



## Corso di studi: Chimica (Laurea)

**Denominazione:** Chimica

**Dipartimento :** CHIMICA E CHIMICA INDUSTRIALE

**Classe di appartenenza:** L-27 SCIENZE E TECNOLOGIE CHIMICHE

**Interateneo:** No

**Interdipartimentale:** No

**Obiettivi formativi:** il Corso di Laurea in CHIMICA ha come obiettivo la formazione della solida base culturale necessaria per accedere a gradi superiori di studio accademico rivolti alla preparazione di una figura che si dedichi allo sviluppo degli studi sul mondo molecolare e alle conseguenti applicazioni. I laureati in Chimica dovranno possedere le seguenti conoscenze e capacità: la conoscenza dei diversi settori della chimica, nei suoi aspetti di base, teorici e sperimentali; la capacità di utilizzare le metodiche disciplinari di indagine a fini applicativi; il bagaglio culturale necessario per la rapida assimilazione dei progressi delle tecnologie chimiche; adeguate abilità comunicative ai fini specifici del proprio lavoro; capacità di collaborazione e di inserimento in un ambiente co-operativo. Per il raggiungimento degli obiettivi sopra citati il corso di laurea è stato progettato con curriculum unico, di tipo "metodologico", che conferisca un solido impianto culturale e che permetta agli studenti di adattarsi alla continua evoluzione della scienza e della tecnologia e contemporaneamente di accedere ai successivi corsi di Laurea Magistrale.

**Motivazioni numero programmato:** Motivazioni numero programmato: Nell'a.a 2017/18 è stato introdotto il numero programmato per le immatricolazioni nel corso di laurea in Chimica per i seguenti motivi:

i) nell'A.A. 2016/17, in assenza di numero programmato, gli immatricolati hanno raggiunto quasi le 190 unità e questo numero potrebbe salire ulteriormente a valori non sostenibili in base alle risorse (docenti e tecnici) e alle strutture a disposizione (aule e laboratori);

ii) il numero di abbandoni tra il primo e il secondo anno, legati a cambiamenti di corso o ad abbandono degli studi universitari, era nell'ordine del 45%, con ovvie conseguenze negative sulla organizzazione dei corsi.

Il numero programmato proposto (100 immatricolati) è comunque superiore a quello normalmente registrato negli anni recenti prima del forte aumento che ha caratterizzato gli ultimi due anni, e permette l'immatricolazione degli studenti effettivamente motivati ed in possesso delle qualità per affrontare il corso di studi proposto. A tale numero si aggiungono un massimo di 7 studenti extracomunitari residenti all'estero e gli studenti che supereranno l'esame di ammissione alla Scuola Normale Superiore. Anche per l'a.a. 2021/22 confermiamo la stessa impostazione.

**Numero stimato immatricolati:** 100

**Requisiti di ammissione e modalità di verifica:** Per l'accesso al Corso di Laurea in Chimica sono richieste, oltre che una buona capacità di comunicazione scritta e orale, le principali conoscenze di matematica elementare. Al solo fine di valutare tali conoscenze di matematica in entrata, il Corso di Laurea in Chimica utilizza il TOLC-S, test somministrato on line, promosso e gestito dal CISIA (<https://www.cisiaonline.it/>). In relazione all'emergenza Covid-19, anche per l'anno accademico 2021/2022, i risultati conseguiti dagli studenti in modalità TOLC@CASA sono validi al pari dei risultati conseguiti in modalità TOLC in presenza, in qualunque data e presso qualunque sede aderente al consorzio Cisia. Tale test non preclude in nessun caso l'immatricolazione. Sono però previsti Obblighi Formativi Aggiuntivi (OFA) per gli studenti che non ottengono un punteggio di almeno 9/20 nello svolgimento della sezione di Matematica del TOLC-S. Per il recupero degli Obblighi Formativi Aggiuntivi (OFA) in matematica, tali studenti hanno a disposizione un corso di recupero di Matematica messo a disposizione dall'Ateneo, facoltativo e aperto a tutti gli studenti (<https://ofa.elearning.unipi.it/enrol/index.php?id=4>).

Gli studenti immatricolati possono sostenere il test TOLC-S o il test OFA, erogato successivamente allo svolgimento del corso di recupero, esclusivamente fino al 31 dicembre dell'anno in corso. Per chi non ha mai sostenuto o superato il TOLC-S, l'unico Obbligo Formativo Aggiuntivo consiste nel sostenere l'esame di Istituzioni di Matematica I (o in alternativa la prima prova in itinere) prima di ogni altro esame.

**Specifica CFU:** Le attività formative sono costituite da corsi di lezioni teoriche, esercitazioni in aula, laboratorio, tirocini. Per i corsi costituiti solo da lezioni teoriche ogni CFU corrisponde a 8 ore di didattica frontale e 17 ore di studio individuale. Per i corsi costituiti da lezioni teoriche ed esercitazioni in aula ogni CFU corrisponde a 10 ore di lezione e 15 ore di studio individuale. Per i corsi costituiti da esercitazioni in laboratorio con lezioni di introduzione alle esercitazioni ogni CFU corrisponde a 15 ore di lezione (ripartite fra didattica frontale ed esercitazioni in laboratorio) e 10 ore di studio individuale. La ripartizione dei crediti a scelta dello studente su attività da 3 CFU viene suggerita per un migliore bilanciamento dei CFU sulle tre annualità. I piani di studio in cui i crediti a scelta dello studente vengono acquisiti attraverso le attività specifiche indicate nei tre gruppi saranno approvati automaticamente. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU a scelta, per esempio anche una sola attività da 12 CFU.

Per tutti gli insegnamenti che prevedono la "frequenza obbligatoria", l'assenza a più di 1/4 delle lezioni/esercitazioni/esperienze di laboratorio esclude dall'accreditamento dei relativi CFU.

**Modalità determinazione voto di Laurea:** Il voto di laurea sarà determinato come segue:

A) Si calcola la media dei voti, pesata secondo i crediti, per le attività formative la cui valutazione è espressa da una votazione. Tale media viene espressa in centodecimali e arrotondata al numero intero più vicino per eccesso se la prima cifra decimale è uguale o superiore a 5 e per difetto se la cifra decimale è inferiore a 5.

B) Premio di regolarità: se il candidato si laurea entro il 40° mese dall'immatricolazione (la cui data è fissata convenzionalmente al 1° settembre del I anno di iscrizione) viene assegnato un premio di 5/110; se il candidato si laurea tra il 41° ed entro il 46° mese dall'immatricolazione viene assegnato un premio di 3/110; se il candidato si laurea tra il 47° ed entro il 52° mese dall'immatricolazione viene assegnato un premio di 2/110.

C) Voto della prova finale: il voto massimo per la discussione dell'elaborato in sede di esame di laurea è di 8/110, su proposta del Presidente della Commissione di Laurea.

Il voto di laurea è la somma dei contributi di cui ai punti A, B e C.

AmMESSO che il candidato presenti una media pesata dei voti conseguiti nel triennio maggiore o uguale a 100/110 (punto A), è facoltà del relatore (o del tutor universitario nel caso in cui il tirocinio sia stato svolto presso un'azienda o un ente convenzionato) proporre l'assegnazione della lode, la cui attribuzione deve essere decisa all'unanimità.

**Attività di ricerca rilevante:** I docenti del Corso di Laurea in Chimica afferiscono in larga maggioranza al Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale. Le principali aree di ricerca sono:

Sviluppo di metodologie analitiche, termooanalitiche e chimico fisiche per la caratterizzazione di materiali nel campo ambientale, agro-alimentare, clinico, biotecnologico e dei beni culturali. Caratterizzazione di materiali e studio dei processi di degradazione nell'ambito della Chimica dei Beni Culturali. Sensori per applicazioni biomedicali e tecniche analitiche per la diagnosi e

monitoraggio terapeutico non invasivo. Monitoraggio di sostanze inquinanti in aree industrializzate ed aree remote (Antartide ed Artide). Speciazione e analisi di equilibri di sistemi complessi di interesse biomedico e per l'estrazione ed il recupero di ioni metallici. Studio di biomasse e della loro reattività in condizioni di degradazione termica. Sintesi, caratterizzazione strutturale, spettroscopica ed elettrochimica di composti, molecolari o a struttura estesa, di metalli di transizione, e studio delle loro possibili proprietà farmacologiche, catalitiche, magnetiche e ottiche. Studio della reattività di leganti metallo-coordinati, con particolare riferimento all'attivazione di piccole molecole. Studi integrati NMR/computazionali di interazioni deboli in soluzione e in catalisi. Preparazione di materiali nanostrutturati magnetici e plasmonici. Funzionalizzazione a più stadi di superfici di matrici inorganiche. Sviluppo ed applicazioni di modelli multiscala per lo studio di proprietà e processi di sistemi complessi. Teoria e simulazione di reazioni fotochimiche. Sviluppo ed applicazione di modelli quantomeccanici per lo studio di proprietà



## Regolamento Chimica

---

elettroniche e strutturali di molecole e nanomateriali. Studi termodinamici, calorimetrici e cinetici di proprietà e processi chimici e biochimici. Sviluppo di metodi NMR a stato solido e loro uso per la caratterizzazione di sistemi farmaceutici, soft matter e materiali inorganici, polimerici (di natura biologica o sintetica) e ibridi. Preparazione e caratterizzazione chimico-fisica di materiali fotoattivi, attuatori e compositi a base di cristalli liquidi. Sintesi stereoselettiva di composti organici mediante reazioni catalizzate da metalli di transizione e loro caratterizzazione. Preparazione di composti biologicamente attivi e di nuovi materiali organici funzionali, tra cui molecole e materiali luminescenti e fotoresponsivi mediante procedure sintetiche efficienti ed economiche. Utilizzo di enzimi in forma nativa ed immobilizzata per la sintesi di composti organici di interesse applicativo. Stereochimica e determinazione quali-quantitativa di composti e addotti organici, organometallici, bioorganici, e di interesse agroalimentare con tecniche spettroscopiche.

**Rapporto con il mondo del lavoro:** Il tirocinio finale, per gli studenti che scelgono di svolgerlo presso aziende o enti esterni all'università, è un'ottima introduzione ad attività lavorative proprie del laureato in chimica. Tuttavia, la grande maggioranza dei laureati di I livello prosegue gli studi iscrivendosi alla laurea magistrale.

**Informazioni aggiuntive:** Approvato con delibera del Senato Accademico n. 143 del 13 maggio 2008

DECRETO RETTORALE 3 SETTEMBRE 2008 n. 11772

**Curriculum: Chimica**  
**Regolamento Chimica**
**Primo anno (54 CFU)**
**Chimica Generale ed Inorganica + Laboratorio (12 CFU)**

|   | CFU | SSD     | Tipologia | Ambito              |
|---|-----|---------|-----------|---------------------|
| Chimica Generale ed Inorganica                | 6   | CHIM/03 | Base      | Discipline chimiche |
| Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica | 6   | CHIM/03 | Base      | Discipline chimiche |

**Fisica Generale I + Esercitazioni (6 CFU)**

|                   | CFU | SSD    | Tipologia | Ambito   |
|-------------------|-----|--------|-----------|--|
| Fisica Generale I | 6   | FIS/01 | Base      | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |

**Istituzioni di Matematica I + Esercitazioni (9 CFU)**

|                               | CFU | SSD    | Tipologia | Ambito   |
|-------------------------------|-----|--------|-----------|--|
| Esercitazioni di Matematica I | 3   | MAT/05 | Base      | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |
| Istituzioni di Matematica I   | 6   | MAT/05 | Base      | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |

**Fondamenti di Chimica Analitica + Laboratorio (6 CFU)**

|   | CFU | SSD                                      | Tipologia       | Ambito                                      |
|---|-----|--|-----------------|---|
| Fondamenti di Chimica Analitica                               | 6   | CHIM/01                                  | Caratterizzanti | Discipline chimiche analitiche e ambientali |
| <i>Segmento Fondamenti di Chimica Analitica + Laboratorio</i> | 2   | <i>CHIM/01<br/>CHIMICA<br/>ANALITICA</i> |                 | <i>laboratorio e/o esercitazioni</i>        |

**Algebra Lineare (3 CFU)**

|                 | CFU | SSD    | Tipologia            | Ambito                                  |
|-----------------|-----|--------|----------------------|---|
| Algebra lineare | 3   | MAT/02 | Affini o integrative | Attività formative affini o integrative |

**Elementi di Chimica Inorganica (3 CFU)**

|                                | CFU | SSD     | Tipologia            | Ambito                                  |
|--------------------------------|-----|---------|----------------------|---|
| Elementi di Chimica Inorganica | 3   | CHIM/03 | Affini o integrative | Attività formative affini o integrative |

**Introduzione alla Chimica Organica (3 CFU)**

|                                    | CFU | SSD     | Tipologia            | Ambito                                  |
|------------------------------------|-----|---------|----------------------|---|
| Introduzione alla Chimica Organica | 3   | CHIM/06 | Affini o integrative | Attività formative affini o integrative |

