionalizzazione come chimico 1) su tecniche di misura strumentali sofisticate, applicate tipicamente a matrici complesse (aria, acqua, suoli e sedimenti, rifiuti), quali tecniche separative e ifenate, spettroscopie ottiche dedicate, spettrometria di massa, microscopia elettronica, analisi e caratterizzazione di superfici, tecniche elettrochimiche, 2) per il rigore scientifico e tecnico nella valutazione dell'impatto ambientale, e per la messa a punto o l'utilizzo di procedure di intervento/trattamento/bonifica pianificate o eccezionali; 3) per la conoscenza della normativa, dello stato dell'arte e della ricerca nel settore, con ottime capacità pratiche applicative e livello di eccellenza scientifica, che gli permettono a) il dialogo con operatori del settore con formazione/cultura diversa, come decision makers, personale delle professioni sanitarie, ingegneri e tecnici, divulgatori e giornalisti; b) il proseguimento degli studi in corsi universitari di terzo livello, quali le Scuole di Specializzazione, i Dottorati di Ricerca in Scienze Chimiche e i Master di II livello di contenuto specifico.

Le caratteristiche fortemente professionalizzanti del percorso formativo, richieste dalle parti sociali, e in particolare dall'Ordine dei Chimici, permettono un'agevole introduzione del laureato nel mondo del lavoro, e alternativamente l'accesso alla didattica di terzo livello in quanto l'esercizio formativo applicato all'ambiente, che è intrinsecamente un sistema complesso, multidisciplinare e multispecialistico, porta facilmente ad estendere/applicare le conoscenze acquisite nello specifico ad altri sistemi complessi, a partire dalla specificità della matrice chimica (materiali, prodotti industriali, matrice biologica, loro relazioni struttura/proprietà) fino alla comprensione/descrizione modellistica dei processi chimico-fisici e chimico-organici (ed eventualmente geochimici, biologici) che regolano altri tipi di sistemi complessi.

Il percorso formativo è strutturato in tre blocchi logici di circa pari peso in CFU e che seguono la strutturazione del corso in quattro semestralità, di cui l'ultima dedicata al lavoro sperimentale di tesi:

1) Modulo di formazione di base in cui si forniscono i concetti di base sulle interazioni complesse e sulle conoscenze multidisciplinari che sono necessarie per la comprensione dei fenomeni fisici e biogeochimici ambientali, dove giocano un ruolo importante le attività affini ed integrative.

2) modulo di caratterizzazione ed analisi ad elevata professionalizzazione su molteplici tecniche strumentali avanzate sia sui composti inorganici che sui composti organici, con esercitazioni di laboratorio e relative relazioni, intese a sviluppare l'autonomia di giudizio e le abilità comunicative.

3) modulo applicativo sulle tecnologie di intervento ambientale, depurazione, bonifica e sull'analisi di impatto ambientale con relativa normativa.

Il lavoro di tesi rappresenta la fase finale di formazione, particolarmente per quanto riguarda il completamento delle capacità di comprensione, di applicazione delle conoscenze acquisite, della autonomia di giudizio e delle abilità comunicative.

### **3. Competenze acquisite**

Di seguito vengono riportati i risultati di apprendimento attesi al termine del percorso formativo magistrale:

#### **Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)**

Acquisizione dei concetti sugli equilibri e sulle dinamiche ambientali. Conoscenza degli elementi di termodinamica e di fluidodinamica necessari alla comprensione dei moti atmosferici, delle correnti in ambiente acquatico, della permeazione in mezzi porosi e dei fenomeni di trasporto. Conoscenza del comportamento e delle caratteristiche chimiche dei diversi comparti ambientali (aria, terre emerse, biota terrestre, acque sotterranee, fiumi, laghi, wetlands, estuari, mari ed oceani), e degli effetti planetari, di global warming and cooling, con apprendimento delle basi cognitive per il trattamento di problematiche complesse. Conoscenza sulla chimica dei sistemi acquatici: reazioni interfacciali, equilibri multipli e multicomponente nei fluidi, modelli di calcolo e speciazione, e metodi di trattazione degli equilibri multifasici.

Conoscenza dei principi di valutazione dei rischi. Normative comunitarie ed internazionali di certificazione e auditing. Conoscenza dei criteri ed indicatori per la descrizione dell'impatto ambientale delle attività umane tramite approfondimento della chimica inorganica ed organica, dei metodi di indagine cinetica e lo studio di reazioni organiche con metodologie teoriche.

Acquisizione dei concetti di misura e monitoraggio. Conoscenza sulle strategie di trattamento dei campioni complessi prioritarie all'analisi chimica. Trattamenti dei dati e calibrazioni con metodi chemiometrici. Conoscenza delle tecniche analitiche strumentali avanzate di analisi come spettrometria di massa avanzata, spettroscopie UV, Vis, IR, e Raman multifotoniche, spettroscopie in emissione, tecniche risolte nel tempo, monitoraggio spettroscopico remoto (Lidar), tecniche implementabili come lab on a chip e misure remote, delle tecniche analitiche cromatografiche e dei principi e tecniche elettrochimiche. Conoscenza dei principi e dell'applicabilità delle tecniche a raggi X, PIXE, PIGE, XPS, Auger, e di microscopia elettronica alla caratterizzazione di campioni ambientali e di materiali. Tecniche di studio, campionatura ed analisi di minerali, rocce, e fibre minerali.

