



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali



GUIDA AI CORSI DI LAUREA CHIMICI

CORSI DI LAUREA TRIENNALI

- **CHIMICA**
- **CHIMICA INDUSTRIALE**
- **CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE**

CORSI DI LAUREA MAGISTRALI

- **SCIENZE CHIMICHE**
- **SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI**
- **CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE**

anno accademico 2008-2009

INDICE

INDICE	2
PRESENTAZIONE.....	7
Date utili:.....	7
INFORMAZIONI GENERALI SUI CORSI DI LAUREA CHIMICI.....	8
IMMATRICOLAZIONE AI CORSI DI LAUREA TRIENNALI.....	8
IMMATRICOLAZIONE AI CORSI DI LAUREA MAGISTRALE.....	8
INFORMAZIONI PER FREQUENTARE I CORSI DI LAUREA.....	9
Verifica della conoscenza della lingua inglese.....	11
REGOLAMENTO PER LO SVOLGIMENTO DEL TIROCINIO DEI CORSI DI LAUREA TRIENNALI.....	11
REGOLAMENTO PER LO SVOLGIMENTO DEL TIROCINIO E DELLE TESI DI LAUREA DEI CORSI DI LAUREA MAGISTRALE.....	14
SEDUTE DI LAUREA E RELATIVI ADEMPIMENTI.....	16
APPENDICE A: Equipollenze riconosciute o proposte per la lingua inglese sulla base del CEF (Common European Framework).....	17
APPENDICE B.....	20
INFORMAZIONI UTILI E SERVIZI PER GLI STUDENTI.....	20
Presidente del Consiglio di Coordinamento Didattico di Scienze e Tecnologie Chimiche.....	20
CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA	22
NOTE ILLUSTRATIVE AL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA.....	23
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI.....	24
PRIMO ANNO.....	24
SECONDO ANNO.....	24
TERZO ANNO.....	24
INSEGNAMENTI A SCELTA.....	25
Propedeuticità.....	25
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	26
PRIMO ANNO.....	27
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE.....	27
CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	27
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA.....	28
FISICA GENERALE I.....	28
CHIMICA ORGANICA I.....	29
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I.....	29
CHIMICA ANALITICA I.....	30
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I.....	30
CALCOLO NUMERICO.....	30
LABORATORIO INFORMATICO.....	31
SECONDO ANNO.....	32
CHIMICA FISICA I.....	32
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I.....	32
CHIMICA INORGANICA I.....	33
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA I.....	33
FISICA GENERALE II.....	34
CHIMICA ANALITICA II.....	34
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA II.....	35
CHIMICA ORGANICA II.....	36
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II.....	36
SICUREZZA E LEGISLAZIONE IN AMBITO CHIMICO.....	37
TERZO ANNO.....	38
ACCERTAMENTO LINGUA INGLESE.....	38
CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE.....	38
CHIMICA FISICA II.....	38
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA II.....	39
CHIMICA BIOLOGICA.....	39
CHIMICA DELL'AMBIENTE.....	40
CORSI A SCELTA.....	41
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI.....	41
CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE.....	41
STRUTTURISTICA CHIMICA.....	42

CHIMICA FISICA (COMPLEMENTI)	42
CHIMICA COMPUTAZIONALE	43
CHIMICA TEORICA (QUANTISTICA).....	43
ELETTROCHIMICA	44
CHIMICA ORGANICA (APPLICATA).....	44
SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE.....	45
CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI	45
CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI.....	45
CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE.....	46
METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA	46
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA	47
CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE	50
NOTE ILLUSTRATIVE PER IL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA INDUSTRIALE	52
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI	53
Corsi a scelta proposti e piano studi	54
Propedeuticità.....	54
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	56
PRIMO ANNO	57
ISTITUZIONI DI MATEMATICHE	57
CHIMICA GENERALE E INORGANICA	57
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA	57
PROVA DI LINGUA INGLESE	58
LABORATORIO DI INFORMATICA	58
CHIMICA ANALITICA	58
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA	58
FISICA GENERALE.....	59
CALCOLO NUMERICO	59
SECONDO ANNO	61
CHIMICA ORGANICA I.....	61
CHIMICA FISICA	61
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA	61
CHIMICA INORGANICA	62
ECONOMIA E GESTIONE DELLE IMPRESE	62
ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE	63
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I.....	63
CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE.....	63
LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE.....	64
CHIMICA ORGANICA II.....	65
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA	66
TERZO ANNO	68
CHIMICA BIOLOGICA	68
CHIMICA FISICA INDUSTRIALE	68
CHIMICA INDUSTRIALE	69
LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE	69
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II.....	69
PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI.....	70
LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI	70
ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE	70
CORSI A SCELTA	71
SICUREZZA NELL'AMBIENTE DI LAVORO E STRUMENTAZIONE CHIMICA	71
GESTIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE	71
GESTIONE AZIENDALE.....	72
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE	73
CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE	74
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE.	76
ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI	77
Insegnamenti opzionali attivati per l'a.a. 2008/09.....	78
Propedeuticità.....	78
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	79
PRIMO ANNO	80

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE	80	
CHIMICA GENERALE E INORGANICA	80	
LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA	80	
LABORATORIO DI INFORMATICA	81	
FISICA GENERALE	81	
CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO	81	
CHIMICA ELETTROANALITICA CON LABORATORIO	81	
CHIMICA ORGANICA	82	
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA	83	
PROVA DI LINGUA INGLESE	83	
SECONDO ANNO	84	
CHIMICA FISICA DELLE INTERFASI	84	
CHIMICA FISICA	84	
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA	84	
CHIMICA INORGANICA E DEI MATERIALI INORGANICI CON LABORATORIO	85	85
CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE	85	
PROPRIETÀ INDUSTRIALE	85	
CHIMICA DELL'AMBIENTE	86	
COMPOSTI ORGANICI DI INTERESSE INDUSTRIALE CON LABORATORIO	86	86
ANALISI CHIMICA STRUMENTALE	87	
ANALISI DI STRUTTURE MOLECOLARI	87	
TERZO ANNO	88	
CONTROLLO AMBIENTALE	88	
TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO	88	
ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI	89	
CHIMICA ORGANICA FINE E MACROMOLECOLARE	89	
CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE	89	
CORSI OPZIONALI	91	
CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI)	91	
SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI	91	
TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI	91	
MATERIALI STRUTTURALI PER L'INDUSTRIA CHIMICA	92	
METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI	92	92
METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA	92	
AUSILIARI E MATERIALI POLIMERICI	93	
SPETTROSCOPIA E FOTOCHIMICA APPLICATE	93	
SINTESI ORGANICA A BASSO IMPATTO AMBIENTALE	94	
CALCOLO NUMERICO	94	
STRUTTURISTICA CHIMICA (I MODULO)	94	
ECOLOGIA E TOSSICOLOGIA	94	
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE	95	
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE	96	
NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE	98	98
ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA	100	
Curriculum A : Inorganico-Chimico Fisico	100	
Curriculum B : Organico	100	
Curriculum C : Interdisciplinare	101	
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI	105	
PRIMO ANNO	106	
Insegnamenti della tabella 1	106	
CHIMICA FISICA (A)	106	
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (A)	106	
CHIMICA FISICA (B)	106	
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (B)	107	
CHIMICA INORGANICA (A)	107	
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (A)	107	
CHIMICA INORGANICA (B)	108	
LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (B)	108	
CHIMICA ORGANICA (A)	108	
LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (A)	109	
CHIMICA ORGANICA (B)	109	

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (B).....	110
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (1° MODULO).....	110
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE	110
INFORMATICA	110
CHIMICA FARMACEUTICA	111
MINERALOGIA.....	111
Insegnamenti della tabella 2.....	111
CHIMICA FISICA (CRISTALLOCHIMICA)	111
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI	112
CHIMICA FISICA DELLO STATO SOLIDO E DELLE SUPERFICI.....	112
CHIMICA TEORICA.....	113
ELETTROCHIMICA (ORGANICA).....	113
FOTOCHIMICA	113
CHIMICA BIOINORGANICA.....	114
STEREOCHIMICA INORGANICA.....	114
CHIMICA INORGANICA (APPLICAZIONI).....	115
CHIMICA INORGANICA (COMPLEMENTI).....	115
CHIMICA INORGANICA (CRISTALLOCHIMICA)	115
CHIMICA INORGANICA (REATTIVITÀ DEI COMPOSTI METALLORGANICI)	116
CHIMICA METALLORGANICA (CATALISI OMOGENEA)	116
CHIMICA DELLO STATO SOLIDO.....	116
METODOLOGIE AVANZATE DI SINTESI ORGANICA	117
CHIMICA BIOORGANICA.....	117
CHIMICA DEI COMPOSTI ORGANOMETALLICI.....	118
METODI FISICI AVANZATI IN CHIMICA ORGANICA.....	118
CHIMICA ORGANICA (COMPLEMENTI).....	119
STEREOCHIMICA ORGANICA.....	119
CHIMICA ORGANICA SUPERIORE.....	119
MECCANISMI DELLE REAZIONI ORGANICHE	121
NUOVI VETTORI ENERGETICI.....	121
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE	121
CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE	122
RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORGANICA E METALLORGANICA	122
ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE	123

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI 124

NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.....	126
ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.....	127
Tabella degli insegnamenti opzionali.....	128
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	130
PRIMO ANNO	131
FONDAMENTI DI CALCOLO NUMERICO	131
COMPLEMENTI DI MATEMATICA*.....	131
METODOLOGIE ANALITICHE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO.....	131
CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI.....	132
FISICA DELL'ATMOSFERA.....	132
TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE DI BONIFICA AMBIENTALE.....	132
L'IDROGENO COME VETTORE ENERGETICO	133
CHEMIOMETRIA	133
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 1° MODULO: SINTESI	133
CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 2° MODULO: APPLICAZIONI.....	133
CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE	134
RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORGANICA E METALLORGANICA	134
CHIMICA DEGLI ELEMENTI E QUALITÀ DELLA VITA	134
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI	134
FOTOCHIMICA	134
CHIMICA BIOINORGANICA.....	134
CHIMICA DELLO STATO SOLIDO.....	134
CHIMICA BIOORGANICA.....	135
STEREOCHIMICA ORGANICA.....	135

ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI.....	136
---	-----

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE 138

NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE	140	
PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI.....	148	
PRIMO ANNO	149	
CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO)	149	
LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO)	149	149
PROCESSI E IMPIANTI IND.CHIMICI (APPROFONDIMENTO)	149	
OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE AZIENDALI.....	149	
COMPLEMENTI DI MATEMATICHE	150	
ELETTROCHIMICA	150	
LABORATORIO DI ELETTROCHIMICA	150	
CHIMICA FISICA DELLA CATALISI.....	151	
LABORATORIO DI CHIMICA FISICA DELLA CATALISI.....	151	
CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI	152	
CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E DELLE INTERFASI	152	
TERMODINAMICA E CINETICA CHIMICA APPLICATE	152	
CATALISI INDUSTRIALE	153	
PASSAGGI DI SCALA NEI PROCESSI CHIMICI.....	153	
ELETTROCHIMICA INDUSTRIALE	153	
METALLURGIA	154	
CONCETTI E METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA.....	154	
CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI.....	154	
CHIMICA BIOINORGANICA.....	155	
CHIMICA ORGANICA APPLICATA	155	
LABORATORIO DI CHIM. ORGANICA APPLICATA.....	155	
FERMENTAZIONI E BIOTRASFORMAZIONI INDUSTRIALI CON LABORATORIO	156	156
CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE	156	
CHIMICA DEI PRODOTTI NATURALI DI INTERESSE INDUSTRIALE	156	156
CHIMICA DEI PROCESSI BIOTECNOLOGICI	157	
SINTESI E TECNICHE SPECIALI INORGANICHE.....	157	
CHIMICA METALLOORGANICA	157	
BIOCHIMICA INDUSTRIALE.....	158	
BIOLOGIA MOLECOLARE	158	
POLIMERI PER APPLICAZIONI MEDICHE	158	
FOTOCHIMICA	158	
SCIENZA DEI METALLI.....	159	
CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE.....	160	
LABORATORIO DI CHIM.DELLE MACROMOLECOLE	160	
CHIMICA FISICA DEI MATERIALI	160	
LABORATORIO DI CHIM.FISICA DEI MATERIALI.....	161	
CHIMICA E TECNOLOGIA DEI POLIMERI	161	
CHIMICA INORGANICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO	161	
CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI	162	
FISICA DELLO STATO SOLIDO	162	
PROVA DI ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE.....	162	
RICERCA BIBLIOGRAFICA.....	163	
GESTIONE DELL'INNOVAZIONE	163	
ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE	165	

PRESENTAZIONE

Questa é la Guida illustrativa dei Corsi di Laurea Chimici dell'Università degli Studi di Milano:

- Corso di Laurea Triennale in Chimica
- Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale
- Corso di Laurea Triennale in Chimica Applicata e Ambientale.
- Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche
- Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali
- Corsi di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale

E' composta da una parte generale, in cui sono trattati gli aspetti comuni a tutti i corsi di laurea, e da una parte in cui si trovano le note informative, l'organizzazione didattica ed i programmi degli insegnamenti per ogni singolo corso di laurea.