**Gruppo: Attività consigliate per la scelta libera: gruppo 1 ( 6 CFU)**

| Descrizione   | Tipologia | Ambito |
|---|-----------|--------|
| Scelta studente 1° anno: ripartizione suggerita, non obbligatoria. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU negli anni di corso.   |           |        |
| <b>Note:</b> A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente vanno aggiunti tutti quelli offerti dal Corso di Laurea in Chimica per l'Industria e l'Ambiente nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il primo anno. |           |        |

**Abilità informatiche (3 CFU)**

**Regolamento Chimica**

|                      | CFU | SSD | Tipologia   | Ambito                             |
|----------------------|-----|-----|---|------------------------------------|
| Abilità informatiche | 3   | NN  | Altre attività - Abilità informatiche e telematiche | Abilità Informatiche e Telematiche |

**Lingua inglese (3 CFU)**

|                | CFU | SSD    | Tipologia | Ambito   |
|----------------|-----|--------|-----------|--|
| Lingua inglese | 3   | LINGUA |           | Per la conoscenza di almeno una lingua straniera |



## Curriculum: Chimica

## Secondo anno (60 CFU)

## Chimica Analitica I + Laboratorio (9 CFU)

|   | CFU | SSD                             | Tipologia | Ambito                                       |
|---|-----|---------------------------------|-----------|--|
| Chimica Analitica I + Laboratorio                 | 9   | CHIM/01                         | Base      | Discipline chimiche                          |
| <i>Segmento Chimica Analitica I + Laboratorio</i> | 3   | CHIM/01<br>CHIMICA<br>ANALITICA |           | <i>laboratorio<br/>e/o<br/>esercitazioni</i> |

## Chimica Fisica I + Laboratorio (12 CFU)

|  | CFU | SSD                          | Tipologia | Ambito                                       |
|--|-----|------------------------------|-----------|--|
| Chimica Fisica I                               | 12  | CHIM/02                      | Base      | Discipline chimiche                          |
| <i>Segmento Chimica Fisica I + Laboratorio</i> | 3   | CHIM/02<br>CHIMICA<br>FISICA |           | <i>laboratorio<br/>e/o<br/>esercitazioni</i> |

## Istituzioni di Matematica II + Esercitazioni (6 CFU)

|  | CFU | SSD    | Tipologia | Ambito   |
|--|-----|--------|-----------|--|
| Istituzioni di Matematica II + Esercitazioni | 6   | MAT/05 | Base      | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |

## Chimica Industriale (6 CFU)

|                     | CFU | SSD     | Tipologia       | Ambito   |
|---------------------|-----|---------|-----------------|--|
| Chimica Industriale | 6   | CHIM/04 | Caratterizzanti | Discipline chimiche industriali e tecnologiche |

## Chimica Inorganica I (6 CFU)

|                      | CFU | SSD     | Tipologia       | Ambito  |
|----------------------|-----|---------|-----------------|---|
| Chimica Inorganica I | 6   | CHIM/03 | Caratterizzanti | Discipline Chimiche Inorganiche e Chimico-Fisiche |

## Chimica Organica I + Laboratorio (9 CFU)

|  | CFU | SSD                            | Tipologia       | Ambito                                       |
|--|-----|--------------------------------|-----------------|--|
| Chimica Organica I + Laboratorio                 | 9   | CHIM/06                        | Caratterizzanti | Discipline chimiche organiche e biochimiche  |
| <i>Segmento Chimica Organica I + Laboratorio</i> | 3   | CHIM/06<br>CHIMICA<br>ORGANICA |                 | <i>laboratorio<br/>e/o<br/>esercitazioni</i> |

## Fisica Generale II + Esercitazioni (6 CFU)

|                                    | CFU | SSD    | Tipologia            | Ambito                                  |
|------------------------------------|-----|--------|----------------------|---|
| Fisica Generale II + Esercitazioni | 6   | FIS/01 | Affini o integrative | Attività formative affini o integrative |

## Gruppo: Attività consigliate per la scelta libera: gruppo 2 ( 6 CFU)

| Descrizione   | Tipologia | Ambito |
|---|-----------|--------|
| Scelta studente 2° anno: ripartizione suggerita, non obbligatoria. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU negli anni di corso.   |           |        |
| <b>Note:</b> A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente vanno aggiunti tutti quelli offerti dal Corso di Laurea in Chimica per l'Industria e l'Ambiente nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il secondo anno. |           |        |



**Curriculum: Chimica****Terzo anno (66 CFU)****Biochimica (6 CFU)**

|            | CFU | SSD    | Tipologia       | Ambito                                      |
|------------|-----|--------|-----------------|---|
| Biochimica | 6   | BIO/10 | Caratterizzanti | Discipline chimiche organiche e biochimiche |

**Chimica Analitica II + Laboratorio (9 CFU)**

|  | CFU | SSD                             | Tipologia       | Ambito                                      |
|--|-----|---------------------------------|-----------------|---|
| Chimica Analitica II + Laboratorio                 | 9   | CHIM/01                         | Caratterizzanti | Discipline chimiche analitiche e ambientali |
| <i>Segmento Chimica Analitica II + Laboratorio</i> | 3   | CHIM/01<br>CHIMICA<br>ANALITICA |                 | <i>laboratorio e/o esercitazioni</i>        |

**Chimica Fisica II + Laboratorio (15 CFU)**

|                         | CFU | SSD     | Tipologia       | Ambito  |
|-------------------------|-----|---------|-----------------|---|
| Modellistica molecolare | 9   | CHIM/02 | Caratterizzanti | Discipline Chimiche Inorganiche e Chimico-Fisiche |
| Spettroscopia           | 6   | CHIM/02 | Caratterizzanti | Discipline Chimiche Inorganiche e Chimico-Fisiche |

**Chimica Organica II + Laboratorio (12 CFU)**

|                                    | CFU | SSD     | Tipologia       | Ambito                                      |
|------------------------------------|-----|---------|-----------------|---|
| Chimica Organica II                | 6   | CHIM/06 | Caratterizzanti | Discipline chimiche organiche e biochimiche |
| Laboratorio di Chimica Organica II | 6   | CHIM/06 | Caratterizzanti | Discipline chimiche organiche e biochimiche |

**Chimica Inorganica complementi + Laboratorio (6 CFU)**

|  | CFU | SSD     | Tipologia            | Ambito                                  |
|--|-----|---------|----------------------|---|
| Chimica Inorganica Complementi e Laboratorio | 6   | CHIM/03 | Affini o integrative | Attività formative affini o integrative |

**Gruppo: Attività consigliate per la scelta libera: gruppo 3 ( 3 CFU)**

| Descrizione   | Tipologia | Ambito |
|---|-----------|--------|
| Scelta studente 3° anno: ripartizione suggerita, non obbligatoria. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU negli anni di corso.   |           |        |
| <b>Note:</b> A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente vanno aggiunti tutti quelli offerti dal Corso di Laurea in Chimica per l'Industria e l'Ambiente nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il terzo anno. |           |        |

**Tesi e prova finale (15 CFU)**

|                     | CFU | SSD      | Tipologia    | Ambito              |
|---------------------|-----|----------|--------------|---------------------|
| tesi e prova finale | 15  | PROFIN_S | Prova finale | Per la prova finale |

## Gruppi per attività a scelta nel CDS Chimica

### Regolamento Chimica

#### Gruppo Attività consigliate per la scelta libera: gruppo 1 (6 CFU)

**Descrizione:** Scelta studente 1° anno: ripartizione suggerita, non obbligatoria. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU negli anni di corso.

**Note:**

A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente vanno aggiunti tutti quelli offerti dal Corso di Laurea in Chimica per l'Industria e l'Ambiente nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il primo anno.

#### Attività contenute nel gruppo

##### Certificazione e controllo qualità (3 CFU)

| Modulo                             | CFU | SSD           | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------------------|-----|---------------|---|------------------|-------------------------|
| Certificazione e controllo qualità | 3   | NN No settore | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

##### Errori e Analisi dei Dati (3 CFU)

| Modulo                    | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---------------------------|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Errori e Analisi dei Dati | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

##### Storia della chimica ed elementi di didattica (3 CFU)

| Modulo  | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Storia della chimica ed elementi di didattica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

#### Gruppo Attività consigliate per la scelta libera: gruppo 2 (6 CFU)

**Descrizione:** Scelta studente 2° anno: ripartizione suggerita, non obbligatoria. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU negli anni di corso.

**Note:**

A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente vanno aggiunti tutti quelli offerti dal Corso di Laurea in Chimica per l'Industria e l'Ambiente nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il secondo anno.

#### Attività contenute nel gruppo

##### Chimica degli elementi di transizione (3 CFU)

| Modulo                                | CFU | SSD                                   | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---------------------------------------|-----|---------------------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica degli elementi di transizione | 3   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

##### Chimica dei Composti di Coordinazione I (3 CFU)

| Modulo                                  | CFU | SSD                                   | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---|-----|---------------------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei Composti di Coordinazione I | 3   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

##### Chimica dell'Atmosfera (3 CFU)

| Modulo                 | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dell'Atmosfera | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

##### Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della Chimica (3 CFU)

| Modulo   | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della Chimica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Gruppo Attività consigliate per la scelta libera: gruppo 3 (3 CFU)****Regolamento Chimica**

**Descrizione:** Scelta studente 3° anno: ripartizione suggerita, non obbligatoria. Potranno essere presentati piani di studio che prevedono ripartizioni diverse dei CFU negli anni di corso.

**Note:**

A questo elenco di insegnamenti a scelta dello studente vanno aggiunti tutti quelli offerti dal Corso di Laurea in Chimica per l'Industria e l'Ambiente nell'analogo gruppo di corsi a scelta per il terzo anno.

**Attività contenute nel gruppo****Chimica Bioinorganica (3 CFU)**

| Modulo                | CFU | SSD                                   | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-----------------------|-----|---------------------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica Bioinorganica | 3   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Chimica dei beni culturali A (3 CFU)**

| Modulo                            | CFU | SSD  | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-----------------------------------|-----|--|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei beni culturali mod. A | 3   | CHIM/12 CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Chimica dei beni culturali B (3 CFU)**

| Modulo                            | CFU | SSD                       | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-----------------------------------|-----|---------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei beni culturali mod. B | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Complementi di matematica per chimici (3 CFU)**

| Modulo                                | CFU | SSD           | Tipologia                                     | Caratteristica                   | Ambito                  |
|---------------------------------------|-----|---------------|---|----------------------------------|-------------------------|
| Complementi di matematica per chimici | 3   | NN No settore | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali + esercitazioni | A scelta dello studente |

**Fotochimica: aspetti fenomenologici (3 CFU)**

| Modulo                              | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica                   | Ambito                  |
|-------------------------------------|-----|------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|
| Fotochimica: aspetti fenomenologici | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali + esercitazioni | A scelta dello studente |

**Introduzione alla Sintesi Organica (3 CFU)**

| Modulo                             | CFU | SSD                      | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------------------|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Introduzione alla Sintesi Organica | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Monitoraggio ambientale (3 CFU)**

| Modulo                  | CFU | SSD                       | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-------------------------|-----|---------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Monitoraggio ambientale | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Spettrometria di Massa in Chimica Organica e Bioorganica (3 CFU)**

| Modulo   | CFU | SSD                      | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Spettrometria di Massa in Chimica Organica e Bioorganica | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

## Attività formative definite nel CDS Chimica Regolamento Chimica

### Abilità informatiche (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Informatic Capabilities

**Obiettivi formativi:** Il corso è a cura del progetto SAI (<http://sainews.humnet.unipi.it/presentazione/>).

Agli studenti di Chimica è richiesto un modulo a scelta fra Gestione e Analisi dei Dati (GAD), Comunicazione Digitale (CD) o Editoria Digitale (ED).

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course is offered by the SAI project (<http://sainews.humnet.unipi.it/presentazione/>).

The Chemistry students are required to choose one module among the following: Data management and Analysis (GAD), Digital Communication (CD) or Digital Editing (ED).

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** A cura del progetto SAI.

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

| Denominazione        | CFU | SSD           | Tipologia   | Caratteristica                | Ambito                             |
|----------------------|-----|---------------|---|-------------------------------|------------------------------------|
| Abilità informatiche | 3   | NN No settore | Altre attività - Abilità informatiche e telematiche | laboratorio e/o esercitazioni | Abilità Informatiche e Telematiche |

### Algebra Lineare (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Linear Algebra

**Obiettivi formativi:** Il corso fornisce le nozioni di base dell'algebra lineare e gli strumenti fondamentali per affrontare problemi come la risoluzione di sistemi lineari e il calcolo di autovalori.