Conoscenze sulle metodologie di potabilizzazione e detossificazione. Conoscenza sulla filiera dei rifiuti, e dei metodi chimico-fisici di analisi specifici. Conoscenza sugli impianti integrati di selezione, raffinazione, recupero e smaltimento dei rifiuti, e della normativa nazionale e comunitaria. Conoscenza dei concetti base, dei parametri di progettazione e della tipologia di impianti di trattamento chimico, chimico-fisico e biologico dei reflui.

Modalità di conseguimento. Gli strumenti didattici con cui i risultati di conoscenza e comprensione attesi sono ottenuti sono: lezioni frontali, analisi e commento in aula di pubblicazioni scientifiche e tecniche, studio di testi consigliati in lingua italiana ed inglese.

La verifica delle conoscenze e delle capacità di comprensione si consegue tramite esami orali e scritti, relazioni critiche individuali o seminari su articoli tecnici e scientifici.

### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)**

Capacità di affrontare la problematica complessa in ambito ambientale sia per quanto riguarda la valutazione delle pressioni ambientali dal punto di vista chimico, lo stato dell'arte nelle tecniche di misura, e della normativa, sia per l'evoluzione dei composti chimici nell'ambiente e nei processi/filiere di trattamento/bonifica. Capacità di reperire la letteratura scientifica e legislativa inerente una definita problematica ambientale.

Capacità di definire gli obiettivi del monitoraggio e la pianificazione della strategia di misura/controllo. Acquisizione della pratica di laboratorio e dell'autonomia di azione con tecniche strumentali (verificata con esercitazioni di laboratorio sia per componenti organici, che inorganici) su campionamento e misure strumentali di inquinanti ambientali.

Capacità di selezione delle tecniche di analisi più opportune, e di sviluppare autonomamente metodiche analitiche innovative in funzione dello scopo del monitoraggio.

Capacità di applicare metodi chemiometrici di analisi, di inferire le correlazioni con altre variabili (ambientali), di valutare la significatività del dato in funzione degli obiettivi del monitoraggio.

Capacità di impostazione e soluzione di problemi di speciazione chimica con opportuni programmi di calcolo. Capacità di impostazione e uso di strumenti teorici e tecniche di calcolo per la reattività e gli equilibri multicomponente e multifasici.

Capacità di gestione del laboratorio chimico in termini di criteri di qualità e nel rispetto delle normative di sicurezza.

Gli strumenti didattici con cui i risultati di conoscenza e comprensione applicata attesi sono ottenuti sono: lezioni frontali, esercitazioni di laboratorio autonome o a piccoli gruppi, esercitazioni in campo. La verifica delle conoscenze e delle capacità di comprensione applicata si consegue, anche in sede di esame con relazioni scritte individuali o seminari sulle esercitazioni compiute, e con la valutazione degli elaborati finali svolti sotto la guida di docenti relatori.

### **Autonomia di giudizio (making judgements)**

Capacità di progettare strategie di monitoraggio, misure, calcoli e simulazioni su sistemi chimici in relazione agli scopi del monitoraggio. Capacità di suggerire approfondimenti di indagine e diverse strategie di monitoraggio e/o analisi chimica quando il quadro delle risultanze chimiche e delle possibili interazioni ambientali non risulti chiaro e convincente.

Capacità di supportare il proprio giudizio con il bagaglio teorico/pratico appreso e dati di letteratura. Capacità di svolgere il ruolo di consulente tecnico, addivenendo a conclusioni autonome, sostanziate e indipendenti dal ruolo svolto, che tengano in considerazione il complesso delle informazioni ambientali e chimiche. Capacità di valutare con equilibrio la significatività di una determinazione chimica, in relazione all'incertezza di misura e alle sorgenti di eventuali errori sistematici, attraverso la pianificazione di controlli interni di valutazione e l'uso di strumenti statistici, e in relazione alle conseguenze che tale determinazione possa avere in termini economici e normativi.

L'autonomia di giudizio viene sviluppata dai docenti presentando quando possibile diverse tesi interpretative su un argomento, e lasciando allo studente la responsabilità di produrre autonomamente quanto sopra nelle relazioni sull'attività sperimentale che produce, compreso l'elaborato finale, individuando e motivando le diverse interpretazioni/soluzioni/approcci possibili.

L'autonomia di giudizio è verificata, anche in sede di esame, sulle relazioni prodotte dallo studente in merito ai temi sopra riportati.

### **Abilità comunicative (communication skills)**

Capacità di esprimere oralmente o attraverso relazioni tecnico-scientifiche le modalità di esecuzione delle prove/misure svolte, il loro significato e le conclusioni che derivano da tale interpretazione, in modo sintetico, coerente e ben focalizzato, anche avvalendosi di sistemi audiovisivi e di programmi grafici di presentazione (verificata con esercitazioni di laboratorio e nella tesi). Capacità di presentare la significatività del risultato analitico e la sua fruibilità piuttosto che l'aspetto tecnico-chimico che lo ha generato.

Capacità di rapportarsi proficuamente con figure professionali diverse dalla propria, ed in particolare con altre figure tecniche come geologi, fisici, medici, con divulgatori/giornalisti, con operatori dei laboratori pubblici e privati. Questo aspetto è sviluppato prevalentemente nelle attività sperimentali.

Capacità di redigere relazioni tecnico-scientifiche e rapporti di consulenza tecnica, anche in lingua inglese, anche comprensibili a professionalità non chimiche. Questo aspetto è sviluppato prevalentemente con i rapporti scritti sulle esercitazioni di laboratorio e nella stesura del lavoro di tesi.

Strumenti didattici di verifica. Nelle valutazioni degli elaborati individuali e della prova finale la qualità e l'efficacia della comunicazione concorre autonomamente alla formazione del giudizio complessivo.