Si ricorda che i dati riportati in quest'opuscolo sono aggiornati al luglio 2008, e che eventuali variazioni saranno esposte nelle bacheche della Segreteria Didattica dei Corsi di Laurea (Via Venezian, 21 - Milano - tel.&fax 02 50314419 - email: chimp@unimi.it - sito internet www.segreteriadidattica.135.it) aperta al pubblico dal lunedì al venerdì, dalle ore 10 alle 12 ed in altri orari previo appuntamento.

Sul sito della Segreteria Didattica, nell'area download, sono inoltre disponibili i moduli per la presentazione delle domande di tirocinio, fine tirocinio, tesina e lavoro su banche dati, ecc..

Date utili:

- Immatricolazione ai Corsi di Laurea Chimici:
 - 15 Luglio - 15 Ottobre 2008;
- Rinnovo dell'iscrizione ai Corsi di Laurea Chimici:
 - 15 Luglio - 30 Settembre 2008;
- Presentazione domande d'ammissione e immatricolazione ai Corsi di Laurea Magistrale:
 - 15 Luglio - 15 Settembre 2008;
- Colloqui d'ammissione ai Corsi di Laurea Magistrale:
 - dal 25 al 30 settembre 2008
 - dal 8 al 9 gennaio 2009
 - dal 2 al 6 marzo 2009;
- Domande di passaggio interno ad altro corso di laurea:
 - 15 Luglio-15 Ottobre 2008;
- Presentazione piani di studio per le Lauree Triennali:
 - 1 Dicembre 2008 - 28 Febbraio 2009;
- Calendario delle Attività Didattiche:
 - I semestre: 29 Settembre 2009 - 23 Gennaio 2009.
 - II semestre: 2 Marzo 2009 - 12 Giugno 2009.

Legenda

Si riporta di seguito una legenda sui termini usati più frequentemente nella presente guida.

- CCD: Consiglio di Coordinamento Didattico
- CFU: Crediti Formativi Universitari
- CL: Corso di Laurea
- SSD: Settore Scientifico Disciplinare

INFORMAZIONI GENERALI SUI CORSI DI LAUREA CHIMICI

IMMATRICOLAZIONE AI CORSI DI LAUREA TRIENNALI

Test di accesso

Per l'anno accademico 2008/9 la Facoltà di Scienze MFN ha stabilito di organizzare per gli studenti immatricolati attività di supporto relative alle conoscenze scientifiche di base, per favorire l'inserimento nel percorso didattico scelto. A tal fine gli studenti dovranno sostenere una prova di valutazione volta ad individuare il loro livello di preparazione.

La prova, preparata a livello nazionale con altre Facoltà di Scienze MFN, consisterà in 25 domande a risposta multipla di carattere matematico-logico e sarà effettuata, nelle diverse sedi, nelle tre date seguenti:

- 10 settembre, ore 9.00, per gli studenti che si immatricoleranno entro il 7 settembre
- 30 settembre, ore 14.30, per gli studenti che si immatricoleranno tra l'8 ed il 28 settembre
- 12 dicembre, ore 14.30, per gli studenti che si immatricoleranno successivamente al 28 settembre

Le attività di supporto, obbligatorie per gli studenti per i quali siano accertate carenze, saranno organizzate come segue:

- corso propedeutico dal 15 al 26 settembre, quindi prima dell'inizio delle attività didattiche dell'AA 2008/2009, per gli studenti che avranno partecipato alla prova del 10 settembre;
- attività di tutorato e versione on-line del corso propedeutico per gli studenti che avranno partecipato alle prove successive

Gli studenti immatricolati che non avranno sostenuto le prove per un motivato e giustificato impedimento saranno convocati per un colloquio di valutazione riguardante le conoscenze scientifiche di base, con eventuale individuazione di specifiche propedeuticità.

E' vivamente consigliata la partecipazione alla prova del 10 settembre: non essendo ancora iniziata la normale attività didattica, gli studenti potranno frequentare i corsi propedeutici organizzati dal 15 al 26 settembre.

Coloro che si trasferiscono da altri Corsi di laurea saranno esentati dal test nel caso in cui lo abbiano già sostenuto o abbiano acquisito almeno 16 CFU in discipline riconoscibili nell'ambito del regolamento degli studi vigente. La valutazione dei CFU acquisiti sarà effettuata dalla Commissione Piani di Studio e Trasferimenti del CCD.

Tutti gli altri dovranno sostenere il colloquio di valutazione

Immatricolazioni

Le immatricolazioni si effettuano dal 15 luglio al 15 ottobre 2008 p.v. utilizzando i terminali self-service dotati del servizio "SIFA on line" installati presso le varie sedi dell'Università oppure via Web, accedendo al servizio "SIFA on line" dalla home page del sito di ateneo www.unimi.it.

I rinnovi delle iscrizioni per gli anni successivi vanno effettuate dal 15 luglio al 30 settembre 2008.

Maggiori informazioni sono disponibili all'indirizzo internet <http://www.unimi.it/studenti/immconcl/1135.htm>

Esoneri dalle tasse e contributi

In attuazione del Decreto ministeriale 12 gennaio 2005 (Modifica dell'articolo 4 del Decreto Ministeriale 198/2003 relativo al "Fondo per il sostegno dei giovani"), l'Università degli Studi di Milano ha stabilito di incentivare le iscrizioni ad uno dei corsi della classe 21, prevedendo per le matricole dell'anno accademico 2008/2009 un contributo da erogare tenendo conto del numero di crediti acquisiti alla data del 30 settembre 2009 e della media dei voti pesata con i crediti (CFU).

I destinatari saranno individuati sulla base di una graduatoria per classe formulata come segue:

- **N. CFU acquisiti al 30 settembre 2009 + media pesata dei voti x 1.5**

Il numero di beneficiari e l'entità del contributo saranno determinati in funzione del budget assegnato alla classe.

Il contributo potrà essere erogato per il secondo anno subordinatamente allo stanziamento dell'apposito fondo da parte del Ministero dell'Università.

Per maggiori informazioni rivolgersi all'Ufficio Esoneri, borse e premi.

Per maggiori informazioni rivolgersi alla Segreteria didattica.

IMMATRICOLAZIONE AI CORSI DI LAUREA MAGISTRALE

Immatricolazione

Gli studenti potranno immatricolarsi ai corsi di laurea magistrale solo se laureati. Tutti gli studenti (laureandi che programmano di laurearsi entro il 28 febbraio 2009 e laureati) che intendono iscriversi ai corsi di laurea magistrale dovranno comunque presentare la domanda di ammissione entro il 15 settembre 2008.

Coloro che si laureano entro la fine di ottobre 2008 potranno immatricolarsi entro il 20 novembre 2008. Prima di laurearsi potranno seguire insegnamenti e laboratori previsti dal corso di laurea magistrale, sostenere gli esami maturando i relativi CFU.

Tali CFU, in eccedenza rispetto ai 180 necessari alla laurea triennale, saranno convalidati ai fini del conseguimento dei 120 CFU richiesti per la laurea magistrale.

Coloro che si laureano entro la fine di dicembre 2008 potranno immatricolarsi entro il 20 gennaio 2009. Prima di laurearsi, potranno seguire insegnamenti e laboratori previsti dal corso di laurea magistrale, sostenere gli esami maturando i relativi CFU.

Tali CFU, in eccedenza rispetto ai 180 necessari alla laurea triennale, saranno convalidati ai fini del conseguimento dei 120 CFU richiesti per la laurea magistrale.

Coloro che si laureano entro la fine di febbraio 2009 potranno immatricolarsi entro il 20 marzo 2009. Prima di laurearsi, potranno seguire insegnamenti e laboratori previsti dal corso di laurea magistrale, sostenere gli esami entro e non oltre il 31 gennaio 2009.

Verifica delle Conoscenze per l'accesso:

La preparazione personale dei laureati sarà verificata, ai fini dell'ammissione al corso di laurea magistrale, mediante colloquio su argomenti relativi alle discipline trattate nei corsi fondamentali della Laurea in oggetto.

Gli studenti della Facoltà che intendono accedere ad un corso di laurea magistrale attivato dallo stesso CCD che organizza la laurea triennale di provenienza sono dispensati dalla verifica, ma, per motivi organizzativi, sono comunque tenuti a presentarsi alla Commissione il giorno del colloquio.

Il colloquio viene svolto con una commissione costituita da tre docenti nominati dal CCD. Le commissioni sono riportate nell'APPENDICE B della presente guida.

Tale colloquio si svolgerà secondo le seguenti date:

Per il CL Magistrale in Scienze Chimiche:

- 26 settembre 2008, ore 9,30, presso l'aula G12 - Settore Didattico Golgi, Via Golgi 19 - Milano
- 9 gennaio 2009, ore 14,30, presso l'aula D - Dip.to Chimica Fisica Elettrochimica, Via Golgi, 19 - Milano
- 6 marzo 2009, ore 14,30, presso l'aula D - Dip.to Chimica Fisica Elettrochimica, Via Golgi, 19 - Milano

Per il CL Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale:

- 30 settembre 2008, ore 9,30, presso l'aula G16 - Settore Didattico Golgi, Via Golgi 19 - Milano
- 8 gennaio 2009, ore 14,30, presso l'aula D - Dip.to Chimica Fisica Elettrochimica, Via Golgi, 19 - Milano
- 5 marzo 2009 ore 14,30 presso l'aula D - Dip.to Chimica Fisica Elettrochimica, Via Golgi, 19 - Milano.

Per il CL Magistrale in Scienze Chimiche Applicate Ambientali:

- 25 settembre 2008, ore 9,30, presso l'aula G16 - Settore Didattico Golgi, Via Golgi 19 - Milano
- 9 gennaio 2009, ore 14,30, presso la sala Malatesta - Dipartimento Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica, Via Venezian, 21 - Milano
- 2 marzo 2009 ore 14,30 presso la sala Malatesta - Dipartimento Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica, Via Venezian, 21 - Milano

Le verifiche del gennaio 2009 sono riservate a coloro che si laureano entro dicembre 2008, quelle del marzo 2009 a coloro che si laureano entro febbraio 2009.

L'esito negativo conseguito nelle prove di selezione comporta la preclusione all'accesso al corso di laurea magistrale per l'anno in corso.

INFORMAZIONI PER FREQUENTARE I CORSI DI LAUREA

Informazioni sulla didattica

Per informazioni su orari, programmi e tutto ciò che riguarda la didattica rivolgersi alla Segreteria Didattica dei Corsi di Laurea Chimici (atrio via Venezian 21 - aperta al pubblico dal lunedì al venerdì dalle 10 alle 12) ed in altri orari previo appuntamento.

Indirizzo di posta elettronica per le comunicazioni riguardanti la didattica

Dopo l'immatricolazione ad ogni studente sarà assegnato un indirizzo di posta elettronica del tipo nome.cognome@studenti.unimi.it (es. mario.rossi@studenti.unimi.it).

Gli studenti sono caldamente invitati a consultare con frequenza la loro casella di posta elettronica, poiché informazioni ed avvisi che rivestano carattere di urgenza verranno inviati via email.

La casella di posta elettronica è consultabile via web all'indirizzo <http://mailstudenti.unimi.it> utilizzando le credenziali d'accesso fornite dalla Segreteria Studenti all'atto della consegna dei documenti per l'immatricolazione. Per consultare la propria casella di posta è anche possibile avvalersi delle postazioni informatiche pubbliche disponibili presso la Biblioteca Chimica (per altre informazioni si veda l'Appendice B).