In particolare, gli argomenti trattati sono:

- Spazi vettoriali, indipendenza lineare e basi di vettori, sottospazi, prodotti scalari.
- Applicazioni lineari, matrici, operazioni su matrici, cambiamenti di base.
- Sistemi lineari, metodo di eliminazione di Gauss.
- Norme di vettore e di matrice.
- Autovalori e autovettori, matrici diagonalizzabili.
- Problemi lineari ai minimi quadrati.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Basic notions in linear algebra are given and fundamental tools are shown, in order to solve common problems like linear systems of equations and eigenvalue computations.

In detail, the topics are the following:

- Vector spaces, linear independence and vector bases, subspaces, scalar products.
- Linear applications, matrices, matrix operations, change of basis.
- Linear systems of equations, Gauss elimination method.
- Vector and matrix norms.
- Eigenvalues and eigenvectors, diagonalizable matrices.
- Linear least squares problems.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Nessuna

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

| Denominazione   | CFU | SSD            | Tipologia            | Caratteristica                   | Ambito                                  |
|-----------------|-----|----------------|----------------------|----------------------------------|---|
| Algebra lineare | 3   | MAT/02 ALGEBRA | Affini o integrative | lezioni frontali + esercitazioni | Attività formative affini o integrative |

### Biochimica (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Biological Chemistry

**Obiettivi formativi:** Il corso ha lo scopo di fornire agli studenti le nozioni di base chimiche e fisico-chimiche che governano le funzioni biologiche, dai processi di trascrizione e traduzione dell'informazione genica al metabolismo cellulare.

Nel corso vengono descritte le caratteristiche distintive di cellule procariotiche ed eucariotiche fornendo elementi di base dei processi di duplicazione e trascrizione del DNA nonché del processo di biosintesi delle proteine; vengono inoltre affrontati argomenti relativi allo studio della struttura e della funzione delle proteine prendendo a modello molecole come l'emoglobina, la mioglobina

e gli enzimi in generale. Come esempio di integrazione metabolica, vengono presi in considerazione il catabolismo e l'anabolismo degli zuccheri, e la loro regolazione, in relazione al fabbisogno energetico cellulare.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Objectives. The course provides students with a working knowledge of fundamental chemical and chemical-physical principles governing procariotic and eucariotic biological functions, from the processes of transcription and translation of genetic information to cellular metabolism.

The course is devoted to mastering: the structural organization of eucariotic and procariotic cells, with emphasis on the basic principles governing the processes of DNA duplication and transcription and protein synthesis; the structure and function of proteins, with haemoglobin, myoglobin and enzymes as models of proteins in action; the metabolism of carbohydrates, with emphasis on the reciprocal regulation of their anabolic and catabolic pathways in response to cellular energy requirement, as an example of metabolic integration.



## Regolamento Chimica

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Organica I

**Modalità di verifica finale:** Scritto con eventuale orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione | CFU | SSD               | Tipologia       | Caratteristica   | Ambito                                      |
|---------------|-----|-------------------|-----------------|------------------|---|
| Biochimica    | 6   | BIO/10 BIOCHIMICA | Caratterizzanti | lezioni frontali | Discipline chimiche organiche e biochimiche |

**Note:** Lo studente deve avere acquisito i principi di chimica generale ed inorganica, chimica organica, termodinamica e cinetica formale.

### Certificazione e controllo qualità (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Certification and Quality Control

**Obiettivi formativi:** Il corso ha lo scopo di portare lo studente alla comprensione degli aspetti economico-gestionali riguardanti la normazione e la certificazione dei sistemi di gestione e controllo qualità delle aziende, con specifica attenzione all'ambito chimico. Allo studente sono forniti gli strumenti per un capace inserimento in società di certificazione, per la gestione della qualità in ambito aziendale, permettendogli di identificare quelle che devono essere le capacità imprenditoriali, l'ottimizzazione dell'organizzazione, l'efficienza della gestione, l'idoneità delle strutture e la presenza di competenze adeguate all'interno delle realtà aziendali.

Nei contenuti il corso descrive il processo di normazione e gli organi competenti sia riguardo alle norme nazionali che a quelle europee e internazionali, con riferimento alle Direttive comunitarie. Nel dettaglio sono descritte le norme riferite alla Gestione del Sistema Qualità della famiglia delle ISO 9000, con indicazioni su ambiente, sicurezza e salute. Si fa riferimento al programma Responsible Care e REACH.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course is designed to bring the student to the understanding of the economics, management concerning the standardization and certification of management systems and quality control of companies, with specific attention to the chemical enterprises. Students are provided with the tools for a capable insertion in Certification Institution, for quality management of the companies. The course permits to identify those that need to be entrepreneurial skills, optimization of the organization, management efficiency, suitability structures and the presence of appropriate skills within the business realities.

The course describes the process of standardization and the relevant bodies whether in relation to national, European and international standards, with reference to the EU directives. The rules related to the management of the group of the Quality System (ISO 9000), with guidance on environment, safety and health are described in detail. The Responsible Care program and REACH are taken as references.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza non è obbligatoria, ma raccomandata.

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                      | CFU | SSD           | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------------------|-----|---------------|---|------------------|-------------------------|
| Certificazione e controllo qualità | 3   | NN No settore | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Note:** Attività a scelta dello studente, sarà approvata automaticamente nel piano di studio.

### Chimica Analitica I + Laboratorio (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Analytical Chemistry I + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Corso teorico: lo scopo del corso è quello di fornire agli studenti gli strumenti necessari per impostare correttamente problemi di tipo analitico e risolverli appropriatamente. Il corso si occupa dell'analisi di sistemi chimici in soluzione con particolare riguardo ai sistemi ionici. In particolare verranno affrontati i seguenti argomenti:

Reazioni di trasferimento protonico.

Reazioni di complessazione. Reazioni di precipitazione. Reazioni di trasferimento elettronico. Analisi qualitativa di sistemi inorganici.

Metodi ottici di analisi. Valutazione degli errori.

Laboratorio: lo scopo del corso di laboratorio è quello di fornire agli studenti gli strumenti necessari per impostare sperimentalmente e risolvere un problema analitico semplice.

Verranno affrontati i seguenti argomenti: La sicurezza in Laboratorio.

Analisi qualitativa di cationi e anioni. Stadi di una analisi quantitativa.

Analisi Volumetrica. Resine scambiatrici di ioni. Potenzimetria. Metodi ottici di analisi.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Theory: the purpose of the course is to provide the students with theoretical backgrounds and methodologies that can enable them to correctly set and appropriately resolve basic problems of analytical chemistry. The course is devoted mainly to the qualitative and quantitative analysis of inorganic systems, in particular electrolytes. The following topics are treated: proton transfer, complex formation, precipitation and electron transfer reactions. Optical methods of analysis and error evaluation are also part of the program.

Laboratory: Simple analytical problems are solved by using suitable experimental procedures. The issues discussed in the laboratory course include: safety, steps of the chemical analysis, qualitative analysis of cations and anions, volumetric analysis, ion exchange resins, spectrophotometry and atomic absorption spectrometry.



## Regolamento Chimica

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Propedeuticità: Chimica Generale e Inorganica + Laboratorio. Fondamenti di Chimica Analitica.

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. Requisiti necessari per l'ammissione al laboratorio sono: (1) aver superato l'esame di Chimica Generale e Inorganica + Laboratorio; (2) aver frequentato le lezioni teoriche.

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                              | CFU | SSD                       | Tipologia | Caratteristica                | Ambito              |
|--|-----|---------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------|
| Chimica Analitica I + Laboratorio          | 9   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Base      | lezioni frontali              | Discipline chimiche |
| Segmento Chimica Analitica I + Laboratorio | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA |           | laboratorio e/o esercitazioni |                     |

### Chimica Analitica II + Laboratorio (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Analytical Chemistry II + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Fornire le basi teoriche e le metodologie strumentali delle tecniche cromatografiche e spettrometriche per la caratterizzazione di composti in matrici anche complesse. Fornire le conoscenze per il controllo della qualità dei dati analitici. Eseguire analisi chimiche qualitative e quantitative mediante le tecniche cromatografiche e spettrometriche per la determinazione di analiti organici ed inorganici in matrici a diversa complessità; usare gli strumenti statistici per il trattamento degli errori sperimentali.

Contenuti del corso.

Il concetto di procedura analitica. Limite di rivelabilità di una procedura analitica. I materiali di riferimento certificati e il loro impiego per la validazione delle procedure analitiche. Esercizi di intercalibrazione. Carte di controllo. Controllo ed assicurazione di qualità dei dati analitici.

Il campionamento ed il trattamento del campione. Metodi basati sulla digestione della matrice, metodi basati sull'estrazione dell'analita dalla matrice: estrazione liquido/liquido (discontinua e continua), estrazione liquido/solido (soxhlet, SPE, SPME), estrazione con fluido supercritico, estrazione purge and trap.

Tecniche Cromatografiche: generalità sulle tecniche separative e loro classificazione. Teoria dei piatti teorici. Teoria delle velocità. Le equazioni della cromatografia. Programmata di temperatura in GC. Gradiente di eluizione in HPLC. Sistemi di iniezione e di rivelazione per GC e per HPLC. Impiego della spettrometria di massa come rivelatore in HPLC e GC. Cenni sulla cromatografia in fase supercritica.

Tecniche spettrofotometriche: Spettrometria di emissione, fluorescenza e assorbimento atomico. Sorgenti di radiazione.

Sorgenti di atomi: fiamma, ICP, fornello di grafite. ICP-MS. Metodi per la correzione degli assorbimenti non specifici: correzione con lampada a deuterio, correzione Smith-Hjeltie, correzione Zeeman. Fattori che limitano il range dinamico lineare in spettrometria di assorbimento atomico. Effetto matrice e modificatori di matrice.

La sicurezza in laboratorio. Trattamento statistico dei dati sperimentali. Distribuzione delle medie. Limiti di confidenza. Test di significatività. Outliers.

Applicazioni dei metodi cromatografici e spettrometrici per la determinazione di composti ed elementi in tracce in campioni acquosi provenienti da varie matrici.

Verifica del range dinamico lineare e calcolo del limite di rivelabilità.

Esercitazioni di laboratorio con tecniche cromatografiche: cromatografia su strato sottile (TLC), gas cromatografia (GC), cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC).

Esercitazioni di laboratorio con spettroscopia di assorbimento atomico (AAS). Verifica del range dinamico lineare e calcolo del limite di rivelabilità. Esecuzione di analisi riguardanti la determinazione di elementi in campioni di varia natura.

Esercitazioni nel laboratorio informatico; trattamento dati in cromatografia GC/MS.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course enables students to acquire the theoretical knowledge of instrumental techniques based on chromatography and mass spectrometry for the characterisation of compounds in complex matrices.

The course enables students to acquire the knowledge for checking the analytical data quality. The laboratory part of the course enables students to perform qualitative and quantitative chemical analyses by means of chromatographic and spectrophotometric techniques for the determination of organic and inorganic compounds in matrices with different complexity. The course enables students to be able to use statistical methods for the treatment of experimental errors.

Topics of the course.

The concept of analytical procedure. Detection limit of an analytical procedure. Certified reference materials and their use in the validation of analytical procedures. Intercalibration exercises. Quality control charts. Control of analytical data quality.

Sampling and sample pre-treatment. Methods based on matrix digestion, on the extraction of the analytes from the matrix: liquid/liquid extraction (not continuous and continuous), solid/liquid extraction (soxhlet, SPE, SPME), supercritical fluid extraction, purge and trap extraction.

Chromatographic techniques: basic information on separation techniques and their classification. Plate and rate theory of chromatography. Equations for chromatography. Temperature program in gas chromatography. Elution gradient in HPLC. Injection systems and detectors in GC and HPLC. The use of mass spectrometry as detector in GC and HPLC. Basic information on supercritical phase chromatography.

Spectrometric techniques: atomic absorption spectrometry. Radiation emitters. Atoms emitters: graphite oven. Methods for the correction of non-specific absorptions: correction with deuterium lamp; Smith-Hjeltie correction; Zeeman correction.

Factors that limit linear dynamic range in AAS. Matrix effects and matrix modifiers.

Safety in laboratory. Statistical treatment of experimental data. Distribution of means. Confidence limits. Significance test. Outliers

Application of chromatographic and spectrophotometric in the determination of elements and compounds in samples collected from various matrices.

Laboratory exercises with chromatographic techniques. TLC, GC, HPLC and exchange ionic chromatography.

Laboratory exercises with atomic absorption spectrometry. Calculation of the linear dynamic range and of detection limit.

Determination of trace elements in several samples.

Exercises in the computer laboratory; data treatment for GC/MS chromatography.