### **Capacità di apprendimento (learning skills)**

Capacità di acquisire nuova competenza su emergenti ambiti tecnologici, su nuovi sviluppi strumentali e su innovativi argomenti di ricerca attraverso l'apprendimento da testi tecnico-scientifici di elevata complessità, da monografie e periodici scientifici in lingua inglese.

Capacità di ricavare dalla letteratura scientifica di ambito chimico le informazioni attinenti alla soluzione di problemi nuovi, nonché di cogliere, dalla letteratura scientifica dei settori fisico, geologico, e tossicologico, gli elementi essenziali di informazione utili alla contestualizzazione della propria attività professionale.

Capacità di apprendere rapidamente l'utilizzo pratico di programmi di software, siano essi di funzionamento strumentale, di calcolo, di rendicontazione o di rappresentazione grafica dei dati.

Capacità di rintracciare le leggi, decreti e norme, nazionali e internazionali, inerenti una problematica ambientale, di apprenderne il significato e di trarne le implicazioni.

Modalità di conseguimento. Nei corsi di esercitazione si lascia allo studente la responsabilità di reperire le risorse scientifiche e tecniche per lo svolgimento di un lavoro sperimentale delineato nei suoi obiettivi, tramite l'ausilio di banche dati, del web, e di presentare in modo corretto con gli strumenti che ritiene opportuno i risultati.

Strumenti didattici di verifica. La qualità di produzione tecnica e di originalità degli elaborati individuali e della prova finale, e in sede di esame la capacità di acquisire nuova conoscenza rispetto a quella fornita concorre autonomamente alla formazione del giudizio complessivo.

#### **4. Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati**

La figura professionale formata trova applicazione nel settore chimico in generale, e in particolare in tutte le realtà produttive che interagiscono con l'ambiente nelle forme più diverse, e nelle strutture pubbliche e private che operano nel settore del controllo ambientale, dove svolgeranno attività di promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché di gestione e progettazione delle tecnologie ambientali. Per quanto riguarda il settore privato, le competenze acquisite in questa Laurea Magistrale risultano di particolare interesse per le industrie chimiche, di trasformazione dei prodotti naturali, di produzione di energia, di trattamento dei rifiuti e dei reflui, per le attività di bonifica e di analisi di impatto ambientale limitatamente all'aspetto chimico, nonché per i laboratori privati di analisi chimiche, alimentari, e merceologiche.

Attività libero- professionale può essere svolta con particolare competenza in campo chimico analitico e per i sistemi di gestione ambientale.

Il Corso di Laurea Magistrale prepara alle professioni di:

Chimici ricercatori; Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze chimiche e farmaceutiche.

Per il laureato di questa classe è prevista l'iscrizione all'Albo dell'Ordine nazionale dei Chimici come Chimico, previo superamento dell'Esame di Stato.

#### **5. Requisiti di ammissione e modalità di verifica**

Il corso di Laurea Magistrale in "Chimica dell'Ambiente" è ad accesso non programmato. Gli studenti che intendono iscriversi al Corso di Laurea Magistrale in "Chimica dell'Ambiente" devono essere in possesso dei seguenti requisiti:

- a. **Laurea o Diploma Universitario di durata almeno triennale**, conseguito presso una qualunque Università italiana legalmente riconosciuta, o di altro titolo conseguito all'estero, riconosciuto idoneo in base alla normativa vigente.
- b. **Requisiti curriculari minimi:** (da documentare presso la competente Segreteria Studenti): conseguimento, nel corso di Laurea o di Diploma di cui al punto precedente, di almeno n. 60 CFU nelle attività formative di base e/o caratterizzanti e, per le sole discipline chimiche (di seguito indicate con "CHIM") anche di tipo affine o integrativo in uno o più dei seguenti settori scientifico-disciplinari (SSD): BIO/10, CHIM/01-12, ING-IND/21-27, FIS/01-08, INF/01, MAT/01-09.
- c. **Adeguate personale preparazione:** l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale degli studenti in possesso dei requisiti curriculari è subordinata al superamento della prova finalizzata alla verifica dell'adeguatezza della personale preparazione in una serie di materie di base (specificate nel Syllabus). La preparazione sarà valutata tramite test scritto costituito da 30 domande a risposta aperta, che richiedono risposte sintetiche (contenute in 2-3 righe), comune alle LM in "Chimica", "Chimica Industriale" e "Chimica Clinica, Forense e dello Sport". Il test è costituito da 3 domande di Matematica e 3 di Fisica e 6 domande per ciascuna delle seguenti discipline: Chimica Inorganica, Chimica Organica, Chimica Analitica, Chimica Fisica. Il tempo a disposizione per l'espletamento della prova sarà di 2 ore. Ad ogni risposta viene assegnato un punteggio fino a 1 (sono infatti possibili frazioni inferiori nella valutazione), ed il punteggio minimo da conseguire per il superamento della prova è 18/30. Un esempio del test è disponibile sul sito web del Corso di Laurea. In attesa del conseguimento di un titolo accademico che soddisfi i requisiti già indicati in

precedenza, il candidato potrà comunque sostenere il test e regolarizzare successivamente l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale.

## **SYLLABUS:**

- **MATEMATICA MAT/01-09**

Funzioni e calcolo differenziale di una e più variabili reali. Vettori nel piano e nello spazio euclideo; spazi vettoriali. Sistemi lineari. Calcolo integrale. Risoluzione analitica e numerica delle equazioni differenziali. Analisi vettoriale: differenziale totale e esatto, potenziali. Numeri complessi.