Calendario accademico

Le lezioni si svolgeranno secondo il seguente calendario:

- 1° semestre: 29 settembre 2008 – 23 gennaio 2009
- 2° semestre: 2 marzo 2009 – 12 giugno 2009

I giorni di vacanza sono stati previsti nei periodi sottoindicati:

- Vacanze di Natale dal 22 al 31 dicembre 2008
- Vacanze di Capodanno dall'1 al 6 gennaio 2009
- Carnevale Ambrosiano dal 26 al 28 febbraio 2009
- Vacanze di Pasqua dal 9 al 15 aprile 2009
- Vacanze estive dal 3 al 29 agosto 2009

La ricorrenza di Sant' Ambrogio, Patrono di Milano, è considerata giorno festivo.

In relazione ai singoli corsi di laurea triennale e di laurea magistrale potranno essere disposte variazioni rispetto a tale calendario con lo scopo di soddisfare esigenze specifiche dell'attività didattica.

Orario Lezioni

Gli orari delle lezioni saranno esposti nell'atrio di via Venezian 21 e inseriti sulla pagina web dei Corsi di Laurea Chimici.

Iscrizione agli esami e ai laboratori

L'iscrizione agli esami si può effettuare sia utilizzando i terminali self service SIFA dislocati nelle varie sedi dell'ateneo sia collegandosi al sito internet <http://studenti.unimi.it> da qualsiasi personal computer,

Si ricorda agli studenti che generalmente è possibile iscriversi o cancellarsi dagli appelli d'esame fino a cinque giorni prima della data d'esame.

L'iscrizione ai laboratori si può effettuare per mezzo dei terminali self service del SIFA o con altre modalità che saranno successivamente comunicate dal docente. Gli studenti inizialmente verranno iscritti in unico turno. In caso di necessità il docente potrà ridistribuire gli studenti su più turni.

La frequenza ai laboratori è obbligatoria.

Esami di profitto

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è verificato tramite esami di profitto, le cui modalità di svolgimento sono a discrezione del docente del corso corrispondente. Ad ogni esame corrisponde un valore in CFU. In linea di massima, ad ogni credito corrispondono:

- nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento in aula e 17 ore di studio individuale;
- nel caso di esercitazioni e laboratori, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio individuale;
- nel caso del tirocinio, 25 ore di attività pratica.

E' possibile sostenere gli esami di profitto nelle seguenti sessioni:

Febbraio 2009	2 appelli
Giugno 2009	1 appello
Luglio 2009	2 appelli
Settembre 2009	2 appelli
Gennaio 2010	1 appello

E' inoltre possibile l'aggiunta di appelli straordinari nei primi giorni di novembre ed in quelle successivi alle vacanze pasquali, secondo quanto deliberato dai CCD del 10 novembre 2005 e del 15 marzo 2007.

Tutorato per le lauree triennali

Ogni studente iscritto al I anno sarà affidato ad un tutor. Questi sarà un professore o un ricercatore ed avrà il compito di consigliare, guidare ed accompagnare lo studente, durante gli studi universitari. Per l'Anno Accademico 2008-2009 i tutor a disposizione degli studenti sono:

- Prof.ssa Silvia Ardizzone, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- Prof. Guido Banditelli, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"
- Prof. Claudia Bianchi, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- Prof. Giuseppe Di Silvestro, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
- Prof. Luigi Garlaschelli, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"
- Prof.ssa Emanuela Licandro, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale

- Dr. Piero Macchi, Dipartimento di Chimica Strutturale e Stereochimica Inorganica
- Dr.ssa Laura Poletti, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
- Prof.ssa Francesca Porta, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"
- Dr.ssa Donatella Potenza, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
- Prof. Fabio Ragaini, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"
- Dr.ssa Ilenia Rossetti, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- Dr. Marco Scavini, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- Prof.ssa Elena Selli, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- Dr. Guido Sello, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale

Presentazione dei piani di studio

Secondo le norme indicate dall'art. 16 del Regolamento Didattico della Facoltà, gli studenti del II anno di corso delle lauree triennali devono presentare il Piano di Studio individuale indicante in qual modo intendono utilizzare i crediti a loro disposizione.

Il Piano di Studio può essere presentato dal 1 dicembre 2008 al 28 febbraio 2009, mediante una procedura *on-line* disponibile presso il portale di servizi agli studenti <http://studenti.unimi.it>. Per casi particolari è disponibile un modulo cartaceo, da ritirare e riconsegnare alla Segreteria Studenti di via Celoria, 16.

Prima della presentazione gli studenti sono caldamente invitati a prendere contatto con la Commissione Piani di Studio, la cui composizione è riportata nell'Appendice B. Questa Commissione aiuta gli studenti nella compilazione del Piano e assiste coloro che hanno in corso pratiche di opzione e/o di trasferimento ed, infine, valuta i Piani di Studio presentati.

Verifica della conoscenza della lingua inglese

Corsi di Laurea Triennali

Per poter essere ammesso all'esame di laurea triennale lo studente dovrà aver dimostrato la conoscenza della lingua inglese corrispondente al livello europeo B1. Per dimostrare il raggiungimento di tale livello lo studente potrà fornire alla segreteria didattica il certificato rilasciato da un Ente riconosciuto dalla Facoltà equipollente almeno al livello europeo B1 (si veda l'Appendice A). Il certificato non dovrà essere stato conseguito da più di cinque anni alla data di presentazione alla Segreteria. Gli studenti che non hanno questo certificato dovranno effettuare un Placement Test automatico fornito dall'Ateneo ripetibile al massimo due volte nell'arco dei tre anni. Gli studenti che non supereranno il test potranno frequentare dei corsi di inglese organizzati dalla Facoltà di Scienze MM FF NN nel II semestre.

Corsi di Laurea Magistrali

Corsi di Laurea in Scienze Chimiche e in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali

Per poter essere ammesso all'esame di laurea magistrale lo studente non deve superare alcuna verifica di conoscenza di una lingua straniera. Gli studenti che forniranno alla segreteria didattica il certificato equipollente almeno al livello B2 di un Ente riconosciuto dalla Facoltà, (si veda Appendice A), potranno chiedere l'assegnazione di 3 CFU per "Altre attività". Il certificato non dovrà essere stato conseguito da più di cinque anni alla data di presentazione alla Segreteria.

Corsi di Laurea in Chimica Industriale e Gestionale

Per poter essere ammesso all'esame di laurea magistrale lo studente deve dimostrare "Ulteriori conoscenze linguistiche", per le quali si intende o una conoscenza elementare del francese o del tedesco oppure, in alternativa, una conoscenza approfondita della lingua inglese, equivalente al livello europeo B2. Per la lingua inglese lo studente potrà fornire alla segreteria didattica il certificato equipollente almeno al livello B2 rilasciato da un Ente riconosciuto dalla Facoltà (si veda Appendice A). Il certificato non dovrà essere stato conseguito da più di cinque anni alla data di presentazione alla Segreteria. Coloro che non possiedono tale certificato dovranno effettuare un Placement Test automatico fornito dall'Ateneo ripetibile al massimo due volte nell'arco dei tre anni. Gli studenti che non supereranno il test potranno frequentare dei corsi di inglese organizzati dalla Facoltà di Scienze MM FF NN.

Il conseguimento di tale livello comporterà l'assegnazione di 4 CFU allo studente.

REGOLAMENTO PER LO SVOLGIMENTO DEL TIROCINIO DEI CORSI DI LAUREA TRIENNALI

Ogni CL prevede alla fine del corso di studi, lo svolgimento di un tirocinio con diverse modalità e durata che sono indicate nel seguito.

L'attività di tirocinio è distinta in:

- 1) Tirocinio Esterno
- 2) Tirocinio Interno

Tirocinio esterno

Consiste in un'attività di carattere chimico svolta dallo studente presso Enti o Aziende pubblici o privati, sotto la guida di un Responsabile (Relatore esterno) e la supervisione di un Tutore (Relatore interno).

Tirocinio interno

Consiste in un'attività di carattere chimico svolta dallo studente presso i Dipartimenti della Facoltà di Scienze MM FF NN di questa Università sotto la guida di un Relatore, eventualmente coadiuvato da un Correlatore.

Sessioni di ingresso al tirocinio

Le domande per i tirocini - corredate di tutta la documentazione richiesta - potranno essere presentate alla Segreteria Didattica entro il 1° di ogni mese, **solo dopo aver raggiunto il numero minimo di CFU richiesti**. L'inizio del Tirocinio potrà avvenire (previa approvazione del CCD) dal 1° del mese successivo a quello di presentazione della domanda, con la sola eccezione del mese di Agosto.

Gli studenti che intendessero iniziare il Tirocinio dal 1° di Settembre dovranno presentare la domanda entro il 15 di Luglio.

Una volta terminato il tirocinio è necessario consegnare alla Segreteria Didattica il verbale di fine tirocinio firmato dal/i relatore/i e controfirmato dallo studente per presa visione. L'acquisizione dei relativi CFU è subordinata all'accertamento della congruità del numero di ore effettive con i CFU da parte della Commissione Tirocini e Tesi.

L'apposito modulo, così come il resto della modulistica, è disponibile nell'area download del sito della segreteria didattica (www.segreteriadidattica.135.it).

Relatori ufficiali

Il *Relatore* è il garante nei confronti del CCD dell'attività assegnata allo studente e del suo corretto svolgimento.

Il *Relatore Esterno* (o *Tutore*) è il responsabile didattico-organizzativo dell'attività di tirocinio ed è individuato dall'azienda ospitante lo stage.

Possono essere Relatori tutti i docenti ufficiali degli insegnamenti di materie chimiche afferenti al CCD in Scienze e Tecnologie Chimiche ed i docenti ufficiali di altri Corsi di Laurea nonché i Ricercatori, purché afferiscano alla Facoltà di Scienze MM.FF.NN.

Il Relatore può essere coadiuvato da un Correlatore

Correlatori

Possono essere Correlatori di Tirocinio, oltre a tutti i Docenti inclusi nella categoria dei Relatori Ufficiali ed i ricercatori:

- i Docenti Ufficiali di altre Università e Politecnici anche stranieri,
- i laureati dichiarati cultori della materia,
- i dipendenti dell'Università degli Studi di Milano, inquadrati nel ruolo del personale non docente con livello uguale o superiore a D e dichiarati cultori della materia;
- i ricercatori C.N.R. che operino all'interno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MM.FF.NN;
- gli esperti, cultori della materia, designati dalle strutture ospitanti le tesi sperimentali esterne.

Casi particolari potranno essere presi in considerazione dal CCD, qualora vengano coinvolte persone di particolare rilevanza scientifico-tecnica. In tal caso, il Relatore deve documentare brevemente per iscritto la competenza specifica del Correlatore proposto sull'argomento della ricerca di tesi.

Condizioni per l'ammissione all'attività di tirocinio e relativa durata

Per essere ammesso a svolgere il tirocinio lo studente deve aver conseguito un numero minimo di Crediti Formativi (CFU nel seguito) riportato nella tabella sottostante, in cui vengono anche indicati la durata del tirocinio per ciascuno dei corsi di laurea e i crediti cui dà luogo.

Corso di laurea	Requisito di CFU per l'ammissione	Durata del tirocinio in ore	CFU previsti
Chimica	132	225	9
Chimica Industriale	132	225	9
Chimica Applicata e Ambientale	120	525	21

Per poter svolgere il tirocinio lo studente deve presentare una domanda di ammissione alla Segreteria Didattica. Questa viene valutata dalla Commissione Tesi e Tirocini (la cui composizione è riportata in Appendice B) e successivamente, solo se il parere di questa commissione è positivo, viene sottoposta al CCD per l'approvazione finale.

Frequenza all'attività di tirocinio

L'orario di svolgimento dell'attività di tirocinio viene concordato dallo studente con il Relatore Esterno e/o Interno.

Altre disposizioni

Eventuali casi anomali verranno esaminati dalla Commissione Tesi e Tirocinio, che formulerà le proprie decisioni e le sottoporrà all'approvazione del CCD.

Prova finale

Per essere ammesso a sostenere la prova finale lo studente deve aver superato tutti gli esami previsti dal piano di studio (compresa la prova di conoscenza della lingua inglese) ed aver ottenuto l'attestato di frequenza al tirocinio per un totale quindi di 174 CFU.

La prova finale, che consente di acquisire i restanti 6 CFU, consiste nella discussione di una relazione scritta, elaborata dallo studente sotto la guida di un relatore, inerente l'attività svolta nel tirocinio.