**CFU:** 9



## Regolamento Chimica

### Reteirabilità: 1

**Propedeuticità:** Chimica Analitica I + Laboratorio.

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio. Inoltre la frequenza al Laboratorio di Chimica Analitica I è propedeutica all'ingresso in Laboratorio di Chimica Analitica II.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                               | CFU | SSD                       | Tipologia       | Caratteristica                | Ambito                                      |
|---|-----|---------------------------|-----------------|-------------------------------|---|
| Chimica Analitica II + Laboratorio          | 9   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Caratterizzanti | lezioni frontali              | Discipline chimiche analitiche e ambientali |
| Segmento Chimica Analitica II + Laboratorio | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA |                 | laboratorio e/o esercitazioni |   |

### Chimica Analitica Spettroscopica I (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Analytical Chemistry Spectroscopy I

**Obiettivi formativi:** Concetti di base per l'interpretazione degli spettri IR di composti organici, inorganici e polimerici. Criteri per la messa a punto di metodi di analisi qualitative, quantitative e strutturali. Radiazione elettromagnetica e parametri associati. Interazione della radiazione con la materia e correlazioni dell'assorbimento di radiazione nelle varie regioni dello spettro con differenti tipi di livelli energetici molecolari. Vibrazioni molecolari. Bande non dovute alle vibrazioni fondamentali.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The aim is to cover the fundamental principles behind infrared spectroscopy and to take the student up to the point where he understands the origin of the features in an infrared spectrum. Basic concepts for IR spectra interpretation of solids, liquids, gaseous compounds and polymers will be given. Qualitative and quantitative chemical analysis aspects will be discussed. Electromagnetic radiation and the associated parameters. Light-matter interactions, and the correlation of the absorption of radiation in various regions of the spectrum with different types of molecular energy levels. Physical pictures of molecular vibrations. Factors which limit the number of absorption bands in a spectrum. Features of infrared spectra which are not due fundamental vibrations.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                    | CFU | SSD                       | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|----------------------------------|-----|---------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica Analitica Spettroscopica | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Note:** E' consigliabile seguire il corso al terzo anno dopo avere acquisito conoscenze fisiche e matematiche, nonché gli aspetti delle strutture molecolari.

### Chimica Analitica Strumentale - Complementi (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Instrumental Analytical Chemistry

**Obiettivi formativi:** Lo studente dovrà acquisire conoscenze sul funzionamento della moderna strumentazione analitica di laboratorio necessarie al miglioramento dell'informazione analitica in termini di accuratezza e rapporto segnale rumore. Elementi di elettronica. Segnali elettrici nella strumentazione chimica.

Rumore associato ai segnali elettrici. Filtri analogici. Applicazione dei semiconduttori nei circuiti elettronici. Amplificatori operazionali e loro principali applicazioni alle misure elettriche. Amplificatore lock-in.

Introduzione all'elettronica digitale. Circuiti di memoria, circuiti di conteggio, convertitore D/A e A/D.

L'ottica negli spettrofotometri. Sorgenti di radiazione utilizzate in spettrofotometria. Lenti, specchi, fenditure. Sistemi di monocromazione. Trasduttori e sistemi di misura di energia radiante.

Fattori che influenzano l'accuratezza della misura di assorbanza. Considerazioni sul rapporto segnale/rumore nelle tecniche spettrofotometriche. Limiti di rivelabilità nelle tecniche spettrofotometriche.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The aim of this course is to improve the knowledge of the operation of the most diffused analytical instrumentations. In particular, the following topics are discussed:

Electronic for chemical instrumentation. Noise associated to electrical signal. Analog filters. Semiconductor circuit elements: termistors, photoresistors, photodiodes. The operational amplifier.

The lock-in amplifier. Digital signals. Counters and memory circuits.

Digital-to-analog and analog-to-digital converters.

Optical components of spectrometers. Radiation sources. Lens, mirrors and slits. Wavelength selectors, Transducers and measurement systems.

Accuracy in absorbance measurement. Signal-to-noise expressions for absorption measurements and detection limit.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli



## Regolamento Chimica

| Denominazione                                  | CFU | SSD                          | Tipologia  | Caratteristica   | Ambito                        |
|--|-----|------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| Chimica Analitica<br>Strumentale - Complementi | 3   | CHIM/01 CHIMICA<br>ANALITICA | Altre attività - scelta libera<br>dello studente | lezioni frontali | A scelta<br>dello<br>studente |

## Chimica Bioanalitica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Bioanalytical Chemistry

**Obiettivi formativi:** Uso della fluorescenza nell'analisi di sistemi biologici. Il fenomeno della fluorescenza, Diagramma di Jablonski, lo shift di Stokes. Fluorofori. Spettri di eccitazione e di emissione. Quenching di fluorescenza, polarizzazione e anisotropia, resonance energy transfer (FRET). Identificazione di singole molecole. Sensori fluorescenti. Fluorescenza di proteine, interazione di fluorofori con acidi nucleici, sonde per acidi nucleici e per membrane. Misura della fluorescenza della sieralbumina nel sangue. Fluorescenza risolta nel tempo. Strumentazioni per le misure statiche e dinamiche di fluorescenza.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The fluorescence in the analysis of biologically relevant systems. The phenomenon of fluorescence, Jablonski diagram, Stokes shift. Fluorophores. Excitation and emission spectra. Quenching of fluorescence, polarization and anisotropy, resonance energy transfer (FRET). Single molecule identification. Fluorescent sensors. Fluorescence of proteins, fluorophores interaction with nucleic acids, nucleic acids and membranes probes. Measure of fluorescence of serumalbumin in blood. Fluorescence resolved in time. Instrumentations for static and dynamic measurement of fluorescence.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

| Denominazione        | CFU | SSD                          | Tipologia  | Caratteristica   | Ambito                        |
|----------------------|-----|------------------------------|--|------------------|-------------------------------|
| Chimica Bioanalitica | 3   | CHIM/01 CHIMICA<br>ANALITICA | Altre attività - scelta libera<br>dello studente | lezioni frontali | A scelta<br>dello<br>studente |

## Chimica Bioinorganica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Bioinorganic Chemistry

**Obiettivi formativi:** Obiettivi formativi:

1) Acquisire conoscenze di base riguardanti il ruolo degli elementi metallici nei sistemi biologici.

2) Acquisire conoscenze riguardo le problematiche collegate alla diffusione nell'ambiente di composti metallici.

Programma in breve:

Caratteristiche, proprietà e ruoli svolti dai metalli del I e II gruppo e dai composti di coordinazione a base di ferro, rame, cobalto e molibdeno presenti nei sistemi biologici. Tossicità dei metalli pesanti e potabilizzazione delle acque. Composti antitumorali a base di rutenio, titanio e platino. Complessi carbonilici per il rilascio controllato di CO. Complessi di tecnecio per uso diagnostico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** 1) To gain basic knowledge on the role of metal elements in biologic systems.

2) To gain knowledge about problems associated with the environmental dispersion of metal compounds.

Syllabus:

Characteristics, properties and roles played by groups 1 and 2 metals and by coordination compounds based on iron, copper, cobalt and molybdenum within the biological systems. Toxicity of heavy metals and water potabilization. Anticancer compounds based on ruthenium, titanium and platinum. Carbonyl complexes as CO releasing molecules. Technetium compounds for diagnostic use.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Nessuno

**Modalità di verifica finale:** Esame

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

| Denominazione         | CFU | SSD   | Tipologia  | Caratteristica   | Ambito                        |
|-----------------------|-----|---|--|------------------|-------------------------------|
| Chimica Bioinorganica | 3   | CHIM/03 CHIMICA<br>GENERALE E<br>INORGANICA | Altre attività - scelta libera<br>dello studente | lezioni frontali | A scelta<br>dello<br>studente |

## Chimica degli elementi di transizione (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Transition element chemistry

**Obiettivi formativi:** Distribuzione geografica dei principali giacimenti minerali metalliferi di interesse industriale (minerali di rame), tecniche di estrazione, concentrazione (flottazione, pirometallurgia del solfuro di rame), affinazione elettrochimica del rame. Attacco dei fanghi anodici e separazione degli elementi dei Gruppi 8, 9, 10 e 11 (nell'ordine: Os, Ag, Au, Rh, Pd, Ru, Pt, Ir).

Affinazione dei singoli metalli preziosi (Ag, Au, Rh, Pd, Ru, Pt and Ir).

Ogni stadio sarà mostrato in laboratorio partendo da un campione di fanghi anodici fornito da Chimet SpA.

Lo studente acquisirà una conoscenza avanzata delle tecniche di recupero ed affinazione dei metalli preziosi, delle loro principali applicazioni catalitiche e della chimica di coordinazione dei loro ioni.



## Regolamento Chimica

**Obiettivi formativi in Inglese:** Copper ores occurrence, flotation, pyrometallurgy of copper sulfide, electrochemical copper refining. Anodic slimes attack, separation of precious metals in the order: Os, Ag, Au, Rh, Pd, Ru, Pt, Ir. Refining of each of these.

Any single step will be documented in the lab starting from a sample of anodic slime provided by Chimet SpA.

The student who successfully completes the course will be able to demonstrate advanced knowledge of the methods for recovering and refining precious metals (Ag, Au, Rh, Pd, Ru, Pt and Ir).

Also he will be aware of the main industrial catalytic applications of these metals.

He will acquire a good knowledge of coordination chemistry of Platinum Group Metal ions.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                         | CFU | SSD                                   | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---------------------------------------|-----|---------------------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica degli elementi di transizione | 3   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Chimica dei beni culturali A (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Chemistry of Cultural Heritage A

**Obiettivi formativi:** Obiettivi: Fornire gli strumenti di base per un approccio scientifico relativo ai criteri di intervento, ai prodotti ed alle tecniche per il recupero conservativo basato sulla conoscenza dei materiali costitutivi i manufatti di interesse culturale.

Programma: Introduzione storica sulla evoluzione e metodologia dell'intervento conservativo.

Vengono successivamente trattate quattro tipologie di materiali: lapidei, vetri, metalli e leghe, materiali tessili.

Per ogni tipologia vengono presentate le caratteristiche morfologiche e strutturali, l'evoluzione della tecnologia produttiva, le cause e meccanismi di alterazione e degrado con riferimento ai fattori naturali e ambientali, al ruolo del trasporto dei fluidi in matrici porose, bagnabilità, tensione superficiale e capillarità; cenni alle principali tecniche di caratterizzazione e di diagnosi del degrado, alle tecniche e prodotti per la pulitura, il consolidamento e la protezione, sia tradizionali che moderni (polimeri sintetici).

**Obiettivi formativi in Inglese:** Objectives: Provide the basic tools for a scientific approach to the planning, selection of materials and techniques for the restoration and conservation of works of art. Provide the knowledge and understanding of the materials.

Programme: Historic introduction on the evolution and methodology of the conservation techniques.

Four types of materials are discussed: natural stones, glasses, metals and alloys, textiles.

For each type of material are presented: morphology and structure; evolution of the production technology; causes and mechanisms of alteration and decay with specific reference to natural and environmental factors; wettability, surface tension, capillarity and transport of fluids in porous materials; techniques for the characterization and diagnosis of the state of conservation; techniques and products for the cleaning, consolidation, and protection, both traditional and modern (synthetic polymers).

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Frequenza fortemente consigliata (in alternativa sono richieste parti tratte da diversi libri di testo)

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                     | CFU | SSD  | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-----------------------------------|-----|--|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei beni culturali mod. A | 3   | CHIM/12 CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Chimica dei beni culturali B (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Cultural heritage chemistry B

**Obiettivi formativi:** Introdurre lo studente alle problematiche chimiche nel settore dei beni culturali. Rendere edotto lo studente su i metodi e le strumentazioni più idonee al fine di:

- caratterizzare i materiali originali costitutivi di un'opera d'arte;
- studiare il degrado dei materiali in funzione dell'invecchiamento naturale e dell'inquinamento ambientale.

Il concetto di Bene Culturale. Definizione del manufatto storicoartistico.

Degrado, restauro e conservazione.

La caratterizzazione chimica per la definizione delle procedure di restauro. Le tecniche non distruttive e le tecniche distruttive: principi fondamentali e applicazioni. Le tecniche spettroscopiche di superficie per le indagini della composizione inorganica.

L'impatto ambientale sulle opere d'arte: croste nere e pellicole ad ossalato. Origini, cause e determinazione.

Il campionamento di un'opera d'arte: rappresentatività di un campione.

I materiali pittorici. I materiali organici in oggetti archeologici. I materiali usati per il restauro.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course enables students to understand how chemistry is applied in the field of restoration and conservation. They acquire analytical techniques and instrumental methods in order to characterise original materials in artworks and to study degradation processes of materials in function of ageing and environmental pollution.

Particularly, the following topics are discussed:

- The concept of safeguard of Cultural heritage and the chemical characterisation to suggest a correct restoration approach.
- non invasive and invasive techniques.