Algebra delle matrici. Autovalori ed autovettori. Analisi degli errori. Interpolazione di dati e di funzioni, approssimazione ai minimi quadrati. Calcolo numerico di radici di una equazione e degli integrali.

- **FISICA FIS/01-08**

Cinematica. Dinamica del punto e dei sistemi di particelle. Lavoro ed energia. Dinamica del corpo rigido. Gravità. Campi elettrici. Corrente elettrica e circuiti. Campi magnetici. Induzione elettromagnetica. Equazioni di Maxwell per i campi elettrici e magnetici variabili nel tempo. Onde elettromagnetiche

- **CHIMICA GENERALE ED INORGANICA CHIM/03**

Sostanze elementari e composte. Numero atomico, numero di massa. Isotopi. Radioattività. Mole e numero di Avogadro. Struttura dell'atomo. Orbitali atomici e numeri quantici. Periodicità delle proprietà chimiche. Gli elementi. Legame chimico: ionico, covalente, metallico. Forze intermolecolari. Teoria del legame chimico. Teorie del legame di valenza, ibridazione, risonanza, Teoria degli orbitali molecolari. Struttura molecolare e simmetria. Stati di aggregazione della materia. Stato gassoso, liquido, solido. Passaggi di stato. Equilibri. Acidi e basi, pH. Sali. Tamponi. Solubilità. Elettrochimica. Reazioni redox, equazione di Nernst. Solidi inorganici, Energie reticolari. Chimica degli elementi del blocco s e p. Chimica degli elementi dei blocchi d e f. Gli stati di ossidazione. Estrazione dei metalli. Chimica dei composti di coordinazione e chimica organometallica. Il legame nei composti di coordinazione: teoria del campo cristallino e VSEPR. Struttura e simmetria. Stabilità e inerzia. Isomeria e chiralità. Proprietà magnetiche. Reazioni dei composti di coordinazione. Meccanismi di reazione. Catalisi omogenea, cicli catalitici. Sintesi e caratterizzazione dei complessi metallici mediante tecniche spettroscopiche (I.R., U.V.-VIS, N.M.R.), diffrattometriche, elettrochimiche, magnetiche e di spettrometria di massa.

- **CHIMICA FISICA CHIM/02**

Termodinamica classica: Concetto di funzione di stato: le funzioni U, H, S, A e G e relazioni che le legano. Grandezze molari parziali e grandezze di mescolamento. Condizioni di naturalità e di equilibrio della materia. Potenziali chimici ed equilibri di fase e di reazione.

Meccanica quantistica: Equazione di Schroedinger. Particella in potenziali monodimensionali. Oscillatore armonico, rotatore rigido. Momento angolare orbitale e spin; antisimmetria. Atomo di idrogeno. Metodi variazionali. Teoria delle perturbazioni. Metodo di Huckel.

Simmetria e teoria dei gruppi. Identificare il gruppo puntuale di appartenenza di una molecola. Tavole dei caratteri e loro utilizzo.

Spettroscopia: Interazione materia-radiazione: condizioni per assorbimento o emissione di energia. Assorbimento, emissione ed emissione stimolata. Assorbimento e scattering. Spettroscopie ottiche (micronde, IR e UV-VIS). Modi normali di vibrazione e classificazione per simmetria.

Cinetica Chimica: concetto di energia di attivazione, ordine di reazione e molecolarità. Approssimazione stato stazionario. Legge di Arrhenius. Concetto di catalizzatore. Isoterma di Langmuir. Meccanismo reazioni uni molecolari.

- **CHIMICA ORGANICA CHIM/06**

Conoscenze di base: Struttura molecolare dei composti organici – Nozioni di stereoisomeria – Nomenclatura delle principali classi di composti organici - Struttura elettronica dei composti organici (orbitali ibridi, legami  $\sigma$  e  $\pi$ ) – Risonanza ed aromaticità – Effetti elettronici (induttivi e mesomerici) e sterici dei sostituenti – Nozioni sulle specie reattive - Classificazione dei reagenti e delle reazioni.

Reattività: Specie intermedie reattive a vita breve: carbocationi (classici e non-classici), carbeni, radicali liberi, carbanioni e specie organometalliche - Meccanismi di reazione (trattamento semiquantitativo di dati cinetici e termodinamici).

Meccanismi di reazione: Addizione (elettrofila e nucleofila) a legami multipli - Sostituzione (alifatica ed aromatica) - Eliminazione – Stereochimica (stereoselettività e stereospecificità) – Trasposizioni (nucleofile, radicaliche, elettrofile, sigmatropiche) - Introduzione alla Teoria degli Orbitali di Frontiera.

Elementi di Sintesi Organica: Reagenti organometallici - Le reazioni di condensazione- Sintesi malonica ed acetacetica - Reazioni di olefinazione - Funzioni protettive e sintesi multistadio - Introduzione alla retrosintesi - Inversione della reattività.

Polimeri naturali e di sintesi - Polimeri di addizione e di condensazione.

- **CHIMICA ANALITICA CHIM/01**

Equilibri in soluzione ed in sistemi multifasici: trattazione formale degli equilibri acido-base, complessazione, redox, di precipitazione, di ripartizione in sistemi chiusi ed aperti, concetto di pH, potenziale redox, equazione di Nernst.

Chimica analitica classica: Metodi volumetrici (titolazioni acido-base, di complessazione, di precipitazione, redox, automazione dei metodi classici: titolazioni potenziometriche, coulombometriche e amperometriche)

Trattamento statistico dei dati analitici: teoria della misura, stima dei misurandi e intervalli fiduciarci, precisione e accuratezza, incertezza (composta ed estesa), test statistici di decisione, calibrazione (monovariata).