REGOLAMENTO PER LO SVOLGIMENTO DEL TIROCINIO E DELLE TESI DI LAUREA DEI CORSI DI LAUREA MAGISTRALE.

Tesi di laurea

Consistono in una dissertazione scritta su ricerche originali di carattere chimico compiute dallo studente sotto la guida di un Relatore, svolte nel laboratorio precisato nella domanda di ammissione.

Le tesi di laurea si distinguono in:

- Tesi Sperimentali Interne
- Tesi Sperimentali Esterne

Si considerano *Tesi sperimentali interne* quelle svolte presso i Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MMFFNN dell'Università degli Studi di Milano

Si considerano *Tesi sperimentali esterne* quelle svolte presso altre strutture universitarie, o presso Enti pubblici dotati di strutture adeguate, su tematiche che non possono essere trattate all'interno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze. Sulla possibilità di svolgere queste Tesi si esprime il CCD.

Sessioni di ingresso in tesi di laurea e tirocinio pre-tesi

L'entrata in tesi per il CL in Chimica Industriale e Gestionale, o l'inizio dello svolgimento dell'attività del **tirocinio pre-tesi per i CL in Scienze Chimiche e Scienze Chimiche Applicate e Ambientali**, possono avvenire il primo giorno dei mesi di ottobre, gennaio, marzo, maggio e luglio. Le relative domande di ammissione - redatte su apposito modulo controfirmato per accettazione dal relatore - vanno presentate presso la Segreteria Didattica entro il primo giorno del mese antecedente il mese di ingresso, per la necessaria approvazione del CCD.

L'entrata in tesi per per i CL in Scienze Chimiche e Scienze Chimiche Applicate e Ambientali potrà avvenire in qualsiasi giorno dell'anno previa presentazione dell'apposita domanda di ammissione alla Segreteria Didattica, **da effettuare contestualmente alla consegna del modulo di fine tirocinio**, la cui congruità verrà controllata dalla Commissione Tirocini e Tesi e comunicato mensilmente in CCD.

Relatori ufficiali

Il Relatore della Tesi di Laurea è il garante scientifico nei confronti del CCD della ricerca assegnata al laureando e del suo corretto svolgimento. Il Relatore è unico.

Possono essere Relatori di Tesi tutti i docenti ufficiali degli insegnamenti di materie chimiche afferenti al CCD in Scienze e Tecnologie Chimiche ed i docenti ufficiali di altri Corsi di Laurea nonché i Ricercatori confermati, purché afferiscano a uno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MM.FF.NN.

Il Relatore può essere coadiuvato da un massimo di due Correlatori.

Correlatori

Possono essere Correlatori di Tesi, oltre a tutti i Docenti inclusi nella categoria dei Relatori Ufficiali ed i ricercatori:

- i Docenti Ufficiali di altre Università e Politecnici anche stranieri,
- i laureati dichiarati cultori della materia,
- i dipendenti dell'Università degli Studi di Milano, inquadrati nel ruolo del personale non docente con livello uguale o superiore a D e dichiarati cultori della materia;
- i ricercatori C.N.R. che operino all'interno dei Dipartimenti Chimici della Facoltà di Scienze MM.FF.NN;
- gli esperti, cultori della materia, designati dalle strutture ospitanti le tesi sperimentali esterne.

Casi particolari potranno essere presi in considerazione dal CCD, qualora vengano coinvolte persone di particolare rilevanza scientifico-tecnica. In tal caso, il Relatore deve documentare brevemente per iscritto la competenza specifica del Correlatore proposto sull'argomento della ricerca di tesi.

Durata della tesi

Il tempo di permanenza nei laboratori di tesi è per tutti di 1 anno solare comprensivi:

- Per il CL Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale: del tempo necessario per acquisire i 10 CFU dei 2 esami previsti dal piano di studio;
- Per il CL Magistrale in Scienze Chimiche e per il CL Magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali: del tirocinio pre-tesi.

Frequenza al laboratorio delle tesi sperimentali

L'orario di frequenza del laboratorio di tesi è concordato dallo studente con il Relatore, in funzione del tipo di ricerca proposta per la tesi e degli impegni didattici dello studente.

Tesi sperimentali esterne

Su richiesta motivata dal Relatore Ufficiale, la Commissione Tesi e Tirocinio può proporre al CCD di autorizzare lo svolgimento della tesi sperimentale al di fuori della Facoltà di Scienze MM.FF.NN, nelle sedi indicate al paragrafo riguardante le *tesi sperimentali esterne*.

In tal caso, lo studente è tenuto a presentare domanda di ammissione al laboratorio di tesi esterna allegando:

- motivazione della richiesta di tesi sperimentale esterna (una cartella dattiloscritta) firmata dallo studente e controfirmata dal relatore.
- programma dettagliato delle ricerche (una cartella dattiloscritta)
- una dichiarazione del responsabile della Struttura ospitante che attesti la disponibilità ad ospitare gratuitamente il laureando e a concedergli, sempre a titolo gratuito, l'uso delle attrezzature scientifiche.

Le domande devono essere presentate con congruo anticipo in modo che possano essere sottoposte all'approvazione del CCD del mese precedente l'ingresso in Tesi.

Per la modulistica relativa a "ammissione/termine del tirocinio" si rimanda all'area di download del sito della Segreteria Didattica (www.segreteriadidattica.135.it).

Prova finale

Per essere ammesso a sostenere la prova finale lo studente deve aver superato tutti gli esami previsti dal piano di studio, compresi - secondo le previsioni dei vari ordinamenti - tirocini, tesine banche dati, ricerche bibliografiche e tesi.

La prova finale consiste nella discussione della tesi di laurea.

SEDUTE DI LAUREA E RELATIVI ADEMPIMENTI

La domanda di laurea va compilata via web, alla fine della procedura elettronica va stampata e consegnata alla Segreteria Studenti, assieme a tutti gli altri documenti indicati al link <http://www.unimi.it/studenti/immconcl/laurearsi/1141.htm>.

Si sottolinea che per le *lauree triennali* alla Segreteria Didattica vanno consegnate sette copie cartacee dei riassunti e una copia del CD-R con la tesi.

Per la *lauree quinquennali e magistrali* i riassunti devono essere consegnati presso la Segreteria Studenti, contestualmente alla presentazione della domanda di laurea.

Il CCD del 19-1-2004 ha deliberato che l'elaborato finale e la tesi di laurea possono essere stilati in lingua inglese ma corredati da un ampio riassunto in italiano.

Le Sedute di Laurea si terranno nei periodi:

Lauree triennali	Lauree magistrali
maggio 2009	maggio 2009
luglio 2009	luglio 2009
ottobre 2009	ottobre 2009
dicembre 2009	dicembre 2009
febbraio 2010	marzo 2010
aprile 2010	

APPENDICE A: Equipollenze riconosciute o proposte per la lingua inglese sulla base del CEF (Common European Framework)

Ente		Livelli del CEF (Consiglio d'Europa)			
		B1	B2	C1	C2
Cambridge ESOL – General English (1)	ALTE	Preliminary English Test (PET)	First Certificate in English (FCE)	Certificate in Advanced English (CAE)	Certificate of Proficiency in English (CPE)
	CELS	Preliminary	Vantage	Higher	
	BEC	Preliminary	Vantage	Higher	
	BULATS	40 -59	60 - 74	75 -89	90 - 100
Cambridge ESOL – Professional English (2)	ILEC		ILEC B2	ILEC C1	
	ICFE		ICFE B1	ICFE C1	
	IELTS	3,5 – 4,5	5,0 – 6,0	6,5 – 7,0	7,5 – 9,0
Weiterbildung Textsysteme– TELC (4)		Certificate in English - Stage 2	Certificate in English - Stage 3		
British Institutes (5)		English Diploma Threshold and Strong Threshold	First Examination Master in English Language Vantage	English Diploma Operational Proficiency	Mater in English Language Mastery
Pitman (6)		ESOL Intermediate + SESOL Intermediate	ESOL Intermediate 1 st Class Pass + SESOL Intermediate 1 st Class Pass	ESOL Higher Intermediate + SESOL Higher Intermediate	ESOL Advanced + SESOL Advanced
City & Guilds (6)		IESOL Achiever + ISESOL Achiever	IESOL Communicator + ISESOL Communicator	IESOL Expert + ISESOL Expert	IESOL Mastery + ISESOL Mastery
Edexcel – London Tests of English (7)		Level 2 – Intermediate + orale	Level 3 – Upper Intermediate + orale	Level 4 - Advanced	Level 5 - Proficient
Trinity College of London (8)	ISE	ISE I	ISE II	ISE III	
	GESE	Grades 5 and 6	Grades 7,8, and 9	Grades 10 and 11	Grade 12
British Chamber of Commerce for Italy (9)		IPEC Entry	IPEC Executive	IPEC Excellence	
LCCIEB (10)		EFB Level 2 + SEFIC Level 2	EFB Level 3 + SEFIC Level 3	EFB Level 4 + SEFIC Level 4	
TOEFL (11)	Paper-based Test (PBT)	Punteggi minimi PBT = 457 + TSE = 45 +	Punteggi minimi PBT = 510 + TSE = 50 + TWE = 5	Punteggi minimi PBT = 560 + TSE = 55 + TWE = 5,5	

		TWE = 4,5			
	Computer-based Test (CBT)	Punteggi minimi CBT = 137 + TSE = 45	Punteggi minimi CBT = 180 + TSE = 50	Punteggi minimi CBT = 220 + TSE = 55	
	Internet-based Test (iBT)	Punteggio minimo iBT = 47	Punteggio minimo iBT = 64	Punteggio minimo iBT = 83	

Note:

- (1) La University of Cambridge ESOL (English for Speakers of Other Languages) è un'istituzione che fa parte del gruppo UCLES (University of Cambridge Local Examinations Syndicate). I certificati con la sigla ALTE sono offerti in collaborazione con l'ente ALTE (Association of Language Testers in Europe) e valutano tutte le 4 abilità in rapporto al CEF. Gli esami CELS (Certificates in English Language Skills) testano le 4 abilità separatamente.
- (2) Gli esami professionali della Cambridge sono: BEC (Business English Certificate) che testa tutte le 4 abilità, BULATS (Business Language Testing Service) con 4 prove per le 4 abilità (informatico, standard, orale e scritto), ILEC (International Legal English Certificate), ICFE (International Certificate in Financial English). Gli esami ILEC e ICFE certificano solo ai livelli B2 e C1.
- (3) Gli esami IELTS valutano tutte le 4 abilità linguistiche e hanno validità di due anni. La corrispondenza ai livelli del Consiglio d'Europa riportata qui si basa sul parere dello stesso IELTS.
- (4) Il Weiterbildung Textsysteme di Hamburg rilascia i certificati TELC (The European Language Certificates) per 11 lingue incluso l'inglese.
- (5) Gli esami del British Institutes valutano le 4 abilità.
- (6) Gli esami del City & Guild sostituiscono quelli del Pitman dove ESOL e IESOL (International ESOL) sono solo scritti, mentre SESOL (Spoken ESOL) e ISESOL sono soltanto orali.
- (7) Nei London Tests of English la prova orale non è prevista, ma è facoltativa.
- (8) Gli esami GESE (Graded Exams in Spoken English) valutano solo le abilità orali. Gli esami ISE (Integrated Skills in English), disponibili da settembre 2001, invece, comprendono tutte le 4 abilità.
- (9) I nuovi IPEC (International Professional English Certificates) forniscono una valutazione delle competenze di comprensione e produzione scritte ed orali con esclusivo riferimento alla lingua commerciale.
- (10) L'ente LCCIEB (London Chamber of Commerce and Industry Examinations Board) offre esami concentrati sul linguaggio commerciale. L'esame EFB (English for Business) è solo scritto e deve essere integrato con un test orale facoltativo SEFIC (Spoken English for Industry and Commerce) per completare l'equipollenza al CEF.
- (11) Le corrispondenze tra TOEFL del ETS (Educational Testing Service) ed il CEF sono particolarmente complicate. L'iBT è stata introdotta in Italia in 2006 e valuta tutte le 4 abilità. Il CBT si è spento e non valuta la parte orale per cui viene integrato con il TSE (Test of Spoken English). Il PBT esiste ancora e non valuta né la parte orale né la parte scritta per cui viene integrato con il TSE e il TWE (Test of Written English). I valori qui sono stati elaborati usando dati del ETS (l'ente) che sono anche congrui con le richieste del Centro Interfacoltà per l'Apprendimento delle Lingue dell'Università di Trento (nei casi riportati da loro B1 e C1). L'ente ETS offre anche il TOEIC (Test of English for International Communication)