## Regolamento Chimica

- environmental impact on artworks: black crusts and oxalate films: origin, causes and characterisation.
- Sampling an artwork: sample representativity
- the painting materials. Classification of organic binders (proteins, lipids, resins, gums, waxes, bitumen) and of pigments and their characterisation by chromatography and spectroscopic techniques. Degradation processes
- organic materials in archaeological objects. Chemical characterisation of balms, waterproofing materials, adhesives food.
- materials used in the restoration practice.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale con seminario su argomento concordato

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                     | CFU | SSD                       | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-----------------------------------|-----|---------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei beni culturali mod. B | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Chimica dei Composti di Coordinazione I (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Coordination Chemistry I

**Obiettivi formativi:** Gli studenti acquisiranno esperienza sui vari numeri di coordinazione e le geometrie ad essi associate. Prenderanno dimestichezza con elementi e operazioni di simmetria ed impareranno ad individuare la simmetria molecolare. Saranno trattati vari tipi di isomeria. Si applicheranno le varie teorie (VB, CFT, MO) al settore della chimica di coordinazione. Si analizzerà la separazione degli orbitali d in campi di varia simmetria. Saranno analizzati gli spettri di assorbimento nel visibile ed il comportamento magnetico dei complessi ed alcuni andamenti interessanti (lungo le serie e lungo i gruppi di transizione) collegabili alla configurazione elettronica dello ione centrale.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Students will be introduced to the coordination chemistry by an analysis of the different coordination numbers and the associated geometries. Point groups and molecular symmetry will be treated. Bonding, spectra, magnetism and some periodic trends inside the three transition series will be analysed with the use of the VB, CFT and MO theories.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Generale ed Inorganica

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                           | CFU | SSD                                   | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---|-----|---------------------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei Composti di Coordinazione I | 3   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Chimica dei Composti Organometallici (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Chemistry of organometallic compounds

**Obiettivi formativi:** Struttura e reattività di composti organici degli elementi del gruppo principale del sistema periodico.

Scopo di questo Corso è fornire agli studenti le prime conoscenze sulla relazione tra natura del legame carbonio-metallo e reattività chimica necessarie per impiegare composti organometallici degli elementi del gruppo principale in sintesi organica.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Structure and reactivity of the organometallic compounds of the main group elements

To acquire the necessary background on the relationship between the nature of metal-carbon bonds and chemical reactivity to suggest strategies for use the main group organometallic compounds in organic synthesis

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Generale ed inorganica , Fondamenti di Chimica Organica, Chimica Organica I + Laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                        | CFU | SSD                      | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--------------------------------------|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dei Composti Organometallici | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Chimica dell'Atmosfera (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Atmosphere Chemistry

**Obiettivi formativi:** Introduzione ai concetti base della chimica e fisica dell'ambiente. Introduzione ai principali fenomeni che regolano i cicli geochimici, il clima e la chimica dell'atmosfera, comprese le modificazioni di origine antropica. Capacità di risolvere semplici problemi numerici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Introduction to the basic concepts of the environmental physical chemistry. Introduction to the main phenomena that occur in the geochemical cycles, the climate and the atmospheric chemistry, including the



## Regolamento Chimica

modifications of anthropic origin. Ability to solve simple numerical problems.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione          | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica dell'Atmosfera | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Chimica Fisica Biologica I (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Biophysical Chemistry I

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di illustrare l'applicazione dei metodi di indagine chimico fisici allo studio della struttura, delle proprietà e del comportamento delle macromolecole biologiche. Saranno approfonditi in particolare gli aspetti termodinamici e cinetici dell'interazione tra specifici leganti e macromolecole biologiche, i meccanismi di controllo per la regolazione dell'attività biologica, gli equilibri conformazionali di polipeptidi e proteine.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course focuses on experimental and theoretical topics relevant to the understanding of the structure, properties and behaviour of biological macromolecules in terms of the principles and methods of physics and chemistry. Particular attention will be paid to the equilibrium and kinetic aspects of ligand interactions, including a discussion of control mechanisms that modulate biological activity. The conformational behaviour of biological polymers will be considered as well.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Propedeuticità: Chimica Generale e Inorganica, Istituzioni di Matematica I, Fisica Generale I.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione            | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--------------------------|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica Fisica Biologica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Note:** Si consiglia di sostenere l'esame dopo quello di Chimica Fisica I

### Chimica Fisica I + Laboratorio (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Physical Chemistry I + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di fornire agli studenti conoscenze sui principali argomenti della termodinamica chimica. In particolare: le proprietà dei gas; i concetti di temperatura, energia, calore e lavoro e la loro applicazione allo studio delle trasformazioni fisiche e delle reazioni chimiche; la calorimetria e la termochimica; la spontaneità dei cambiamenti chimici e fisici, gli equilibri di fase per i sistemi ad uno e più componenti e le proprietà di soluzioni e miscele; il significato delle funzioni entropia e energia libera e il concetto di potenziale chimico come driving force delle transizioni di fase e della reazione chimica; la cinetica chimica e la sua applicazione allo studio della velocità e del meccanismo di reazione. Si propone inoltre di fornire conoscenze e competenze sui metodi di misura delle principali grandezze chimico fisiche e sull'uso della strumentazione necessaria

**Obiettivi formativi in Inglese:** Aim of the course is to provide the student with the knowledge of the basic principles of chemical thermodynamics and chemical kinetics: the properties of ideal and real gases; the concepts of temperature, conservation of energy, heat and work and how they can be used to assess the energy changes that accompany physical and chemical processes; how to use calorimetry and thermochemistry; the origin of the spontaneity of physical and chemical changes; entropy and Gibbs free energy, as a measure of this spontaneity; the chemical potential as the driving force of phase transition and chemical reaction; the basic concepts of chemical kinetics, to define the reaction rate, and to provide insight in the reaction mechanisms. Finally the student will learn how to measure the main physical chemical quantities and how to use the necessary instrumentation.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Propedeuticità: Chimica Generale e Inorganica + Laboratorio, Istituzioni di Matematica I, Fisica Generale I. La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. Requisiti necessari per l'ammissione al laboratorio sono: (1) aver superato l'esame di Chimica Generale e Inorganica + Laboratorio; (2) aver frequentato le lezioni teoriche.

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                           | CFU | SSD                    | Tipologia | Caratteristica                | Ambito              |
|---|-----|------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------|
| Chimica Fisica I                        | 12  | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Base      | lezioni frontali              | Discipline chimiche |
| Segmento Chimica Fisica I + Laboratorio | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA |           | laboratorio e/o esercitazioni |                     |



## Regolamento Chimica

**Note:** L'attività formativa è composta da una parte teorica in aula e una parte sperimentale in laboratorio

### Chimica Fisica II + Laboratorio (15 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Physical Chemistry II + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Lo studente che completa il corso con successo sarà in grado di dimostrare una conoscenza di base dei principi che governano (i) la meccanica quantistica e la sua applicazione alla descrizione della struttura elettronica di atomi e molecole e (ii) assorbimento ed emissione di radiazioni elettromagnetiche da parte di sistemi atomici e molecolari. Sarà inoltre in grado di collegare le conoscenze quantistiche del mondo microscopico con le leggi termodinamiche che governano il mondo macroscopico. Infine avrà la capacità di registrare e analizzare gli spettri IR, UV-Vis, Fluorescenza e NMR.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The student who successfully completes the course will be able to demonstrate a basic knowledge of the principles governing (i) quantum mechanics and its application to the description of atomic and molecular electronic structure, (ii) absorption and emission of electromagnetic radiation by atoms and molecules.

The student will also be able to connect the quantum knowledge of the microscopic world with the thermodynamic laws of the macroscopic world and will have the ability to record and analyse IR, UV-Vis, Fluorescence and NMR spectra.

**CFU:** 15

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Fisica I + Laboratorio, Fisica Generale II + Esercitazioni, Istituzioni di Matematica II + Esercitazioni  
La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

| Denominazione           | CFU | SSD                       | Tipologia       | Caratteristica                             | Ambito  |
|-------------------------|-----|---------------------------|-----------------|--|---|
| Modellistica molecolare | 9   | CHIM/02<br>CHIMICA FISICA | Caratterizzanti | Lezioni frontali+Esercitazioni+Laboratorio | Discipline Chimiche Inorganiche e Chimico-Fisiche |
| Spettroscopia           | 6   | CHIM/02<br>CHIMICA FISICA | Caratterizzanti | lezioni frontali+laboratorio               | Discipline Chimiche Inorganiche e Chimico-Fisiche |

### Chimica Generale ed Inorganica + Laboratorio (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** General and Inorganic Chemistry + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Il corso ha lo scopo di dare allo studente iscritto al corso di studio in Chimica i concetti fondamentali del calcolo stechiometrico, della struttura atomica / legame chimico, dell'equilibrio chimico e, più in generale, delle proprietà e della reattività degli elementi e dei composti. Particolare enfasi sarà data a tutti quegli argomenti che permetteranno di dedurre le proprietà di una sostanza sulla base della posizione che gli elementi costituenti occupano all'interno del Sistema Periodico. Ulteriore obiettivo formativo è far comprendere agli studenti come i principi fondamentali della chimica possono essere applicati sia dal punto di vista numerico che sperimentale. Nel corso si introdurranno inoltre gli studenti alle pratiche di base del laboratorio chimico, con particolare attenzione al mantenimento di una condotta corretta e sicura.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The student will be instructed on the fundamentals of stoichiometry, of the atomic structure / chemical bond, of the chemical equilibrium with connections to the properties and reactivities of elements and compounds. Special attention will be attributed to the prediction of the properties of different samples based on the knowledge of the position in the Periodic Table of the elements present in the compounds. The student will be trained to understand how the fundamentals of chemistry can be applied both from the numerical and experimental viewpoint. The course will also introduce students to chemical laboratory practice, with a focus on safe and appropriate behaviour.

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** prova scritta e prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

| Denominazione                                 | CFU | SSD                                   | Tipologia | Caratteristica                | Ambito              |
|---|-----|---------------------------------------|-----------|-------------------------------|---------------------|
| Chimica Generale ed Inorganica                | 6   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Base      | lezioni frontali              | Discipline chimiche |
| Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica | 6   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Base      | laboratorio e/o esercitazioni | Discipline chimiche |

### Chimica Industriale (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Industrial Chemistry



## Regolamento Chimica

**Obiettivi formativi:** Il corso comprende tre sezioni principali.

- 1) Aspetti generali di chimica industriale: la struttura della filiera chimica e petrolchimica, dalle materie prime alla chimica fine e secondaria. Rappresentazione schematica di un processo chimico industriale; operazioni unitarie e reattori chimici. La raffineria: processi principali e prodotti chimici di base. Criteri per la progettazione e conduzione di un processo chimico industriale: fattori chimici (conversione, resa e selettività) di sicurezza ed efficienza (produzione di scarti e riciclo, consumo energetico ed altri fattori di costo).
- 2) Chimica macromolecolare e processi industriali di polimerizzazione. Meccanismo e cinetica dei principali processi di polimerizzazione, con esempi di alcuni importanti processi industriali, sia in fase omogenea che eterogenea. Cenni di chimica colloidale e della sua importanza in molti processi industriali e nelle formulazioni. Tecniche di caratterizzazione strutturale e cenni alle proprietà termiche, meccaniche e reologiche dei materiali e polimerici e dei polimeri in soluzione, con le conseguenti implicazioni tecnologiche.
- 3) Cenni introduttivi alla chimica sostenibile ed ai criteri per una maggiore sostenibilità dell'industria chimica. Criticità principali di una produzione chimica in termini di sicurezza per la salute, l'ambiente e la conservazione delle risorse. La bioraffineria come evoluzione della filiera chimica tradizionale, dalle risorse di materia prima fossili alle biomasse come risorse rinnovabili.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course content comprises three main sections:

- 1) Industrial chemistry at large: the structure of the chemical and petrochemical industry, from raw materials to fine chemicals. Process flow diagram and process units within an industrial plant; unit operations and chemical reactors. Basic operations and raw products in oil refinery. Conversion, yield, selectivity, but also safety, waste production, energy consumption and other production cost factors as the main criteria to be considered in the design and operation of an industrial chemical process.
- 2) Macromolecular chemistry and industrial polymerizations. The chemistry and kinetics of polymer synthesis will be presented in detail, along with selected examples of industrial polymerization processes, including examples of homogeneous and heterogeneous ones. Descriptive chemistry of colloidal systems and of its relevance in several industrial applications. The main structural characterization techniques and introductory concepts of polymer properties (thermal, mechanical, rheological in bulk and solution) relevant to different polymer applications and processing technologies will also be discussed.
- 3) Introductory concepts of sustainable chemistry and sustainable chemical industry. Key points in the assessment of the safety and environmental viability of a chemical production and process technology. The biorefinery concept and the newly developing chemical industry from renewable resources.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e/o orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione       | CFU | SSD                         | Tipologia       | Caratteristica   | Ambito   |
|---------------------|-----|-----------------------------|-----------------|------------------|--|
| Chimica Industriale | 6   | CHIM/04 CHIMICA INDUSTRIALE | Caratterizzanti | lezioni frontali | Discipline chimiche industriali e tecnologiche |

### Chimica Inorganica complementi + Laboratorio (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Inorganic Chemistry: selected areas

**Obiettivi formativi:** Gli studenti acquisiranno conoscenze relative agli elementi di transizione d e di transizione interna (in particolare 4f). Sarà discussa la chimica dei composti di coordinazione e le teorie utilizzate in questo settore (VB, CFT, MO). Si metteranno a confronto cationi con configurazione elettronica a gas nobile con cationi a configurazione elettronica dn e fn.