Metodi elettrochimici di analisi: potenziometria, conduttometria, curve intensità potenziale, corrente faradica e corrente capacitiva, doppio strato. Polarografia. Voltammetria diretta con elettrodi a mercurio ed elettrodi solidi. Stripping anodico.

Metodi separativi: Principi teorici della cromatografia. Gascromatografia (GC), strumentazione, fasi stazionarie, rivelatori. Cromatografia liquida (LC): strumentazione fasi stazionarie e mobili, rivelatori. Reazioni di derivatizzazione. Cromatografia ionica e di esclusione dimensionale. Elettroseparazioni ed elettroforesi.

Metodi spettroscopici: Spettrofotometria di assorbimento UV-Visibile, cromofori, legge di Lambert-Beer, strumentazioni (sorgenti, monocromatori, rivelatori, materiali, fibre ottiche), reazioni colorimetriche. Luminescenza. Spettroscopie atomiche di assorbimento, emissione e fluorescenza: teoria, strumentazione e applicazioni

all'analisi elementare. Fluorescenza a raggi X. Spettrometria di massa per impatto elettronico, analizzatori di massa a più ampia diffusione. Proprietà spettrali e approccio all'interpretazione degli spettri di massa in impatto elettronico. Accoppiamento GC-MS. Interfacciamento LC-MS.

Le prove di verifica si svolgeranno periodicamente, in aule aperte al pubblico, previa comunicazione sul sito del CCS, alla presenza di almeno tre docenti degli SSD CHIM01-CHIM12; non sarà consentito sostenere il test di ammissione più di n. 2 volte per ciascun anno accademico.

**Sono esentati dalla prova di ingresso i laureati di classe L-27 (Scienze e tecnologie chimiche) e di Classe 21 (Classe delle lauree in scienze e tecnologie chimiche) che hanno conseguito il titolo presso università italiane con un punteggio almeno pari a 94/110.**

Qualora il candidato non sia in possesso degli specifici requisiti curriculari di cui al punto “b”, su indicazione del CCS potrà eventualmente frequentare singoli insegnamenti offerti dalla Scuola, o annualità di corsi di laurea triennali, e sostenere con esito positivo i relativi accertamenti prima dell'iscrizione alla Laurea Magistrale.

## **6. Tipologie della attività formative**

Il Corso di Laurea Magistrale è biennale ed è basato su attività formative di base, caratterizzanti, affini e integrative, autonome, per la prova finale e ulteriori attività formative utili all'inserimento nel mondo del lavoro. L'attività di ciascun anno prevede l'alternanza tra periodi didattici e interposte sessioni di verifica intermedia e/o di esame e lo svolgimento di attività tutorie. La didattica del Corso di Laurea Magistrale in Chimica dell'Ambiente potrà essere svolta nelle seguenti forme:

1. lezioni frontali in aula, eventualmente coadiuvate da strumenti audiovisivi multimediali;
2. esercitazioni, numeriche e di altro tipo, in aula;
3. sperimentazioni in laboratorio, a banco singolo e a banco multiplo
4. tirocini individuali o di gruppo presso strutture esterne all'Università, o soggiorni presso altre Università italiane o straniere, anche nel quadro di accordi internazionali;
5. eventuale sperimentazione anche di forme di didattica a distanza (e-learning, teledidattica, ecc.).

Per alcune attività didattiche (quali sicuramente le sperimentazioni di laboratorio) sono previsti obblighi di frequenza (vedere punto 7 del presente documento).

**Iscrizione ai laboratori:** per agevolare l'organizzazione dei gruppi di lavoro, potrà essere chiesto allo studente di iscriversi on-line al corso di laboratorio. Lo studente potrà effettuare l'iscrizione on-line nella pagina web del corso, reperibile sul sito web del Corso di Laurea all'indirizzo <http://chimicaambiente.campusnet.unito.it/cgi-bin/home.pl>. Per potersi iscrivere al corso lo studente dovrà prima autenticarsi sulla piattaforma, inserendo le proprie credenziali nel “Login Studenti”

## **7. Obblighi di frequenza e propedeuticità**

Il piano di studi previsto, secondo quanto riportato nel punto n. 11, non prevede propedeuticità. Eventuali propedeuticità che si rendessero necessarie per il buon andamento degli studi saranno indicate sui programmi dei singoli corsi.

La frequenza ai corsi di laboratorio ed alle attività di esercitazione relative ai corsi è obbligatoria, a meno di dispensa da parte del docente responsabile per solidi e giustificati motivi di carattere didattico, o motivi familiari o di salute. In questi due ultimi casi la frequenza minima richiesta è dell'80%.

La frequenza all'attività stagistica è richiesta al 100% delle ore previste. Modalità di svolgimento e documenti di frequenza sono disciplinati dalla procedura stage del corso di laurea pubblicata sul sito. Inoltre, il CCL potrà riconoscere, nell'ambito dei crediti a scelta dello studente, attività formative specifiche quali, per esempio, attività seminariali, di supporto alla didattica e attività professionalizzanti. I crediti didattici assegnati a tali attività saranno fissati dal CCL di volta in volta, in base al numero documentato di ore e all'attività specifica.

Le attività formative inerenti la tesi di laurea vengono certificate dal Relatore Interno.

Le modalità e la verifica dell'obbligo di frequenza, ove previsto, sono stabilite annualmente dal Corso di Studio e rese note agli studenti prima dell'inizio delle lezioni.