Livelli Conoscenza Lingua Inglese (Common European Framework)			
Livello		Descrizione del livello di conoscenza della lingua	Prodotti UCLES
Basic User	A1 Breakthrough		
	A2 Waystage	<p>-Porre semplici domande d'informazione</p> <p><i>-Trascrivere semplici informazioni</i></p> <p><i>-Capacità di leggere testo elementare</i></p> <p><i>-Seguire semplice presentazione su argomento già noto</i></p>	KET Key English Test
Independent User	B1 <i>Threshold</i>	<p>-Porre domande di spiegazione</p> <p>-Prendere appunti da fonti scritte senza essere necessariamente in grado di scrivere una relazione accademica</p> <p><i>-Comprensione di testi semplici</i></p> <p><i>-Seguire semplice presentazione</i></p>	PET Preliminary English Test
	B2 <i>Vantage</i>	<p><i>-Prendere parte ad un seminario e presentare una relazione semplice</i></p> <p><i>-Scrivere una relazione di un esperimento che mostra comprensione del lavoro fatto</i></p> <p><i>-Comprensione di testi ed articoli di media difficoltà</i></p> <p><i>-Comprensione di lezioni accademiche</i></p>	FCE First Certificate in English
Proficient User	C1 Effective Operational Proficiency	<p><i>-Discutere in modo chiaro un argomento familiare, giustificando le opinioni</i></p> <p><i>-Prendere appunti mettendo in risalto punti importanti</i></p> <p><i>-Comprensione completa di testi tranne linguaggio metaforico</i></p> <p><i>-Comprensione completa di lezioni con difficoltà su linguaggio colloquiale</i></p>	CAE Certificate in Advanced English
	C2 Mastery	<p><i>-Presentare una relazione rispondendo alle obiezioni ed individuando le più sottili sfumature di significato</i></p> <p><i>-Scrivere appunti e relazioni in buono stile e con pochi errori</i></p> <p><i>-Comprensione completa di testi</i></p> <p><i>-Comprensione completa di parlato</i></p>	CPE Certificate of Proficiency in English

APPENDICE B

INFORMAZIONI UTILI E SERVIZI PER GLI STUDENTI

Gli studenti possono consultare, per informazioni e aggiornamenti sui corsi di laurea, i seguenti siti web:

http://www.scienzefn.unimi.it	sito della facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche, Naturali
http://www.chimica.unimi.it	sito dei Corsi di laurea Chimici
http://www.segreteriadidattica.135.it	sito della segreteria didattica dei Corsi di laurea Chimici
http://www.ccdchim.unimi.it	sito del CCD in Scienze e Tecnologie Chimiche
http://www.cosp.unimi.it	sito del Centro di Orientamento allo Studio e alle Professioni

Presidente del Consiglio di Coordinamento Didattico di Scienze e Tecnologie Chimiche

Prof.ssa Rita Annunziata

Dip. di Chimica Organica e Industriale, Via Venezian, 21 – 20133 Milano

E mail: rita.annunziata@unimi.it

Tel 02 50314169

Orario di ricevimento studenti: mercoledì 10.30-12.30

Commissione Piani di Studio e trasferimenti

Coordinatore:	Prof. Giorgio Fiori, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
Membri:	- Dr. Pierluigi Mercandelli, Dipartimento di Chimica Strutturale e Stereochimica Inorganica - Dr. Luigi Lay, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale

Commissione Tirocini e Tesi

Coordinatore:	Prof.ssa Paola Del Buttero, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
Membri:	- Prof.ssa Laura Prati, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta" - Dr. Stefano Trasatti, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica

Commissione Socrates-Erasmus

Coordinatore:	Prof. Gianfranco Tantardini, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
Membri:	- Prof.ssa Paola Del Buttero, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale - Prof.ssa Francesca Porta, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"

Commissione di accesso alle lauree magistrali

LM in Scienze Chimiche

- prof. Riccardo Destro, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- prof.ssa Paola Del Buttero, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
- prof. Alessandro Pasini, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"

LM in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali:

- prof. Luigi Garlaschelli, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"
- prof. Maurizio Benaglia, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
- prof.ssa Elena Selli, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica

LM in Chimica Industriale e Gestionale

- prof. Paolo Ferruti, Dipartimento di Chimica Organica e Industriale
- prof. Vittorio Ragaini, Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica
- prof. Michele Rossi, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica e Analitica "Lamberto Malatesta"

Rubrica telefonica, indirizzi e email ed orario di ricevimento docenti

E' possibile reperire i numeri telefonici, gli indirizzi email e l'orario di ricevimento dei docenti, attraverso un procedimento di ricerca guidata accessibile dalla sezione "*chi e dove*" del portale www.unimi.it

Rappresentanti degli studenti presso il CCD

Si riportano di seguito i nomi dei rappresentanti degli studenti presso il CCD, il loro corso di laurea, la loro distribuzione nelle diverse Commissioni dello stesso CCD ed il loro indirizzo di posta elettronica, in modo da poterli consultare per problematiche inerenti la didattica. Per problematiche di tipo generale è anche possibile scrivere all'indirizzo di posta elettronica: studentichimica@unimi.it.

Commissione Didattica

- Francesca Tuccillo (II anno LM Scienze Chimiche Applicate e Ambientali) francesca.tuccillo@studenti.unimi.it
- Stella Borrelli (I anno LM Scienze Chimiche) stella.borrelli@studenti.unimi.it
- Daria Boffito (II anno L.M. Chimica Industriale e Gestionale) daria.boffito@studenti.unimi.it

Commissione Didattica Paritetica

stessi membri della commissione didattica, più:

- Mirko Omicini ((II anno LM Scienze Chimiche Applicate e Ambientali) mirko.omicini@studenti.unimi.it)
- Elena Finati (II anno LM Scienze Chimiche Applicate e Ambientali) elena.finati@studenti.unimi.it
- Francesco Colombo (CL Chimica) francesco.colombo3@studenti.unimi.it
- Francesco Airaghi (II anno LM Scienze Chimiche) francesco.airaghi@studenti.unimi.it
- Valentina Sisti (I anno LM Chimica Industriale e Gestionale) valentina.sisti@studenti.unimi.it
- Alberto Restuccia ((I anno LM Chimica Industriale e Gestionale) alberto.restuccia@studenti.unimi.it)

Commissione per il monitoraggio della didattica e sito web

- Elena Finati (II anno LM Scienze Chimiche Applicate e Ambientali) elena.finati@studenti.unimi.it
- Francesca Milanese (II anno LM Scienze Chimiche) francesca.milanese@studenti.unimi.it
- Andrea Lavagnini (I anno LM Chimica Industriale e Gestionale) andrea.lavagnini@studenti.unimi.it

Commissione Guida per lo Studente

- Daria Boffito (II L.M. Chimica Industriale e Gestionale) daria.boffito@studenti.unimi.it

Altri rappresentanti:

- Federico Bianchi (II anno LM Scienze Chimiche) federico.bianchi1@studenti.unimi.it
- Luca Colombo (CL Chimica) luca.colombo9@studenti.unimi.it
- Elena Ghirardi (I anno Scienze Chimiche Applicate ed Ambientali) elena.ghirardi@studenti.unimi.it

Biblioteca Chimica

Al I piano dell'edificio dei dipartimenti chimici si trova la Biblioteca Chimica, che offre agli studenti i seguenti servizi:

- Internet point
- Consultazione banche dati
- Riviste elettroniche
- Prestito libri
- Document Delivery
- Informazioni bibliografiche
- Fotocopie

per ulteriori informazioni su questi servizi è possibile consultare il sito internet della struttura <http://bibscienze.unimi.it/chimica/>

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA

NOTE ILLUSTRATIVE AL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA

Il Corso universitario di laurea in Chimica ha la durata di tre anni e ha lo scopo di fornire agli studenti una solida preparazione sia teorica sia sperimentale per affrontare le varie problematiche della chimica moderna: studio della struttura e delle proprietà delle molecole; sintesi di nuovi composti di interesse industriale, farmacologico e medico; utilizzo di nuovi metodi di analisi chimica in campo industriale, ambientale e sanitario.

L'itinerario didattico è articolato in sei semestri e prevede nei primi due anni l'acquisizione di una solida preparazione di base sia in materie chimiche (chimica analitica, chimica fisica, chimica inorganica e chimica organica), sia in matematica, fisica ed informatica.

Il terzo anno comprende in larga misura anche attività professionalizzanti, un tirocinio applicativo e la prova finale.

L'attività didattica comprende un totale di 180 crediti equamente distribuiti nell'arco dei tre anni. Le attività corrispondenti al tirocinio, prevalentemente rivolte all'utilizzo di strumentazione tecnologicamente avanzata, sono svolte, di preferenza, presso aziende ed enti, mediante stipula di apposite convenzioni, oppure presso laboratori dell'Università degli Studi di Milano. È prevista una prova di accertamento della lingua inglese.

ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI

La numerazione < > si riferisce al numero degli esami da sostenere. Gli insegnamenti indicati con lo stesso numero prevedono un unico voto d'esame.

PRIMO ANNO

codice	Insegnamento		crediti	SSD ¹
I semestre				
F45001	Istituzioni di Matematiche	<1>	9	MAT/05
F45002	Chimica Generale e Inorganica	<2>	7	CHIM/03
	Laboratorio di Chimica Generale e Inorganica		5	
F45003	Fisica Generale I	<3>	7	FIS/01
II semestre				
F45004	Chimica Organica I	<4>	7	CHIM/06
	Laboratorio di Chimica Organica I		5	
F45005	Chimica Analitica I	<5>	7	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica I		5	
F45007	Calcolo Numerico	<6>	5	MAT/08
F45008	Laboratorio Informatico	<7>	3	INF/01

SECONDO ANNO

codice	Insegnamento		crediti	SSD
I semestre				
F45009	Chimica Fisica I	<8>	7	CHIM/02
	Laboratorio Chimica Fisica I		5	
F45010	Chimica Inorganica I	<9>	7	CHIM/03
	Laboratorio di Chimica Inorganica I		5	
F45011	Fisica Generale II	<10>	7	FIS/01
II semestre				
F45012	Chimica Analitica II	<11>	6	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica II		4	
F45013	Chimica Organica II	<12>	7	CHIM/06
	Laboratorio di Chimica Organica II		5	
F45018	Sicurezza e legislazione in ambito chimico	<13>	6	IUS/01

TERZO ANNO

codice	Insegnamento		crediti	SSD
I semestre				
F45015	Accertamento lingua Inglese ²	<14>	3	-
F45016	Controllo qualità e Certificazione	<15>	6	SECS-P/08
F45017	Chimica Fisica II	<16>	7	CHIM/02
	Laboratorio di Chimica Fisica II		5	
F45014	Chimica Biologica	<17>	7	BIO/10
II semestre				
F45019	Chimica dell'Ambiente	<18>	6	CHIM/12
-----	Corso a scelta	<19>	6	-
-----	Corso a scelta	<20>	6	-
	Tirocinio		9	-
	Prova Finale		6	-

Dodici crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti tra quelli attivati presso la Facoltà di Scienze M.F.N. o altre Facoltà ("Corso a scelta" della precedente tabella). Per facilitare una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, sono attivati gli insegnamenti opzionali riportati nella seguente Tabella, con l'indicazione del semestre di svolgimento.

¹ Settore Scientifico-Disciplinare

² Trattandosi di un semplice accertamento, lo studente può sostenere la prova anche prima del terzo anno.