Nella parte dedicata al laboratorio saranno sintetizzati alcuni composti di coordinazione e si effettuerà la loro caratterizzazione con tecniche spettroscopiche (IR, NMR, UV-Vis).

**Obiettivi formativi in Inglese:** The aim of this course is to introduce the students to the chemistry of transition elements (d and f series). A comparison between closed and open shell cations will be presented.

In the practical part some coordination compounds will be synthesized. Their characterization will be performed with the use of spectroscopic methods (IR, NMR, UV-Vis).

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Inorganica I.

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                                | CFU | SSD                                   | Tipologia            | Caratteristica               | Ambito                                  |
|--|-----|---------------------------------------|----------------------|------------------------------|---|
| Chimica Inorganica Complementi e Laboratorio | 6   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Affini o integrative | lezioni frontali+laboratorio | Attività formative affini o integrative |

### Chimica Inorganica I (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Inorganic Chemistry I

**Obiettivi formativi:** Lo studente che ha completato con successo il corso sarà in possesso di una solida conoscenza dei fondamenti della chimica inorganica e delle proprietà degli elementi della tabella periodica. Il corso infatti fornisce nozioni relative all'origine e all'ordinamento periodico degli elementi, alla simmetria molecolare, alla struttura e legame dei metalli,



## Regolamento Chimica

alle proprietà di conduttori e semiconduttori. Come completamento di alcuni concetti introdotti del Corso di Chimica Generale ed Inorganica, verranno esaminati in dettaglio il legame ionico e vari aspetti inorganici del comportamento redox, acido/base, e della solubilità in acqua di sali inorganici. Verranno inoltre presentati aspetti fondamentali ed applicazioni moderne della chimica degli elementi di transizione, dei lantanidi e degli attinidi.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The student who completes the course successfully, will be able to demonstrate a solid knowledge of the key issues related to Inorganic Chemistry, Coordination chemistry and to the general properties of Groups and Periods of the Periodic Table, mainly concerning transition metals, lanthanides and actinides. The course provides notions on the origin of the elements and the determination of the symmetry elements of a finite molecule. Some of the topics not fully examined in the General and Inorganic Chemistry course (ionic bond and inorganic aspects of redox, acid/base behaviour and solubility) will be presented here.

The course also approaches the key issues related to the systematic of transition elements, lanthanides and actinides presenting and describing the main characteristics of the elements.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Generale ed Inorganica + Laboratorio

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione        | CFU | SSD                                   | Tipologia       | Caratteristica   | Ambito  |
|----------------------|-----|---------------------------------------|-----------------|------------------|---|
| Chimica Inorganica I | 6   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Caratterizzanti | lezioni frontali | Discipline Chimiche Inorganiche e Chimico-Fisiche |

### Chimica Organica I + Laboratorio (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Organic Chemistry I + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Studio della struttura e reattività dei principali gruppi funzionali organici. Tecniche sperimentali della chimica organica sintetica. Purificazione dei composti organici. Analisi qualitativa organica.

Acquisizione delle conoscenze sulla relazione tra struttura e proprietà chimiche dei principali gruppi funzionali organici necessarie per poter accedere a procedure di interconversione tra classi di composti e per progettare la sintesi di semplici molecole bersaglio.

Acquisizione, inoltre, delle necessarie conoscenze teoriche e delle capacità sperimentali di base per effettuare la preparazione, la purificazione ed il riconoscimento dei gruppi funzionali di composti organici.

Laboratorio: Sicurezza nel laboratorio di chimica organica.

Tecniche sperimentali della chimica organica sintetica: impiego vetreria, agitazione, riscaldamento, raffreddamento di miscele di reazione.

Purificazione dei composti organici: estrazione con solventi ed anidificazione, ricristallizzazione, distillazione, cromatografia.

Analisi qualitativa organica: determinazioni delle classi di solubilità, analisi elementare, identificazione dei gruppi funzionali delle principali classi di composti organici mediante saggi generali e specifici. Preparazione di derivati cristallini.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The study of the structure and reactivity of main organic functional groups. Experimental techniques of synthetic organic chemistry. Purification of organic compounds. Qualitative organic analysis.

To acquire the necessary background on structure -chemical properties relationship of the main organic functional groups to suggest strategies for the interconversion between organic compounds and the synthesis of simple organic molecules.

To acquire also the theoretical background and basic experimental skills to carry out the preparation, purification, and identification of functional groups of organic compounds.

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Propedeuticità: Chimica Generale ed Inorganica + Laboratorio, Fondamenti di Chimica Organica.

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. Requisiti necessari per l'ammissione al laboratorio sono: (1) aver superato l'esame di Chimica Generale e Inorganica + Laboratorio; (2) aver frequentato le lezioni teoriche.

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                             | CFU | SSD                      | Tipologia       | Caratteristica                | Ambito                                      |
|---|-----|--------------------------|-----------------|-------------------------------|---|
| Chimica Organica I + Laboratorio          | 9   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Caratterizzanti | lezioni frontali              | Discipline chimiche organiche e biochimiche |
| Segmento Chimica Organica I + Laboratorio | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA |                 | laboratorio e/o esercitazioni |   |

### Chimica Organica II + Laboratorio (12 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Organic Chemistry II + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Approfondimento ed ampliamento delle conoscenze (rispetto a quelle fornite dal Corso di Chimica Organica I + Laboratorio di Chimica Organica I) sulle principali classi di composti organici e sui principi che ne determinano il comportamento, al fine di fornire un panorama il più possibile completo delle caratteristiche e delle proprietà di tali composti.

Il corso si prefigge inoltre lo scopo di trasferire allo studente le conoscenze di base necessarie per realizzare in modo



## Regolamento Chimica

autonomo la caratterizzazione strutturale di un composto tramite spettroscopia NMR, con cenni alle spettroscopie UV e IR.  
**Obiettivi formativi in Inglese:** Deepening and widening of knowledge (in relation to the Course of Organic Chemistry I + Laboratory of Organic Chemistry I) regarding the main classes of organic compounds and the principles that determine their behaviour, to supply the most possible wide panorama about the characteristics and the property of such compounds.  
 Acquisition of basis knowledges regarding the structural characterization of organic compounds by spectroscopical methods (UV, IR and mainly NMR).

**CFU:** 12

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Organica I

La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                      | CFU | SSD                      | Tipologia       | Caratteristica               | Ambito                                      |
|------------------------------------|-----|--------------------------|-----------------|------------------------------|---|
| Chimica Organica II                | 6   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Caratterizzanti | lezioni frontali             | Discipline chimiche organiche e biochimiche |
| Laboratorio di Chimica Organica II | 6   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Caratterizzanti | lezioni frontali+laboratorio | Discipline chimiche organiche e biochimiche |

### Chimica teorica organica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Theoretical Organic Chemistry

**Obiettivi formativi:** Introduzione all'uso di strumenti teorici quantomeccanici per l'interpretazione delle proprietà e della reattività dei composti del carbonio (incluso nanostrutture). Argomenti trattati: funzione d'onda elettronica, densità elettronica, superfici di energia, indici di reattività, metodo di Huckel, sistemi pi-greco (incluse nanostrutture di tipo grafittico), cammini di reazione trattati con metodi multiconfigurazionali, regole di Woodward-Hoffmann.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Introduction to the use of basic quantum mechanical theoretical tools for the study of properties and reactivity of C compounds and graphitic nanostructures. Keywords: electronic wavefunction, DFT, semiempirical methods, reactivity indexes, CASSCF, VB, reaction paths.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione            | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--------------------------|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Chimica teorica organica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Complementi di matematica per chimici (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Complements of mathematics for chemists

**Obiettivi formativi:** Strumenti matematici per la meccanica quantistica molecolare, la spettroscopia, la cinetica chimica, la termodinamica ed i fenomeni di trasporto.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Mathematical tools for molecular quantum mechanics, spectroscopy, chemical kinetics, thermodynamics and transport phenomena.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Istituzioni di matematica II + Esercitazioni

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                         | CFU | SSD           | Tipologia                                     | Caratteristica                   | Ambito                  |
|---------------------------------------|-----|---------------|---|----------------------------------|-------------------------|
| Complementi di matematica per chimici | 3   | NN No settore | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali + esercitazioni | A scelta dello studente |

### Complementi di termodinamica statistica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Complements of Statistical Mechanics

**Obiettivi formativi:** Conoscenza di base di meccanica statistica e applicazioni a modelli semplici come il reticolo perfetto e il gas ideale. Introduzione alle statistiche quantiche e ai fenomeni dipendenti dal tempo



## Regolamento Chimica

**Obiettivi formativi in Inglese:** Basic statistical mechanics formalisms and applications to simple models (ideal lattice and gas). Introduction to quantum statistics and non equilibrium processes

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                           | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Complementi di termodinamica statistica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Note:** Consigliato per il secondo semestre del terzo anno

## Elementi di Chimica Inorganica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Basic Inorganic Chemistry

**Obiettivi formativi:** Lo studente dovrebbe acquisire una buona conoscenza dei comportamenti periodici degli elementi dei gruppi principali, della loro reattività e della loro preparazione con particolare riferimento all'idrogeno e agli elementi del secondo e terzo periodo. Inoltre lo studente dovrebbe acquisire la capacità di scrivere reazioni di sintesi di composti inorganici semplici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Students are expected to acquire a good knowledge of periodic patterns in the main-group elements, knowledge of their reactivity and preparation methods (mainly hydrogen and periods 2 and 3).

Moreover students should acquire the ability to write the synthesis reactions of simple inorganic compounds.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                  | CFU | SSD                                   | Tipologia            | Caratteristica   | Ambito                                  |
|--------------------------------|-----|---------------------------------------|----------------------|------------------|---|
| Elementi di Chimica Inorganica | 3   | CHIM/03 CHIMICA GENERALE E INORGANICA | Affini o integrative | lezioni frontali | Attività formative affini o integrative |

## Errori e Analisi dei Dati (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Errors and Data Analysis

**Obiettivi formativi:** Acquisizione di concetti di base dalla teoria degli errori ed esercitazione con l'uso di software. Le simulazioni di numeri casuali sono usate per favorire l'apprendimento dei concetti. Argomenti trattati: Errori e loro propagazione, standard deviation e standard error, classificazione dei dati e istogrammi, curve di distribuzione e valori medi, distribuzione dei valori medi, principio dei minimi quadrati e fitting, pesi e test statistici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Basic concepts of the statistical treatment of data and practical experience with the use of software. Simulations of random numbers are used in order to become acquainted with the concepts. Keywords: errors and their propagation, standard deviation e standard error, histograms, distributions and means, least square principle and fitting, weights and statistical tests.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame scritto + orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione             | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---------------------------|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Errori e Analisi dei Dati | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

## Fisica Generale I + Esercitazioni (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** General Physics I

**Obiettivi formativi:** Meccanica classica del punto e del corpo rigido. Sistemi di riferimento, equazioni del moto e loro soluzione, leggi di conservazione.

Scopo: Fornire, limitandosi alla meccanica Newtoniana, una conoscenza di base delle leggi del moto e delle leggi di conservazione e di come si usano per descrivere quantitativamente i fenomeni fisici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Classical mechanics. Reference frames, equations of motion and how to solve them, conservation laws.