## **8. Iscrizione al Corso di Laurea**

Per iscriversi al Corso di Laurea è necessario compilare la domanda di iscrizione on-line dal 1° settembre 2015 al 23 dicembre 2015



**Prima di effettuare l'iscrizione al Corso di Laurea** i candidati dovranno verificare il possesso dei requisiti curriculari minimi ([punto "b" dei requisiti di ammissione](#)). Per eventuali dubbi contattare il [Presidente del Corso di Laurea o il Manager Didattico](#).

Se in possesso dei requisiti richiesti, TUTTI i candidati dovranno effettuare on-line la domanda di ammissione preliminare [sul sito di Ateneo](#) (chi non è in possesso delle credenziali dovrà [registrarsi sul portale](#)). Dopo aver eseguito l'accesso sul sito di Ateneo, portale MyUnito, cliccare sulla voce del menu "Iscrizioni" e poi su "Test di valutazione". Inizialmente si dovrà selezionare il concorso generico "Lauree Magistrali in CHIMICA DELL'AMBIENTE - CHIMICA CLINICA, FORENSE E DELLO SPORT - CHIMICA INDUSTRIALE - CHIMICA" e solo nella fase successiva la procedura richiederà di indicare il Corso di Laurea Magistrale per il quale si intende presentare la propria candidatura. La domanda dovrà poi essere compilata in tutti i campi richiesti e, al termine della procedura, il candidato dovrà caricare un'autocertificazione della laurea con esami, o, in caso di laureandi, l'autocertificazione dell'iscrizione con esami.

Coloro che dovranno essere sottoposti alla verifica della preparazione personale dovranno indicare nella domanda anche la data in cui intendono sostenere il test, [fra quelle previste](#). **IMPORTANTE: la domanda di ammissione dovrà essere compilata almeno sei giorni lavorativi antecedenti la data del test di accesso.**

La procedura per presentare la domanda di ammissione resterà aperta da mercoledì 1 luglio fino a martedì 15 dicembre 2015.

Il Corso di Laurea valuterà le domande di ammissione pervenute:

- i candidati che non dovranno essere sottoposti alla verifica della preparazione personale saranno ammessi d'ufficio e, solo dopo aver ricevuto la mail di conferma dal Manager Didattico del Corso di Laurea, potranno procedere con l'iscrizione (seguendo l'[iter descritto sul sito di Ateneo](#));
- i candidati che dovranno essere sottoposti alla verifica della preparazione personale si presenteranno al test di ammissione nella data che avranno indicato nella domanda di ammissione. In caso di esito positivo del test, e solo dopo aver ricevuto la mail di conferma dal Manager Didattico del Corso di Laurea, sarà possibile procedere con l'iscrizione (seguendo l'[iter descritto sul sito di Ateneo](#)).

## **9. Calendario dei periodi didattici**

Le attività didattiche si articolano in insegnamenti, secondo un programma articolato in due periodi didattici (semestri). I semestri si seguiranno il seguente calendario:

- **I semestre** dal 12 ottobre 2015 al 29 gennaio 2016
- **II semestre** dal 7 marzo 2016 al 17 giugno 2016

## **10. Esami ed altre verifiche del profitto degli studenti**

Per ciascuna attività formativa indicata è previsto un accertamento conclusivo alla fine del periodo didattico in cui si è svolta l'attività. Per le attività formative articolate in moduli, ovvero nel caso delle prove d'esame integrate per più insegnamenti, la valutazione finale del profitto è comunque unitaria e collegiale. Con il superamento dell'esame o della verifica lo studente consegue i CFU attribuiti all'attività formativa in oggetto.

Gli accertamenti finali possono consistere in: esame orale o compito scritto o relazione scritta o orale sull'attività svolta oppure test con domande a risposta libera o a scelta multipla o prova di laboratorio o esercitazione al computer. Le modalità dell'accertamento finale, che possono comprendere anche più di una tra le forme su indicate, sono indicate prima dell'inizio di ogni anno accademico dal docente responsabile dell'attività formativa e pubblicate sul sito web della Laurea Magistrale. Le modalità con cui si svolge l'accertamento devono essere le stesse per tutti gli studenti e rispettare quanto stabilito all'inizio dell'anno accademico.

Il calendario delle attività didattiche (lezioni ed esami) per i Corsi di Studio è stabilito annualmente

dal Consiglio del Dipartimento (ovvero della Scuola di riferimento), su proposta del Direttore, sentita la Commissione Didattica competente. Il calendario degli esami di profitto prevede tre sessioni d'esame: invernale, estiva e straordinaria ciascuna delle quali può eventualmente comprendere più appelli.

**Per l'anno accademico 2015-2016 sono previste le seguenti sessioni d'esame:**

- Sessione d'esami invernale: dal 1 febbraio 2016 al 4 marzo 2016
- Sessione d'esami estiva: dal 20 giugno 2016 al 31 luglio 2016
- Sessione d'esami straordinaria: dal 1 settembre 2016 al 30 settembre 2016

Il calendario degli esami viene comunicato con congruo anticipo. Gli orari delle lezioni e degli appelli viene resa pubblica sul sito internet del Corso di Laurea Magistrale, così come le informazioni riguardo alla disponibilità dei professori e dei ricercatori.

Qualora, per un giustificato motivo, un appello di esame debba essere spostato o l'attività didattica prevista non possa essere svolta, il docente ne darà comunicazione tempestiva agli studenti. In ogni caso le date degli esami, una volta pubblicate, non possono essere in alcun caso anticipate; gli esami si svolgono secondo un calendario di massima predisposto dal docente il giorno dell'appello.