INSEGNAMENTI A SCELTA

	codice	insegnamento	crediti	SSD
1.	F45032	Metodi di indagine strutturale di materiali inorganici	6	CHIM/03
2.	F45021	Chimica dei composti di coordinazione	6	CHIM/03
3.	F45022	Strutturistica chimica	6	CHIM/03
4.	F45023	Chimica Fisica (complementi)	6	CHIM/02
5.	F45024	Chimica computazionale	6	CHIM/02
6.	F45025	Chimica teorica (quantistica)	6	CHIM/02
7.	F45026	Elettrochimica	6	CHIM/02
8.	F45027	Chimica Organica (applicata)	6	CHIM/06
9.	F45029	Chimica delle sostanze organiche naturali	6	CHIM/06
10.	F45020	Chimica dei composti eterociclici	6	CHIM/06
11.	F45031	Chimica delle macromolecole	6	CHIM/04
12.	F45030	Metodi Fisici in Chimica Organica	6	CHIM/06

Propedeuticità

Gli esami indicati come I corso devono essere sostenuti prima dei corrispondenti esami indicati come II corso. Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

Insegnamenti disattivati

- Dall'a.a. 2003-2004 viene disattivato il corso F45028 Sintesi e tecniche speciali organiche;
- Dall'a.a. 2005-2006 viene disattivato il corso F44019 Metodi di indagine strutturale di materiali inorganici
- Dall'a.a. 2008-2009 viene disattivato il corso F45022 Strutturistica Chimica

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PRIMO ANNO

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 9 (8 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof.ssa Stefania De Stefano

Il corso di Istituzioni di Matematiche si propone di fornire allo studente i concetti matematici e le tecniche di calcolo di più frequente utilizzo nelle applicazioni.

Lo studente che inizia il corso deve conoscere le principali nozioni di Algebra, Geometria Analitica e Trigonometria. Non è invece indispensabile avere seguito in precedenza corsi di Analisi Matematica.

- *I numeri* - Interi, razionali, reali; ordinamento; potenze e radicali, esponenziali e logaritmi; numeri complessi. (12 ore)
- *Vettori e matrici, sistemi lineari* - Operazioni fra vettori; rette e piani nello spazio; matrici e loro algebra, determinanti; autovalori ed autovettori. (8 ore)
- *Successioni e serie* - Successioni e loro limiti, monotonia, confronti, limiti notevoli. Cenni alle serie numeriche (in particolare geometrica). (8 ore)
- *Funzioni di una variabile reale* - Limiti, continuità, asintoti; funzioni elementari e loro grafici; composta e inversa. (8 ore)
- *Calcolo differenziale in una variabile* - Derivate, massimi e minimi, studi di funzione; formula e serie di Taylor, approssimazioni. (8 ore)
- *Calcolo integrale in una variabile* - Integrale e area, primitive (immediate, per decomposizione, sostituzione e per parti), teorema fondamentale del calcolo; applicazioni fisiche e geometriche; integrali generalizzati. (8 ore)
- *Funzioni di più variabili* - Derivate parziali, gradiente, Hessiano; ottimizzazione in due variabili. (6 ore)
- *Equazioni differenziali ordinarie* - Del primo ordine lineari e a variabili separabili, del secondo ordine lineari a coefficienti costanti; condizioni iniziali, teorema di esistenza e unicità. (6 ore)
- *Esercitazioni* - Risoluzione di esercizi e problemi (16 ore)

Testi consigliati:

- per il corso: C. Pagani e S. Salsa: *MATEMATICA per i Diplomi Universitari*, Ed. Masson-Zanichelli
- per il precorso: F. Buzzetti e B. Lussi: *Elementi di matematica per l'accesso alle facoltà scientifiche*, Ed. Città Studi
- Eserciziario: B. P. Demidovic: *Esercizi e problemi di Analisi matematica*. Editori Riuniti.

CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 7 (6 CFU lezioni + 1 CFU esercitazioni)

Prof. Sergio Cenini

Atomi e loro struttura.

Particelle elementari. La quantizzazione dell'energia. Numeri quantici e rappresentazione grafica degli orbitali. Regole di Pauli e di Hund (9 ore).

Il sistema periodico degli elementi.

Tavola periodica. Energia di ionizzazione. Affinità elettronica (2 ore).

Il legame chimico.

Legame ionico. Legame covalente. Interazioni elettrostatiche. Orbitali ibridi. Orbitali molecolari (13 ore).

Lo stato solido e gassoso.

Raggi atomici. Cristalli ionici e molecolari. Altre strutture cristalline. Leggi dei gas. Comportamento dei gas reali (2 ore).

Termodinamica chimica.

Primo principio della termodinamica. Calore di reazione e entalpia. Entropia e secondo principio della termodinamica. Terzo principio della termodinamica. Energia libera e costante di equilibrio (5 ore).

Stato liquido e soluzioni.

Regola delle fasi. Legge di Raoult. La distillazione. Soluzioni sature e solubilità. La pressione osmotica. Solubilità dei gas nei liquidi (3 ore).

Velocità di reazione.

Ordine di reazione. Meccanismi di reazione. Energia di attivazione. Reazioni fotochimiche. Velocità di reazione e equilibrio chimico. I catalizzatori (4 ore).

Acidi e basi.

Teoria di Arrhenius. Acidi e basi secondo Broensted e Lewis. Forza degli acidi e delle basi. Prodotto ionico dell'acqua e pH (2 ore).

Elettrochimica.

Conducibilità elettrica delle soluzioni acquose. Le pile. Potenziali di ossidoriduzione. Titolazioni potenziometriche. L'elettrolisi. Pile di pratico impiego (6 ore).

Composti di coordinazione.

Il legame coordinativo. Leganti chelanti e polidentati. I composti di coordinazione in chimica analitica. I carbonilmetalli. Complessi π . Isomeria nei composti di coordinazione (4 ore).

Radioattività e chimica nucleare.

Radiazioni alfa, beta e gamma. Famiglie radioattive nucleari. Impiego degli atomi radioattivi. Fissione e fusione nucleare (2 ore).

Chimica inorganica.

Proprietà periodiche. Ossidi e idruri. Idrogeno e ossigeno. I gas nobili. Gli alogeni. Lo zolfo. Azoto e fosforo. Carbonio e silicio. Boro e alluminio. I metalli alcalini e alcalino terrosi. Rame, argento e oro. Zinco e mercurio. Il cromo. Il Manganese. Il ferro (12 ore).

Testi consigliati

- L.Malatesta, S.Cenini, *Principi di Chimica Generale con esercizi*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano (1989).
- L.Malatesta, *Compendio di Chimica Inorganica*, Casa Editrice Ambrosiana, Milano (1992).

LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 5 (3,25 CFU di esercitazioni numeriche + 1,75 CFU di laboratorio)

Corso A Prof. Fabio Ragaini - Corso B dott. Alessandro Caselli

Unità di massa atomica. Numero di Avogadro. Mole. Peso atomico, peso molecolare, peso formula. Formule chimiche. Rapporti in peso tra gli elementi che compaiono in una formula. Calcolo della composizione in peso data una formula. Rapporti in moli e in peso nelle reazioni chimiche. Equazioni chimiche bilanciate; reagenti in difetto e in eccesso, agente limitante. Resa, conversione e selettività di una reazione. Nomenclatura di base dei composti inorganici. Tipi di reazioni chimiche: acido-base, ossido-riduzione. Bilanciamento delle equazioni chimiche, anche di ossido-riduzione. Equivalente. Unità di concentrazione. I gas ideali e le equazioni che li governano. Costanti di equilibrio. Elettroliti forti e deboli. Soluzioni neutre, acide e basiche. pH e pOH. Ioni complessi. Solubilità e prodotto di solubilità. Elettrochimica. Elettrolisi. Leggi di Faraday. Potenziali elettrodi di riduzione. Equazione di Nernst. Calcolo della f.e.m. di una pila.

Ad integrazione delle esercitazioni numeriche in aula vengono effettuate esercitazioni pratiche di laboratorio. Le esercitazioni includeranno quattro esperienze di sintesi inorganiche e tre esercitazioni di chimica analitica con il metodo tradizionale.

Il corso viene articolato in: 52 ore di esercitazioni numeriche (3,25 crediti) e 7 esperienze di laboratorio che non richiedono ulteriore studio a casa (28 ore, 1,75 crediti). La teoria relativa agli argomenti trattati nelle esercitazioni svolte viene affrontata nel corso di Chimica generale e Inorganica.

Testi consigliati.

- A. Clerici, S. Morrocchi, *Esercitazioni di Chimica*, Ed. Spiegel
- A. Ceriotti, F. Porta, *Esercizi di Stechiometria*, Vol III, CUSL.
- M. Freni, A. Sacco, *Stechiometria*, Casa editrice Ambrosiana.

FISICA GENERALE I

Crediti didattici 7

Dott. Alessandro Podestà

1. Grandezze fisiche ed unità di misura.
2. Grandezze scalari e vettoriali, sistemi di riferimento.
3. Teoria degli errori.
4. Cinematica del punto materiale.
5. Dinamica del punto: forza, impulso e quantità di moto.
6. Il lavoro e la conservazione dell'energia.
7. La conservazione del momento angolare.
8. Statica e dinamica dei fluidi, fenomeni interfacciali.
9. Calore e temperatura.
10. Trasformazioni in un sistema termodinamico: il primo principio della Termodinamica.

11. Applicazioni del primo principio della Termodinamica ai gas perfetti.
12. Il secondo principio della Termodinamica.
13. Cenni alla teoria cinetica dei gas perfetti.

Testi adottati

Il docente consiglia come testo di riferimento:

- Sergio Rosati, *Fisica Generale* – vol.I, ed.CEA, Milano
- oppure in alternativa:
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di Fisica (Meccanica e Termologia)*, ed.CEA, Milano

CHIMICA ORGANICA I

Crediti didattici 7 (52 ore di lezione + 8 ore di esercitazione)

Prof. Francesco Sannicolò

IL LEGAME NELLE MOLECOLE ORGANICHE E LE LORO REAZIONI (Richiami)

Struttura atomica e configurazione elettronica degli elementi, orbitali atomici, orbitali ibridi, elettronegatività, legame ionico e covalente (singolo, doppio, triplo), orbitali molecolari, energia di legame, risonanza, acidi e basi (Brønsted, Lewis).

Costanti di equilibrio e velocità, energia di attivazione, catalizzatori, intermedi di reazione e stati di transizione. Meccanismi fondamentali di rottura e formazione dei legami covalenti: omolisi, eterolisi, radicali, nucleofili, elettrofili, carbanioni, carbocationi, carbeni.

GRUPPI FUNZIONALI - CLASSI DI COMPOSTI ORGANICI: Descrizione e nomenclatura dei gruppi funzionali fondamentali e previsione della loro reattività sulla base della struttura elettronica.

STEREOCHIMICA ORGANICA: Stereochimica statica: Confronto esterno: isomeria. Chiralità. Isomeri costituzionali, stereoisomeri, enantiomeri e diastereoisomeri. Elementi stereogenici, stereocentro e doppi legami. Descrittori di stereogenicità e prostereogenicità: R,S,E,Z. Confronto interno: eterotopismo costituzionale, omotopismo, enantiotopismo e diastereotopismo.

Stereochimica Dinamica: Analisi conformazionale: rotori semplici, cicloalcani.

ALCANI: Alcani a catena lineare, ramificata e ciclica; cicloalcani piccoli, medi e grandi. Sintesi e Reattività.

ALOGENOALCANI: Struttura e classificazione. Alogenuri allilici. Sintesi e Reattività.

ALCOLI E DIOLI: Struttura e classificazione. Sintesi e Reattività.

COMPOSTI ORGANICI SOLFORATI: Tioli, tioeteri, disolfuri, solfuri, solfossidi, solfoni, sali di solfonio, ilidi di solfonio. Sintesi e Reattività.

ETERI: Sintesi e Reattività.

OSSIRANI: Sintesi e Reattività.

ALCHENI, DIENI E TRIENI: Struttura e proprietà chimiche, classificazione. Sintesi e Reattività. Reazioni di eliminazione. Ilidi di fosfonio e di solfonio. Idrogenazione. Sistemi ciclici insaturi. Cenno ai sistemi aromatici: condizioni per l'aromaticità e conseguenze sulla reattività. Sistemi aromatici carbociclici e eterociclici: pirrolo, tiofene, piridina. Sintesi e Reattività.

ALCHINI: Struttura e proprietà chimiche. Sintesi e Reattività.

ALDEIDI E CHETONI: Struttura e proprietà chimiche. Enoli e enolati. Sintesi e Reattività.

COMPOSTI CARBONILICI α , β -INSATURI: Struttura, sintesi e reattività. Addizioni nucleofile: regioselettività, addizioni coniugate, addizioni di carbanioni, addizioni di Michael.

AMMINE: Basicità, classificazione. Sintesi e Reattività.

ACIDI CARBOSSILICI: Acidità, classificazione. Sintesi e Reattività. Acidi bi carbossilici. Amminoacidi.

ESTERI E LATTONI: Struttura. Sintesi e Reattività.

AMMIDI, LATTAMI E IMMIDI: Struttura, acidità e basicità. Sintesi e Reattività.