Scopo in Inglese: The course is limited to Classical mechanics. It aims at providing the students with a solid background on the laws of motion and the conservation laws, and how they can be used to quantitatively describe the physical world.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1



## Regolamento Chimica

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta finale che fa seguito a prove scritte parziali durante il corso e prova orale. Le prove scritte non sono del tipo test a risposta multipla.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione     | CFU | SSD                        | Tipologia | Caratteristica                   | Ambito   |
|-------------------|-----|----------------------------|-----------|----------------------------------|--|
| Fisica Generale I | 6   | FIS/01 FISICA SPERIMENTALE | Base      | lezioni frontali + esercitazioni | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |

### Fisica Generale II + Esercitazioni (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Classical Electrodynamics

**Obiettivi formativi:** Fondamenti di elettromagnetismo con particolare attenzione alle metodologie fisiche di interesse per le applicazioni nel campo della Chimica. Elettrostatica: campo elettrico; potenziale elettrico; legge di Gauss; densità di energia elettrostatica; momento di dipolo, polarizzazione e dielettrici. Operatori vettoriali. Corrente elettrica, conduttori e circuiti elettrici. Magnetismo: forza di Lorentz; momento magnetico; induzione magnetica; circuiti magnetici. Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche; generazione, propagazione e rivelazione; vettore di Poynting. Fondamenti di ottica: ottica geometrica; interferenza e diffrazione. Ottica fisica.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Electromagnetism basics, with a particular attention to physical methodologies interesting for their applications in the Chemistry field. Electrostatics: electric field; electric potential; the Gauss Law; electrostatic energy density; dipole moment, polarization and dielectrics. Vector operators. Electric current, conductors and electric circuits. Magnetism: Lorentz force; magnetic moment; magnetic induction; magnetic circuits. The Maxwell equations. Electromagnetic waves: generation, propagation and detection; the Poynting vector. Optics basics: geometrical optics; interference and diffraction. The physical optics.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Fisica Generale I e Istituzioni Matematica I

**Modalità di verifica finale:** Esame scritto ed orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                      | CFU | SSD                        | Tipologia            | Caratteristica                   | Ambito                                  |
|------------------------------------|-----|----------------------------|----------------------|----------------------------------|---|
| Fisica Generale II + Esercitazioni | 6   | FIS/01 FISICA SPERIMENTALE | Affini o integrative | lezioni frontali + esercitazioni | Attività formative affini o integrative |

### Fondamenti di Chimica Analitica + Laboratorio (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Fundamentals Analytical Chemistry + Laboratory

**Obiettivi formativi:** Il corso fornirà conoscenze di base in Chimica Analitica, da impiegare per gli studi più avanzati previsti nei semestri successivi. In particolare riguarderà gli argomenti seguenti: introduzione alla chimica analitica e alle sue finalità, reazioni fondamentali impiegate in chimica analitica, equilibri chimici, tecniche volumetriche, titolazione acido-base, complessi metallici e titolazioni complessometriche, precipitazioni modulate da equilibri accoppiati e pH, introduzione alla tecniche di separazione chimica e analisi qualitativa di miscele di sali inorganici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The purpose of the course is to provide the students with a general background in basic analytical chemistry, also in view of the more advanced insights that should be offered in the following semesters. The course will cover the following topics: introduction to analytical chemistry and its purposes, fundamental reactions employed in analytical chemistry and equilibria, volumetric techniques, pH-metric titrations, metal complexes and complex formation titrations, precipitation reactions, control of complex formation and precipitation via coupled equilibria and pH, introduction to chemical separation and qualitative analysis of a mixture of inorganic salts.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** La frequenza alle lezioni ed alle esercitazioni di laboratorio è obbligatoria. La frequenza alle lezioni è un requisito necessario per l'ammissione al laboratorio.

**Modalità di verifica finale:** esame scritto

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione  | CFU | SSD                       | Tipologia       | Caratteristica                   | Ambito                                      |
|--|-----|---------------------------|-----------------|----------------------------------|---|
| Fondamenti di Chimica Analitica                        | 6   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Caratterizzanti | lezioni frontali + esercitazioni | Discipline chimiche analitiche e ambientali |
| Segmento Fondamenti di Chimica Analitica + Laboratorio | 2   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA |                 | laboratorio e/o esercitazioni    |   |

**Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della Chimica (3 CFU)****Regolamento Chimica****Denominazione in Inglese:** Chemistry education: principles, methods and best practices

**Obiettivi formativi:** A partire da alcuni cenni alle teorie dell'apprendimento e dell'insegnamento delle scienze, il corso intende fornire agli studenti i principali strumenti, metodologie e tecnologie didattiche per insegnare la Chimica a vari livelli scolastici, dalla scuola primaria alla scuola secondaria di II grado, in riferimento alle classi concorsuali, incluse le metodologie didattiche utilizzate per la ricerca in didattica della chimica. Particolare enfasi verrà data all'importanza del "linguaggio" nell'insegnamento della Chimica non solo in ambiti formali (scuole, università, ...), ma anche in ambiti informali (musei, centri culturali, ...) e sulle strategie di progettazione e di verifica dei percorsi didattici.

Durante il corso gli studenti avranno la possibilità di progettare un 'percorso didattico' per uno specifico target e approfondiranno un nodo concettuale della Chimica, tra quelli proposti dal docente.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Fundaments of chemical education theories and methods, main tools to project didactic activities about Chemistry from the Elementary School to the High School; the role of language, symbols and models in chemical education; chemical education in formal contexts (school, university,...) and non formal contexts (museums, cultural centers,...). During the course, the students will project a didactic activity for a specific target, dealing with one of the chemical key-concepts proposed by the teacher

**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Modalità di verifica finale:** Orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

| Denominazione  | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Fondamenti e metodologie didattiche per l'insegnamento della Chimica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Note:**E' consigliabile seguire il corso a partire dal secondo anno.**Fotochimica: aspetti fenomenologici (3 CFU)****Denominazione in Inglese:** Photochemistry: phenomenological aspects

**Obiettivi formativi:** Introduzione alla fotochimica. Concetti base sulle reazioni fotochimiche, i processi fotofisici, la dinamica degli stati eccitati, la principali tecniche. Alcuni esempi di fotochimica organica. Finalizzato ad integrare la fotochimica nella cultura generale e nel ventaglio di opzioni di un chimico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Introduction to photochemistry. Basic concepts about the photochemical reactions, the photophysical processes, the dynamics of the excited states and themost important techniques. Some examples of organic photochemistry. The aim is to integrate the photochemistry in the general culture and in the range of options of a chemist.

**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Modalità di verifica finale:** Esame orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

| Denominazione                       | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica                   | Ambito                  |
|-------------------------------------|-----|------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|
| Fotochimica: aspetti fenomenologici | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali + esercitazioni | A scelta dello studente |

**Introduzione al trattamento dei dati sperimentali (3 CFU)****Denominazione in Inglese:** An introduction to experimental data analysis

**Obiettivi formativi:** Il corso prevede la trattazione semplice di argomenti indispensabili all'analisi di dati sperimentali: preparazione di grafici; definizione dei vari tipi di errore; distribuzioni di probabilità e parametri statistici essenziali (media, standard deviation); propagazione degli errori casuali; fitting di dati sperimentali e criterio dei minimi quadrati.

Gli argomenti saranno presentati per quanto possibile a partire da esempi reali di ambito chimico.

La trattazione matematica necessaria, pur ridotta, potrà fornire l'occasione di vedere applicati alcuni metodi matematici in programma nei corsi di Matematica e di Calcolo (studio di funzioni, uso di matrici...).

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course consists of an introduction to the basic methods of the experimental data analysis: graphical display of the data; definition of systematic and casual errors; probability distributions and essential parameters of descriptive statistics (mean, standard deviation); error propagation; fitting of experimental data and least squares method. Whenever possible, the various items are presented starting from real problems in chemistry.

The mathematical approach, even if limited, gives the chance to apply some methods learnt in the courses of Mathematics and Calculus.

**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Modalità di verifica finale:** Esame orale con voto**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

| Denominazione                                     | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica                   | Ambito                  |
|---|-----|------------------------|---|----------------------------------|-------------------------|
| Introduzione al trattamento dei dati sperimentali | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali + esercitazioni | A scelta dello studente |

**Introduzione alla Chimica Computazionale (3 CFU)****Regolamento Chimica****Denominazione in Inglese:** Introduction to computational chemistry

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di fornire una descrizione dei metodi più comunemente usati in chimica computazionale per studiare gli aspetti elettronici e nucleari dei sistemi molecolari usati in corsi di chimica di altro tipo. In particolare gli argomenti trattati saranno:

1. Definizione di energia in sistemi molecolari. Le superfici di energia potenziale (PES) ed i metodi numerici per il loro studio.
2. L'equazione di Schrödinger e la funzione d'onda. Interpretazione della funzione d'onda come funzione di probabilità. Definizione dell'Hamiltoniano elettronico per atomi e molecole.
3. La teoria dell'orbitale molecolare (MO). Gli orbitali molecolari e la densità elettronica. Applicazioni della teoria a piccole molecole. Il metodo di Huckel e sua applicazione a sistemi  $\pi$  coniugati.
4. La simmetria molecolare e le sue applicazioni nella teoria dell'orbitale molecolare.
5. Introduzione alle spettroscopie: il modello armonico per le vibrazioni. Stati eccitati e transizioni elettroniche: assorbimenti UV-VIS e fluorescenza.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course gives a description of the most common methods used in computational chemistry to study both electronic and nuclear aspects of molecular structures.

In particular the arguments which will be considered are:

1. The Energy for molecular systems. Definition of Potential Energy surfaces (PES) and description of the numerical methods used for their study.
2. Schrödinger equation and wavefunction. Interpretation of the wavefunction as a probability. The definition of the electronic Hamiltonian for atoms and molecules.
3. The Molecular Orbital (MO) theory. The definition of molecular orbitals and of the corresponding electronic density. Applications of the theory to small molecules. The Huckel model and its application to  $\pi$  conjugated systems.
4. The molecular symmetry and its applications to the MO theory.
5. Introduction to spectroscopies: the harmonic model for nuclear vibrations. Excited states and electronic transitions: UV-VIS absorption and fluorescence.

**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Propedeuticità:** Atomo e struttura molecolare, Chimica Generale.**Modalità di verifica finale:** Esame orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

| Denominazione                            | CFU | SSD           | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|---------------|---|------------------|-------------------------|
| Introduzione alla Chimica Computazionale | 3   | NN No settore | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Introduzione alla Chimica Fisica Biologica (3 CFU)****Denominazione in Inglese:** Biophysical Chemistry Basic

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di illustrare l'applicazione dei metodi di indagine chimico fisici allo studio della struttura, delle proprietà e del comportamento delle macromolecole biologiche. Saranno trattati in particolare gli aspetti riguardanti gli equilibri e la cinetica dell'interazione tra specifici leganti e macromolecole biologiche, i meccanismi di controllo per la regolazione dell'attività biologica, gli equilibri conformazionali di polipeptidi e proteine.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course focuses on experimental and theoretical topics relevant to the understanding of the structure, properties and behaviour of biological macromolecules in terms of the principles and methods of physics and chemistry. Attention will be paid to the equilibrium and kinetic aspects of ligand interactions, including a discussion of control mechanisms that modulate biological activity. The conformational behaviour of biological polymers will be considered as well.

**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Modalità di verifica finale:** Esame orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

| Denominazione                              | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Introduzione alla Chimica Fisica Biologica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Introduzione alla Chimica Organica (3 CFU)****Denominazione in Inglese:** Introduction to Organic Chemistry**Obiettivi formativi:** Struttura molecolare e Nomenclatura dei composti organici

Acquisizione delle conoscenze di base sulla struttura molecolare e sulle regole di nomenclatura delle principali classi di composti organici, con particolare riguardo agli aspetti conformazionali e stereochimici.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Molecular structure and rules for nomenclature of organic compounds

To acquire the necessary backgrounds on the molecular structure and the rules for nomenclature of organic functional compounds, with particular attention to conformational and stereochemical aspects.

**CFU:** 3**Reteirabilità:** 1**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e esame orale**Lingua ufficiale:** Italiano**Moduli**

| Denominazione                      | CFU | SSD                      | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------------------|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Introduzione alla Chimica Organica | 3   | CHIM/01 CHIMICA ORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |



## Regolamento Chimica

| Denominazione                      | CFU | SSD                      | Tipologia            | Caratteristica   | Ambito                                  |
|------------------------------------|-----|--------------------------|----------------------|------------------|---|
| Introduzione alla Chimica Organica | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Affini o integrative | lezioni frontali | Attività formative affini o integrative |

## Introduzione alla professione di Chimico (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Introduction to Chemistry as a Profession

**Obiettivi formativi:** Durante il corso verranno illustrati i campi che costituiscono oggetto dell'attività professionale dei chimici e l'applicazione delle conoscenze chimiche acquisite durante il percorso universitario in ambiti lavorativi diversi da quelli relativi all'industria chimica propriamente detta e dei laboratori di analisi.

Si affronteranno quindi i problemi relativi alla tutela della sicurezza e della salute nei luoghi di lavoro, all'antincendio, all'inquinamento dell'aria, dell'acqua, del suolo, del sottosuolo ed agli interventi di bonifica e/o risanamento, alla produzione e lo smaltimento dei rifiuti, allo stoccaggio ed al trasporto delle sostanze ed i preparati pericolosi, evidenziando le competenze specifiche dei chimici ed il ruolo che i chimici possono svolgere nei confronti delle aziende, delle amministrazioni pubbliche e dell'autorità giudiziaria che affrontano questi argomenti.

Saranno inoltre affrontati gli argomenti relativi alla deontologia professionale, alla responsabilità civile e penale del professionista, agli aspetti fiscali e previdenziali connessi allo svolgimento dell'attività di chimico in forma di libero professionista.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The object of this course is to introduce fields representative of the professional chemist where chemical knowledge learnt during the course of a normal university chemistry degree can be applied to areas quite different from university-based research, chemical industry or analytical laboratories.