L'intervallo tra due appelli successivi è di almeno dieci giorni.

Le Commissioni esaminatrici per gli esami di profitto dei corsi di studio sono nominate dal Direttore del Dipartimento o, per sua delega, dal Presidente del Consiglio di Corso di Studio. Sono composte da almeno due membri e sono presiedute dal professore ufficiale del corso o dal professore indicato nel provvedimento di nomina. In caso di attività formativa composta di più moduli distinti (insegnamento integrato), ognuno dei quali è affidato ad un docente, ciascun docente titolare di modulo fa parte della Commissione d'esame e il più anziano assume la funzione di Presidente della Commissione. È possibile operare per sottocommissioni, purché queste siano composte di almeno due membri e operino sotto la responsabilità del Presidente della Commissione. Tutti gli studenti, su richiesta, hanno il diritto di essere esaminati anche dal Presidente della commissione d'esame. I membri diversi dal presidente possono essere altri professori, ricercatori, cultori della materia. Il riconoscimento di culture della materia è deliberato dal CDF o dai consigli competenti, per le strutture esterne alle Scuole.

Lo studente può presentarsi ad un medesimo esame fino a tre volte in un anno accademico.

Nella determinazione dell'ordine con cui gli studenti devono essere esaminati, vengono tenute in particolare conto le specifiche esigenze degli studenti lavoratori.

Le commissioni dispongono di un punteggio che va da un minimo di 18 punti sino ad un massimo di 30 punti per la valutazione positiva complessiva del profitto. All'unanimità può essere concessa la lode, qualora il voto finale sia 30.

**Iscrizione agli esami:** le iscrizioni agli appelli devono essere effettuate on-line. Le modalità sono indicate alla pagina web: <http://chimicaambiente.campusnet.unito.it/do/appelli.pl>

## **11. Attività Formative, insegnamenti, curricula**

Il Corso di Laurea magistrale in "Chimica dell'Ambiente" non prevede curricula differenziati in opzione alternativa. Le attività formative sono pertanto distribuite nel biennio secondo il seguente schema unico.

### **I ANNO - I semestre - 30 CFU**

<i>Attività*</i>	<i>Insegnamento</i>	<i>SSD</i>	<i>CFU</i>
B	<a href="#">Chimica dell'Ambiente</a>	CHIM/12	6
C	<a href="#">Fisica dell'Atmosfera</a>	FIS/06	6

B	<a href="#">Chemodinamica Ambientale</a>	CHIM/02	6
B	<a href="#">Analisi degli Inquinanti con LAB</a>	CHIM/01	12

### I ANNO - II semestre – 30 CFU

<i>Attività*</i>	<i>Insegnamento</i>	<i>SSD</i>	<i>CFU</i>
B	<a href="#">Analisi strutturale e di superficie con LAB</a>	CHIM/02	8
B	<a href="#">Analisi inorganica e elettrochimica con LAB</a>	CHIM/01-03	10
B	<a href="#">Chimica Organica Ambientale</a>	CHIM/06	6
B	<a href="#">Chimica dei Sistemi Acquatici</a>	CHIM/01	6

### II ANNO - I semestre – 18 CFU

<i>Attività*</i>	<i>Insegnamento</i>	<i>SSD</i>	<i>CFU</i>
C	<a href="#">Chimica tossicologia ambientale</a>	CHIM/08	6
B	<a href="#">Modellistica e Certificazione Ambientale</a>	CHIM/12	6
B	<a href="#">Trattamento dei reflui e dei rifiuti</a>	CHIM/12	6

### II ANNO – II semestre – 30 CFU

<i>Attività*</i>	<i>Insegnamento</i>	<i>SSD</i>	<i>CFU</i>
F	Ulteriori attività formative (Stage - Tirocinio pre-laurea)	---	4
E	Per la prova finale	---	26

### Altre attività formative del biennio – 12 CFU senza collocazione temporale predefinita

<i>Attività*</i>	<i>Insegnamento</i>	<i>SSD</i>	<i>CFU</i>
D	A scelta dello studente	---	12

#### \* *Suddivisione dei crediti*

La didattica svolta durante il corso di studi e i crediti relativi vengono ripartiti nelle seguenti **attività formative**:

- Attività Formative di Base (A)
- Attività formative caratterizzanti (B)
- Attività formative affini o integrative (C)
- Attività autonome dello studente - esami a scelta dello studente – (D)
- Preparazione elaborato finale (E)
- Lingua straniera, informatica, attività stagistica (F)

## **12. Piano carriera**

Ogni anno lo studente dovrà presentare il proprio Piano Carriera, cioè definire l'elenco delle discipline di cui si intende sostenere l'esame e versare l'importo delle tasse di iscrizione corrispondenti. Tale

importo è diversificato in base alla modalità d'iscrizione scelta di anno in anno dallo studente. Esistono due modalità di iscrizione differenti: studente a tempo pieno e studente a tempo parziale. La distinzione fra le due modalità è legata, come parametro principale, al numero di Crediti Formativi Universitari (CFU – vedere il punto 1 del presente documento) acquisibili in un anno accademico dall'una o dall'altra figura; i crediti si acquisiscono con il superamento dei relativi esami.

**Per l'a.a. 2015-2016 gli studenti iscritti sia a tempo pieno sia a tempo parziale devono presentare il piano carriera dal mese di ottobre 2015 al 29 gennaio 2016**, secondo la disponibilità delle offerte didattiche elaborate dalle strutture didattiche. Le modalità da seguire per la compilazione del Piano Carriera sono descritte sul sito di Ateneo alla pagina web:

<http://www.unito.it/servizi/lo-studio/piano-carriera>

### **13. Tasse**

**Gli studenti iscritti al I anno** (a tempo pieno o a tempo parziale) devono dimostrare **all'atto dell'iscrizione di avere effettuato il pagamento della prima rata di tasse. La seconda rata deve essere pagata entro il 17 aprile 2016.** Il versamento della seconda rata effettuato dopo tale data è gravato dalla prevista indennità di mora.