NITRILI: Struttura, acidità e basicità. Sintesi e Reattività.

CLORURI ACILICI, ANIDRIDI E CHETENI: Struttura, nomenclatura, proprietà chimiche. Sintesi e Reattività.

Libri di testo consigliati:

- Non viene consigliato nessun libro di testo specifico.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I

Crediti didattici 5

Corso A Prof.ssa Giovanna Speranza - Corso B Dott.ssa Clelia Giannini - Corso C Prof. Daniele Passarella

Lezioni teoriche (1 CFU)

- Problemi di sicurezza e prevenzione degli infortuni nel laboratorio di chimica organica.
- Introduzione alle principali tecniche di isolamento e purificazione dei composti organici: cristallizzazione, estrazione con solventi, distillazione semplice e frazionata, cromatografia.
- Cenni di spettroscopia IR.
- Aspetti sperimentali delle seguenti reazioni : ossidazioni, riduzioni, sostituzioni nucleofile S_N1 e S_N2 , condensazioni, esterificazioni.

Esercitazioni di laboratorio (4 CFU)

- Esecuzione individuale da parte dello studente delle operazioni fondamentali del laboratorio di chimica organica quali : cristallizzazione, determinazione del punto di fusione, estrazione acido-base, distillazione, cromatografia su strato sottile e su colonna.
- Esecuzione individuale da parte dello studente di alcune delle più comuni reazioni della chimica organica: riduzione, ossidazione, esterificazione, condensazione crotonica, sostituzione nucleofila.

Testi consigliati:

- M. D'Ischia, La Chimica Organica in Laboratorio, Piccin, Padova, 2002
- J.C. Gilbert and S.F. Martin, Experimental Organic Chemistry, Saunders College Publishing, Philadelphia, 1998

CHIMICA ANALITICA I

Crediti didattici 7

Prof. Patrizia Mussini

Insegnamento mutuato dal CL Triennale in Chimica Industriale.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA I

Crediti didattici 5

Corso A Dott. Luigi Falciola - Corso B Dott.ssa Claudia Dragonetti

- Lezioni: norme di sicurezza, good laboratory practice, illustrazione delle metodiche delle esperienze di laboratorio; richiami sulle tecniche analitiche conduttimetriche e potenziometriche [Totale 8 ore]
- Esercitazioni numeriche su preparazione di soluzioni a titolo noto, calcoli relativi a titolazioni, elaborazione e trattamento statistico dei dati analitici. [Totale 12 ore]

Esercitazioni pratiche:

- Analisi volumetrica: preparazione di soluzioni standard, titolazioni acido base (standardizzazione di NaOH con KHP, di HCl con TRIS, titolazione dell'acidità dell'aceto e del vino con NaOH), titolazioni con formazione di complessi (standardizzazione di EDTA con ZnO, Ca²⁺ e Mg²⁺ con EDTA), titolazioni per precipitazione (standardizzazione di AgNO₃ con KCl secondo metodo di Mohr e secondo metodo di Fajans, determinazione dei cloruri con i due metodi), titolazioni per ossidoriduzione (standardizzazione del sodio tiosolfato con potassio iodato, titolazione iodometrica dell'acido ascorbico) [Totale 24 ore]
- Conduttimetria: taratura del conduttimetro, misure dirette di conducibilità specifica e molare, titolazioni conduttimetriche acido/base (HCl, HCl +CH₃COOH con NaOH) [Totale 4 ore]
- Potenzimetria: costruzione di elettrodo ionoselettivo, sua taratura e uso per determinazione diretta di p(ione); standard e misure dirette di pH, titolazioni acido/base (HCl, HCl +CH₃COOH con NaOH, HCO₃⁻ con HCl) seguite per pH-metria, con riconoscimento di amminoacidi incogniti; titolazioni per ossidoriduzione (Fe²⁺ con MnO₄⁻) e per precipitazione (Cl⁻ + I⁻ con AgNO₃) seguite potenziometricamente; titolazione complessometrica seguita potenziometricamente (Ca²⁺ e Mg²⁺ con EDTA), durezza totale e parziale delle acque e indice di Langelier; [Totale 16 ore]
- Analisi completa di un campione di acqua minerale commerciale [Totale 4 ore]
- Voltammetria Esercitazioni di voltammetria ciclica e polarografia [Totale 4 ore]

S'invitano gli studenti ad iscriversi al corso entro il 31 gennaio 2009 presso lo studio dei docenti.

CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 5 (4 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof. Claudio Verdi

nb: il programma si riferisce all'anno accademico 2006-2007 allorché il corso era tenuto dalla prof.ssa Flavia De Tisi

- Nozioni introduttive su errori dovuti alla rappresentazione dei numeri. Tipi di errore, propagazione, stima e maggiorazione. Mal condizionamento, stabilità (2ore).
- Sistemi lineari. Metodi diretti (eliminazione di Gauss, diagonalizzazione, fattorizzazione A= LU). Metodi iterativi (Jacobi, Gauss-Seidel), condizioni di convergenza. Mal-condizionamento di matrice, numero condizione. Ceno all'inversione di matrice. (6 ore)
- Equazioni non lineari. Metodi iterativi, condizioni di convergenza, velocità di convergenza, test di fine iterazione. Metodi di bisezione, secanti, Newton, punto fisso. (2 ore)
- Approssimazione polinomiale di funzioni e dati. Interpolazione polinomiale: Formule di Lagrange e Newton, errore di interpolazione. Funzioni splines cubiche naturali. Minimi quadrati nel discreto. Regressione lineare, coefficiente di correlazione. (10 ore)
- Concetti statistici elementari. Distribuzioni, cenno a test statistici e intervalli di confidenza.(3 ore)

- Integrazione numerica. Formule di Newton-Cotes (punto medio, trapezi, Cavalieri-Simpson), formule composite. (2 ore)
- Equazioni differenziali ordinarie del primo ordine. Richiamo del teorema di esistenza e unicità. Metodi ad un passo (Eulero, Heun, Runge – Kutta). Ordine di un metodo. Analisi degli errori con riferimento al metodo di Eulero. Propagazione degli errori, stabilità. Metodi a più passi (cenni) (7 ore).
- Esercitazioni (16 ore)

Testi consigliati:

- A.Quarteroni, F.Saleri, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer, Milano, 2001
- Nardi, Pareschi, Russo, *Introduzione al Calcolo Scientifico. Metodi e applicazioni con Matlab*. Mc Graw-Hill, 2001

LABORATORIO INFORMATICO

Crediti didattici 3

Sabrina Gaito

Il corso intende fornire le nozioni di base dell'informatica e preparare gli studenti all'uso del foglio elettronico e di un linguaggio di programmazione.

Il corso non prevede particolari prerequisiti.

- *Architetture hardware e software.*
 - La macchina di Von Neumann, gerarchie di memoria.
 - Software di sistema e software applicativo.
 - Applicazioni: elaboratori di testi e fogli elettronici.
- *Reti di calcolatori.*
 - Architetture e protocolli.
 - Internet e il World Wide Web.
- *Introduzione alla programmazione.*
 - Algoritmi e linguaggi.
- *Un esempio di linguaggio di programmazione.*
 - Tipi di dati.
 - Istruzioni condizionali.
 - Istruzioni di iterazione.
 - Funzioni e procedure.
 - Applicazioni: risoluzione di semplici problemi.

SECONDO ANNO

CHIMICA FISICA I

Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof. Maurizio Sironi

Fondamenti di teoria quantistica (8 ore) - Origini della meccanica quantistica; equazione di Schrödinger; funzione d'onda e interpretazione di Born; osservabili e operatori; principio di sovrapposizione e valori di aspettazione; principio d'indeterminazione.

Applicazioni di teoria quantistica (8 ore) - Moto traslazionale; tunnelling; oscillatore armonico; moto rotazionale; momento angolare orbitale e di spin.

Struttura atomica e spettri atomici (8 ore) - Atomi idrogenoidi; orbitali atomici; transizioni spettroscopiche e regole di selezione; atomi polielettronici; approssimazione orbitale; principio di aufbau e di Pauli; spettri di atomi polielettronici; stati di singoletto e di tripletto; accoppiamento spin-orbita; termini spettroscopici e regole di selezione; effetto Zeeman.

Struttura molecolare e simmetria (8 ore) - Approssimazione di Born-Oppenheimer; teoria del legame di valenza; molecola di idrogeno; molecole biatomiche omonucleari; orbitali ibridi; molecole poliatomiche; teoria dell'orbitale molecolare; principio variazionale; diagrammi di Walsh; molecole coniugate; metodo di Hückel; solidi e teoria delle bande; operazioni di simmetria, gruppi di simmetria, rappresentazioni, tabelle dei caratteri, applicazioni.

Spettroscopia (4 ore) - Tecniche sperimentali; intensità e ampiezza delle righe spettrali; legge di Lambert-Beer; effetto Raman.

Spettri rotazionali (4 ore) - Livelli di energia rotazionale; transizioni rotazionali; spettri Raman rotazionali.

Spettri vibrazionali (4 ore) - Vibrazioni di molecole biatomiche e spettri vibrazionali; spettri roto-vibrazionali; molecole poliatomiche; modi normali di vibrazione; spettri Raman vibrazionali.

Spettri elettronici (4 ore) - Transizioni elettroniche; struttura vibrazionale; fluorescenza e fosforescenza; dissociazione e pre-dissociazione; spettroscopia fotoelettronica.

Esercitazioni (16 ore) - Risoluzione di problemi.

Testi consigliati:

- D.A. McQuarrie, J.D. Simon - "*CHIMICA FISICA un approccio molecolare*" - Zanichelli (2000)
- P.W. Atkins, J. de Paula - "*ATKINS' PHYSICAL CHEMISTRY*" - 7th ed.(2002) Oxford

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA I

crediti didattici 5 (2 CFU di lezioni + 3 CFU di esercitazioni)

Turno A Prof. Silvia Ardizzone - Turno B dott.ssa Mariangela Longhi - Turno C dott. Alberto Vertova

Gas perfetti. Primo Principio della Termodinamica. Dipendenza dell'entalpia dalla temperatura. Transizioni isoterme ed adiabatiche di gas perfetti. Secondo principio. Variazioni di entropia di sistema ed intorno. Esercitazioni numeriche relative (12 ore)

Misura dell'entropia. Terzo principio. Macchine termiche. Energie di Helmholtz e di Gibbs. Equazione di Gibbs-Helmholtz. Potenziale chimico. Descrizione termodinamica delle miscele. Equazione di Gibbs-Duhem. Proprietà colligative. Esercitazioni numeriche relative (8 ore)

Diagrammi di stato di sostanze pure. Stabilità di fase e transizioni. Equazioni di Clapeyron e Clausius-Clapeyron. Diagrammi di stato di sistemi a più componenti. Equilibrio chimico. Effetti di temperatura e pressione sull'equilibrio. Equazione di van't Hoff. Esercitazioni numeriche relative (12 ore)

Esperienze da svolgere in laboratorio (32 ore)

Determinazione di parametri termodinamici di reazione (entalpia, entropia, energia di Gibbs) mediante misure di differenza di potenziale di pile, al variare della temperatura.

Determinazione di costanti di equilibrio tramite metodi spettrofotometrici, conduttimetrici e potenziometrici, e valutazione comparativa dei diversi approcci sperimentali.

Esame di passaggi di stato e variazioni di stechiometria/cristallinità in solidi, con relative variazioni calorimetriche, mediante metodi termici di analisi (TGA, DSC).

Testi Consigliati:

- P.W. Atkins, "Physical Chemistry", Oxford University Press, 6th Ed., 1998.

CHIMICA INORGANICA I

Crediti didattici 7(6 CFU lezioni + 1 CFU esercitazioni)

I modulo: prof. Gianfranco Ciani - II modulo: dott.ssa Lucia Carlucci

Struttura atomica (4 ore)

Struttura atomica e periodicità chimica, orbitali atomici, schermatura e penetrazione, Z_{eff} e regole di Slater, atomi a molti elettroni, accoppiamento di Russel-Saunders, parametri atomici, raggi atomici e ionici, elettronegatività, carattere hard-soft.

Introduzione al legame chimico (5 ore)

Teoria di Lewis, geometria molecolare e teoria VSEPR, simmetria molecolare e gruppi puntuali, tabelle dei caratteri e loro applicazioni.