The course will deal with topics related to health and safety in the workplace, fire hazards, air, water, ground and underground pollution, and how to go about intervention for remediation, waste production and disposal, as well as storage and transportation of dangerous goods. The emphasis will be on the skills of a chemist and the advisory role that chemists can play in private industry, public administration and legal authority, when confronted with these topics.

Moreover, the course will discuss the chemist's code of conduct and personal responsibility, as well as fiscal and welfare aspects related to the activity of a chemistry freelancer.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** prova scritta

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

| Denominazione                            | CFU | SSD                       | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|---------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Introduzione alla professione di Chimico | 3   | IUS/07 DIRITTO DEL LAVORO | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

## Introduzione alla Sintesi Organica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Introduction to the organic synthesis

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di esaminare criticamente i diversi aspetti della sintesi organica moderna, prendendo spunto dagli argomenti oggetto dei corsi di Chimica Organica 1 e 2, con l'obiettivo di fornire agli studenti i mezzi per poter esaminare e comprendere anche i più complessi protocolli sintetici.

Argomenti affrontati: formazione del legame chimico; principali tipi di reazioni (addizioni, eliminazioni, pericicliche, di ossido-riduzione); richiami sulle reazioni acido-base, e sulla nozione hard-soft; l'analisi retrosintetica (con esempi); le reazioni di formazione di legami C-C mediate da metalli di transizione; l'analisi retrosintetica per molecole chirali: i chironi; la sintesi organica industriale.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The primary aim of the course is to critically analyze the various aspects of the modern organic synthesis, starting from the topics already examined during the courses of Organic Chemistry 1 and 2.

Topics include: formation of the chemical bond; main classes of organic reactions (additions, eliminations, pericyclic, redox); acid-base reactions, and hard-soft theory; the retrosynthetic approach; C-C bond forming reactions mediated by transition metals; retrosynthesis for chiral molecules: the chiron approach; industrial organic synthesis.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Chimica Organica I, Chimica Organica II.

La frequenza non è obbligatoria, ma è fortemente consigliata

**Modalità di verifica finale:** Relazione scritta su un articolo scientifico scelto dal docente, e sua presentazione orale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

## Moduli

| Denominazione                      | CFU | SSD                      | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|------------------------------------|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Introduzione alla Sintesi Organica | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

## Istituzioni di Matematica I + Esercitazioni (9 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Calculus I

**Obiettivi formativi:** Richiami sui principali elementi della matematica di base.

Primi strumenti di analisi matematica, intesi sia come tec-niche di calcolo che come esempi di ragionamento logico



## Regolamento Chimica

deduttivo.

Dopo aver introdotto il sistema dei numeri reali e il concetto di funzione reale di una variabile reale, sono esposte le idee fondamentali del calcolo differenziale e di quello integrale (compresi alcuni risultati elementari sulle equazioni differenziali ordinarie). Al punto di vista "continuo" è affiancato quello "discreto" (con lo studio del concetto di successione e di serie numerica).

**Obiettivi formativi in Inglese:** An introduction to differential and integral calculus for functions of one variable. The differential calculus includes limits, continuity, the definition of the derivative, rules for differentiation, and applications to curve sketching and optimization. The integral calculus includes the definition of the definite integral, the Fundamental Theorem of Calculus, techniques for finding antiderivatives, and applications of the definite integral. Elementary initial value problems are studied (linear or separable equations).

**CFU:** 9

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Nessuna propedeuticità, ma prerequisiti di matematica di base.

Nessun obbligo di frequenza

**Modalità di verifica finale:** Prova scritta e prova orale. Prove scritte in itinere sostitutive della prova scritta finale.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                 | CFU | SSD                       | Tipologia | Caratteristica                   | Ambito   |
|-------------------------------|-----|---------------------------|-----------|----------------------------------|--|
| Esercitazioni di Matematica I | 3   | MAT/05 ANALISI MATEMATICA | Base      | lezioni frontali + esercitazioni | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |
| Istituzioni di Matematica I   | 6   | MAT/05 ANALISI MATEMATICA | Base      | lezioni frontali                 | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |

### Istituzioni di Matematica II + Esercitazioni (6 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Advanced Mathematics

**Obiettivi formativi:** Vettori, matrici, autovalori. Funzioni di più variabili. Estremi liberi e vincolati. Integrali multipli, integrali curvilinei, campi di vettori. Cenni alla Teoria dello Spazio di Hilbert, alle Serie di Fourier e ai Metodi variazionali. Teoria elementare dei gruppi e applicazioni.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Vectors, Matrices, Eigenvalues. Functions of more variables. Extremum free and bounded. Double, Triple and Line Integrals. Vector fields. Elementary Theory of Hilbert Spaces, Fourier Series and Variational Methods. Elementary Group theory and applications.

**CFU:** 6

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** Istituzioni di Matematica I

**Modalità di verifica finale:** L'esame consiste di uno scritto con 5/7 problemi non difficili, e di un orale basato sulla teoria e su esercizi veloci.

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                                | CFU | SSD                       | Tipologia | Caratteristica                   | Ambito   |
|--|-----|---------------------------|-----------|----------------------------------|--|
| Istituzioni di Matematica II + Esercitazioni | 6   | MAT/05 ANALISI MATEMATICA | Base      | lezioni frontali + esercitazioni | Discipline Matematiche, informatiche e fisiche |

**Note:** La parte teorica è abbastanza ridotta e semplificata, per dare maggiore spazio alla soluzione di esercizi ed alle tecniche applicative.

### Lingua inglese (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** English

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Prova orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione  | CFU | SSD                     | Tipologia | Caratteristica   | Ambito   |
|----------------|-----|-------------------------|-----------|------------------|--|
| Lingua inglese | 3   | LINGUA LINGUA STRANIERA |           | lezioni frontali | Per la conoscenza di almeno una lingua straniera |

### Monitoraggio ambientale (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Environmental monitoring

**Obiettivi formativi:** Competenze tecnico-professionali nelle moderne tecnologie di monitoraggio ambientale per la gestione del territorio: tecniche di campionamento e rilevamento e la mitigazione dei rischi ambientali relativamente all'atmosfera, alle acque superficiali, al suolo e agli alimenti. In tutti questi settori verranno fornite conoscenze avanzate che consentano di definire correttamente il problema, individuare i parametri da monitorare, progettare la rete di monitoraggio ed impostare eventuali studi per la conoscenza del reale stato ambientale ai fini conservativi, di riabilitazione e di intervento migliorativo.

In questo contesto si vuole arrivare a conoscere, nella specificità di ogni comparto ambientale, i punti critici e le principali metodologie per un corretto svolgimento delle attività di campionamento (puntuale o in continuo), stoccaggio e trattamento dei campioni, citando le principali tecniche analitiche per la determinazione dei contaminanti prioritari.

Il programma formativo è ispirato al criterio di fornire una preparazione di base ed una formazione metodologica adeguate ad affrontare il continuo processo di innovazione in campo scientifico e tecnico.

**Obiettivi formativi in Inglese:** The course aims at providing a knowledge of the main pollution monitoring methodologies, in the different environmental media (air, water, soil). In this framework, it is expected to gain the knowledge, in the specificity of each environmental compartment, of the critical steps and the main methodologies for a correct execution of sampling activities (continuous or discrete), storage and sample treatment. The principle analytical techniques for the determination of priority pollutants will also be cited.

Course contents: Definition of environmental monitoring, characteristics and operating phases. Environmental control procedures. Environmental indicators: definition and features. Monitoring strategies for priority pollutants: sampling, pretreatment, analysis techniques and data elaboration. Water, air and soil monitoring. Sampling in continuous and discrete monitoring. Data quality and statistical representativeness of monitoring results; comparison with standard values and quality objectives. Quality indicators for water, air and soil. Waste monitoring and analysis: commodity, material and physico-chemical characteristics. Pollutant monitoring in gas flows. Outline of biomonitoring. Monitoring network: outline of planning and management at a territorial and national level.

Teaching tools: The course will be taught with the aid of computer support for the projection of text and images. The slides will be left available to the students.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

| Denominazione           | CFU | SSD                       | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|-------------------------|-----|---------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Monitoraggio ambientale | 3   | CHIM/01 CHIMICA ANALITICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

#### Spettrometria di Massa in Chimica Organica e Bioorganica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Mass Spectrometry in Organic and Bioorganic Chemistry

**Obiettivi formativi:** Introduzione alla spettrometria di massa con descrizione delle diverse tecniche strumentali. Illustrazione delle possibilità applicative nel settore della chimica organica e bioorganica, sia a livello di tecnica di identificazione e caratterizzazione strutturale, sia come tecnica per analisi quantitative ultra-sensibili ad elevata selettività.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Introduction to mass spectrometry with the description of the several instrumental techniques. Depiction of the applicative possibilities in the field of organic and bioorganic chemistry, both as a qualitative tool for the identification and structural characterization and an analytical tool for ultra-sensitive quantitative determinations with high selectivity.

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Propedeuticità:** È richiesta una conoscenza di chimica organica di base e una base di conoscenze di chimica fisica organica. La frequenza alle lezioni non è strettamente obbligatoria, ma altamente consigliabile per la mancanza di testi di riferimento completi e univoci.

**Modalità di verifica finale:** Esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

#### Moduli

| Denominazione  | CFU | SSD                      | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|--|-----|--------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Spettrometria di Massa in Chimica Organica e Bioorganica | 3   | CHIM/06 CHIMICA ORGANICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

**Note:** Per sopperire alla sopra menzionata mancanza di testi adeguati, specie riguardo le tecniche più moderne, il docente incaricato del corso fornirà agli studenti materiale bibliografico integrativo in un CD-ROM didattico.

#### Storia della chimica ed elementi di didattica (3 CFU)

**Denominazione in Inglese:** History of Chemistry and essentials of Chemistry education

**Obiettivi formativi:** Il corso si propone di affrontare nel dettaglio i fondamenti epistemologici della Chimica e i suoi rapporti con le altre discipline, sia scientifiche che umanistiche. Verranno ripercorse le principali tappe della Chimica, dall'Alchimia delle origini alla Chimica come scienza moderna, fino alle sfide della Chimica dei nostri giorni, mettendo in evidenza alcuni aspetti fondanti del pensiero chimico, nonché aspetti etici legati alla figura del chimico.

Particolare enfasi sarà data agli approcci didattici di tipo storico-epistemologico, alle metodologie didattiche che utilizzano la storia della disciplina a vari livelli scolastici, in riferimento alle classi concorsuali, incluse metodologie didattiche utilizzate per la ricerca in didattica della chimica. Oltre alle lezioni frontali il corso prevede simulazioni di gruppo ed esercitazioni pratiche.

**Obiettivi formativi in Inglese:** Fundamentals of chemical education theories and methods, main tools to project didactic activities about Chemistry from the Elementary School to the High School; the role of language, symbols and models in chemical education; chemical education in formal contexts (school, university) and non formal contexts (museums, cultural



## Regolamento Chimica

centers). During the course, the students will project a didactic activity for a specific target, dealing with one of the chemical key-concepts proposed by the teacher

**CFU:** 3

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** esame orale

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione                                 | CFU | SSD                    | Tipologia                                     | Caratteristica   | Ambito                  |
|---|-----|------------------------|---|------------------|-------------------------|
| Storia della chimica ed elementi di didattica | 3   | CHIM/02 CHIMICA FISICA | Altre attività - scelta libera dello studente | lezioni frontali | A scelta dello studente |

### Tesi e prova finale (15 CFU)

**Denominazione in Inglese:** Thesis and final examination

**Obiettivi formativi:** Per il conseguimento del titolo è prevista un'attività individuale di ricerca su un argomento chimico di notevole interesse, non necessariamente originale, che sarà svolta sotto la guida di un docente. L'esame di laurea consisterà nella presentazione di un elaborato scritto (tesi), nel quale sono riportati i risultati della ricerca svolta, discusso davanti ad una commissione nominata dalle strutture didattiche.

Il voto di laurea è espresso in centodecimi con eventuale lode e esprime una valutazione del curriculum dello studente e della preparazione e maturità scientifica da lui raggiunta al termine del corso di studi.

**Obiettivi formativi in Inglese:** To be awarded the degree, the student must carry out an individual research activity (not necessarily original) on a chemical subject of real interest, under the supervision of a teacher. The final examination will consist in the presentation of a written document (the thesis), reporting the results of the research, to be discussed in front of a jury that is appointed by the education structures. The final marks are given in a scale of 110, possibly with the mention "cum laude", and correspond to an assessment of the career of the student and of the scientific background and qualification he/she has reached at the end of his/her studies.

**CFU:** 15

**Reteirabilità:** 1

**Modalità di verifica finale:** Esame di laurea

**Lingua ufficiale:** Italiano

### Moduli

| Denominazione       | CFU | SSD  | Tipologia    | Caratteristica | Ambito              |
|---------------------|-----|--|--------------|----------------|---------------------|
| tesi e prova finale | 15  | PROFIN_S Prova finale per settore senza discipline | Prova finale | prova finale   | Per la prova finale |