**Gli studenti iscritti agli anni successivi al primo** (siano essi a tempo pieno o a tempo parziale) **devono essere versate a partire dal mese di settembre e fino al 5 novembre 2015.** Il versamento effettuato oltre tale termine è gravato dal pagamento della prevista indennità di mora. Il pagamento della tassa costituisce iscrizione al nuovo anno accademico.

**La seconda rata deve essere pagata entro il 17 aprile 2016.** Il versamento della seconda rata effettuato dopo tale data è gravato dalla prevista indennità di mora. Lo studente può essere ammesso agli esami di profitto che si svolgono prima del 17 aprile 2016, se in regola con il pagamento della prima rata delle tasse e con il piano carriera.

### **14. Prova finale e conseguimento laurea**

Dopo aver superato le verifiche delle attività formative di tutti i corsi compresi nel piano di studi di cui al punto 11, lo studente è ammesso a sostenere la prova finale. Essa consiste nella preparazione e nella discussione in seduta pubblica, di fronte ad una Commissione giudicatrice, di una tesi di Laurea. La tesi di Laurea è una relazione scritta, in lingua italiana o inglese, che riporta i risultati di uno studio o ricerca scientifica, svolta dal candidato. La tesi deve essere organizzata secondo i canoni accettati dalla comunità scientifica internazionale, che comprendono la descrizione dello stato delle conoscenze sull'argomento affrontato, lo scopo dello studio, l'approccio sperimentale utilizzato, la metodologia ed i materiali utilizzati, i risultati ottenuti, la discussione critica dei risultati e le conclusioni che se ne possono trarre, le fonti bibliografiche utilizzate.

La preparazione della prova finale comporta lo svolgimento di attività di studio o ricerca scientifica su argomenti coerenti con il percorso formativo della Laurea Magistrale, oppure inerenti l'ambito della chimica in senso lato, da svolgersi presso il laboratorio di un Dipartimento Universitario o di un Ente esterno pubblico o privato convenzionato con l'Università degli studi di Torino. L'attività sperimentale è svolta sotto la responsabilità di un docente della Laurea Magistrale in "Chimica dell'Ambiente" oppure di un qualunque docente appartenente ad uno dei settori scientifico disciplinari delle attività formative contemplate nel piano di Studi della Laurea Magistrale o comunque degli SSD CHIM/01-12, oppure un docente o un ricercatore di uno dei settori disciplinari della Laurea Magistrale in "Chimica dell'Ambiente". Tale docente, definito Relatore Interno, assume la responsabilità scientifica dell'attività di ricerca e della certificazione della stessa. L'inizio dello svolgimento dell'attività inerente la prova finale deve essere segnalata su apposito modulo, da inviare al Presidente della Laurea Magistrale e al Manager Didattico, che riporti, fra l'altro, la data di inizio dell'attività, il numero di CFU già conseguiti dallo studente, il titolo provvisorio della tesi, nonché il nome del Controrelatore. Il Controrelatore è un qualunque docente o ricercatore appartenente ad uno

dei settori scientifico disciplinari delle attività formative contemplate nel piano di studi della Laurea Magistrale o comunque degli SSD CHIM/01-12, oppure docente della Laurea Magistrale in "Chimica dell'Ambiente"; ha il compito di verificare periodicamente l'attività di ricerca inerente la prova finale dello studente candidato.

L'attività formativa inerente la prova finale corrisponde a 26 CFU. Lo svolgimento dell'attività inerente la prova finale può essere preceduta dalla frequentazione di un tirocinio pre-laurea pari a 4 CFU (100 ore), durante il quale lo studente acquisisce gli ulteriori elementi di formazione, indispensabili allo svolgimento dell'attività di ricerca (misure e procedure di sicurezza personali e collettive, conoscenza di software specialistico, studio di manuali di funzionamento della strumentazione scientifica, acquisizione di terminologia specialistica in lingua inglese, ecc.

Al termine del tirocinio pre -laurea, il relatore interno verifica che lo studente abbia acquisito gli elementi formativi previsti e chiede al Presidente del Corso di Laurea di procedere con la registrazione (il superamento del tirocinio non prevede un voto in trentesimi ma la dicitura "Approvato"). Nel caso in cui tale tirocinio non risulti necessario, esso può essere sostituito da uno stage di uguale durata, da svolgersi presso un'Azienda, per l'approfondimento di tematiche di ambito chimico-ambientale.

La valutazione conclusiva della carriera dello studente dovrà tenere conto delle valutazioni riguardanti le attività formative precedenti e la prova finale. I criteri di attribuzione del punteggio di laurea sono dettagliati nel sito del Corso di Laurea.

## **15. Tutorato**

Il compito di consigliare e guidare gli studenti iscritti e di accompagnarli nel loro percorso di studi è affidato ad apposite figure individuate fra i docenti del Corso di Laurea. I nominativi dei docenti saranno indicati sul sito web del Corso di Laurea all'inizio dell'anno accademico 2015-2016.

## **16. Programmi**

I programmi dettagliati dei corsi sono consultabili alla pagina web:

<http://chimicaambiente.campusnet.unito.it/do/corsi.pl/Home>

## **17. Carta della valutazione**