Legame covalente (10 ore)

Orbitali molecolari, MO-LCAO per molecole biatomiche e poliatomiche, orbitali di simmetria (SALC), diagrammi di Walsh, proprietà delle molecole covalenti, distanze ed energie di legame. Ibridizzazioni intermedie.

Stato solido e legame ionico (10 ore)

Tipi di solidi, struttura cristallina, impacchettamento di sfere, metalli, leghe e composti intermetallici, modello ionico, strutture ioniche prototipiche, entalpie reticolari, equazioni di Born-Mayer, equazione di Kapustinskii, legame nei solidi e teoria delle bande, livello di Fermi, conduttività elettrica, isolanti, semiconduttori intrinseci e gap di banda, semiconduttori estrinseci p ed n , celle fotovoltaiche. Cenno alle proprietà elettroniche dei materiali inorganici.

Struttura e proprietà dei composti degli elementi tipici (12 ore)

Idrogeno e suoi composti: effetti isotopici, idruri metallici, composti binari elettrone-deficienti, -precisi e -ricchi, acqua e ghiaccio, clatrati idrati, legami a idrogeno.

Gruppi del boro e del carbonio: boro elementare, alogenuri, ossidi e ossoanioni, BN borazine, borani, carborani e regole di Wade, carbonio elementare, silicati, setacci molecolari e zeoliti.

Gruppi dell'azoto e dell'ossigeno: attivazione dell'azoto, ammoniacale, ossidi e ossoanioni dello zolfo, ossidi, perossidi e superossidi metallici, composti a catene, anelli e gabbie del blocco p .

Alogeni e gas nobili: proprietà degli alogeni, composti interalogeni, ossoacidi e ossoanioni, composti dei gas nobili.

Chimica dei composti di coordinazione (8 ore)

Caratteristiche generali dei metalli di transizione. Struttura e isomeria nei complessi. Legame chimico: teoria del campo cristallino, campo dei leganti e metodo MO. Cenno agli spettri elettronici e alle proprietà magnetiche dei complessi.

Esercitazioni (1 credito)

A integrazione del corso si svolgeranno esercitazioni settimanali in aula sui diversi argomenti introdotti nelle lezioni.

Testo consigliato

- D. F. SHRIVER, P. W. ATKINS, C. H. LANGFORD, Inorganic chemistry 2° Edizion, Oxford University Press.

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA I

Crediti didattici 5

Corso A Prof. Alessandro Ceriotti – Corso B Prof. Alessandro Pasini

a) lezioni + esercitazioni in aula (1 CFU + 1,75 CFU).

Vengono trattati alcuni argomenti ad integrazione del corso di Chimica Inorganica 1° ed alcuni aspetti teorici riguardanti le esercitazioni in laboratorio.

Reazioni acido-base

- teorie degli acidi e delle basi (Arrhenius, Brønsted, Lux-Flood, Lewis, Usanovich, sistema solvente), acidi e basi acquosi protici (affinità protonica, ossidica, acidità in fase gassosa, in fase acquosa, effetto livellante dell'acqua), forza acida e basica di Brønsted (idracidi, ossoacidi, idrossiacidi, acidoacidi, ossidi acidi e basici, ossoanioni), acidità e basicità relativa dei solventi (funzione di Hammett), acidi e basi non acquosi protici e aprotici, forza acida e basica di Lewis, teoria hard-soft, parametri di Drago-Wayland.

Reazioni di ossido- riduzione

- ossidanti e riducenti, estrazione degli elementi tramite riduzione e ossidazione, potenziali standard di riduzione, equazione di Nerst, sovratensione, effetto della formazione di complessi e di prodotti insolubili sui potenziali di riduzione in soluzione acquosa, effetto livellante del solvente (stabilità redox in acqua, disproporzionamento), reazioni redox in solventi non acquosi, sistemi solventi ossidanti e riducenti, composti instabili, infiammabili ed esplosivi, rappresentazioni diagrammatiche di Latimer, Frost, Pourbaix.

Cenni di chimica descrittiva degli elementi e di magnetismo

b) esercitazioni in laboratorio (2,25 CFU).

Le esercitazioni vertono su alcune preparazioni inorganiche selezionate di volta in volta in modo da applicare le principali tecniche di sintesi, separazione e purificazione ed in modo da sottolineare gli aspetti più significativi delle proprietà e del comportamento chimico di alcuni elementi non di transizione e di alcuni metalli di transizione.

Le sintesi scelte esemplificano: *stati di ossidazione degli elementi, tipi di leganti, modi di coordinazione, effetto chelante, isomeria geometrica, isomeria di legame, isomeria ottica.*

Testo consigliato:

- D.F.Shriver, P.W.Atkins, C.H.Langford - *Inorganic Chemistry* – 3rd ed. - Ed.Oxford Univ. Press (1999)

FISICA GENERALE II

Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

I modulo: prof.ssa Giulia Luisa Masserini - II modulo: dott. Marco Potenza

- Forza Elettrica e Campo Elettrostatico (4 ore)
- Legge di Gauss (2 ore)
- Lavoro elettrico e Potenziali (4 ore)
- Conduttori - Induzione elettrostatica e Capacità elettrica (2 ore)
- Proprietà elettriche della Materia : Dielettrici (4 ore)
- Corrente Elettrica Forza elettromotrice e Circuiti in corrente continua (3 ore)
- Forza Magnetica e Campo Magnetico Statico (3 ore)
- Campo Magnetico generato da correnti : Induzione di Faraday e Legge di Ampere (4 ore)
- Proprietà Magnetiche della Materia (4 ore)
- Circuiti a corrente alternata (2 ore)
- Equazioni di Maxwell e Onde Elettromagnetiche (4 ore)
- Onde luminose: Riflessione e Rifrazione delle Onde (2 ore)
- Interferenza (4 ore), Diffrazione (2 ore)

Esercitazioni (16 ore) - Risoluzione di Problemi

Testi consigliati:

- Halliday-Resnick-Krane *Fisica 2*, CEA
- Pavan-Sartori *Problemi di Fisica 2* CEA
- S. Strasser, "*Esercizi di Fisica II*", Edizioni Spiegel

CHIMICA ANALITICA II

Crediti didattici 6

Prof.ssa Silvia Bruni

Tecniche spettroscopiche per l'analisi elementare

- Spettroscopia atomica in assorbimento e in emissione (6 ore)
- Spettroscopia di fluorescenza di raggi X (2 ore)
- Spettrometria di massa inorganica (2 ore)

Tecniche spettroscopiche per l'analisi molecolare e dei composti

- Spettroscopia elettronica (assorbimento nell'UV-visibile e luminescenza) (4 ore)
- Spettroscopia vibrazionale (IR e Raman) (5 ore)
- Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (8 ore)
- Spettrometria di massa analitica (4 ore)

Tecniche di analisi termica

- Analisi termogravimetrica (2 ore)
- Analisi termica differenziale e calorimetria differenziale a scansione (1 ora)

Tecniche cromatografiche

- Aspetti fondamentali della cromatografia (4 ore)
- Gas cromatografia (3 ore)
- Cromatografia liquida (4 ore)
- Tecniche accoppiate (2 ore)
- Cenni alla cromatografia in fase supercritica (1 ora)

Testi consigliati

- D. A. Skoog, J. J. Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, EdiSES.
- R. Kellner, J.-M. Mermet, M. Otto, H. M. Widmer, *Chimica Analitica*, EdiSES.
- Per consultazione: F. Cariati, *Lezioni di Chimica Analitica*, Edizioni CUSL.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA II

Crediti didattici 4

Corso A Prof. Gianmaria Zanderighi – Corso B Dott.ssa Vittoria Guglielmi

Strumentazione in chimica analitica.

Strumento di misura. Schema a blocchi. Scelta del metodo.

Rumore strumentale e riduzione del rumore.

Prestazioni strumentali. Disegni strumentali: temporale, spaziale e multiplex.

Tecniche voltammetriche.

Segnali di eccitazione. Voltammogramma.

Voltammetria idrodinamica, polarografia, voltammetria ad impulso. Metodi di ridissoluzione e di adsorbimento e ridissoluzione. Voltammetria ciclica. Applicazioni.

Tecniche cromatografiche.

Distribuzione in controcorrente come modello di separazione in continuo. Separazione, spostamento dei picchi di concentrazione, larghezza di banda, risoluzione.

Metodi cromatografici (adsorbimento, ripartizione, scambio ionico, esclusione, affinità).

Aspetti cinetici della separazione: allargamento di banda ed efficienza della colonna.

Aspetti termodinamici della separazione: interazioni ioniche e molecolari, fasi mobili e stazionarie.

Risoluzione e ottimizzazione della separazione.

Caratteristiche generali dei rivelatori e classificazione in funzione della risposta.

Tecniche analitiche accoppiate.

Applicazioni qualitative e quantitative delle tecniche cromatografiche

Gascromatografia (GC).

Strumentazione. Influenza della temperatura. Applicazioni.

Cromatografia liquida (HPLC).

Strumentazione. Cromatografia di ripartizione, adsorbimento, scambio ionico, esclusione. Fasi mobili e stazionarie.

Ottimizzazione delle separazioni: scelta della fase mobile, indice di polarità di Snyder (P'). Eluizione isocratica e in gradiente.

Applicazioni.

Cromatografia in fase supercritica (SCF).

Fluidi supercritici: caratteristiche; applicazioni generali e alle separazioni cromatografiche. Strumentazione. Tecniche di eluizione. Applicazioni.

Le *esercitazioni di laboratorio* sono orientate a fornire agli studenti gli strumenti critici per poter eseguire ed interpretare una determinazione analitica.

Verranno considerate le problematiche analitiche strumentali, la rappresentazione e la discussione dei risultati, il confronto tra dati ottenuti con metodi e/o tecniche diverse con metodi potenziometrici, conduttimetrici, voltammetrici, spettroscopici e cromatografici.

Testo consigliato:

- Skoog, Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, EdiSES, 1995 (da 4^a ed. inglese, 1992)

Testi di consultazione

- Sawyer, Heineman, Beebe. *Chemistry Experiments for Instrumental Methods*, Wiley, 1984
- Miller, Miller, *Statistics for Analytical Chemistry*. Ellis Horwood, 1994 (4^a ed.)
- Miller, *Cromatography*, Wiley, 1988

- Willard, Merrit, Dean, Settle, *Instrumental Methods of Analysis*, Wadsworth, 1988 (7^a ed.)
- Strobel, Heineman, *Chemica Instrumentation: a Systematic Approach*, Wiley, 1989 (3^a ed.)

CHIMICA ORGANICA II

Crediti didattici 7 (6,5 CFU di lezioni + 0.5 CFU di esercitazioni, per un totale di 60 ore)

Prof. Bruno Danieli

Sistemi aromatici carbociclici mononucleari (16 ore)

Benzene: aromaticità, risonanza e regole di Hueckel. Nomenclatura. Reazioni con stati di transizione aromatici. Reazioni di sostituzione elettrofila aromatica e teoria dell'orientamento. Alchil- ed acilbenzeni: reazione di Friedel-Crafts. Ammine aromatiche: sintesi per riduzione dei nitroderivati. Azoossi- azo- e idrazoderivati. Trasposizione benzinica. Sali di diazonio: preparazione, reattività ed utilità sintetica. Acidi arilsolfonici: meccanismo della solfonazione e utilità sintetica. Solfonammidi. Alogeno derivati aromatici: sostituzioni elettrofile, reazioni di Sandmeyer, di metallazione e transmetallazione, di Wurz-Fittig, di Ullmann, di Heck. Sostituzione nucleofila aromatica. Fenoli ed eteri fenolici: sintesi, reazioni elettrofile in ambiente acido. Dealchilazione. Trasposizioni di Fries e di Claisen. Reazioni in ambiente basico. Sintesi di Kolbe, reazioni con formaldeide, di Reimer-Tiemann, di copolazione. Chinoni: sintesi e reattività, equilibri di ossidoriduzione, complessi a trasferimento di carica.

Sistemi aromatici carbociclici polinucleari (4 ore)

Biarili: sintesi, atropoisomeria e reazioni elettrofile. Fluorene ed analoghi. Naftalene: sintesi, reazioni di alogenazione, solfonazione, nitratura, di Friedel-Crafts e di Bucherer. Ossidazione. Antracene e fenantrene.

Esercitazioni di sintesi e reattività di sistemi aromatici (4 ore)

Sistemi eteroalifatici ed eteroaromatici mono- e policiclici (20 ore)

Sistemi eterociclici a tre termini. Sistemi eterociclici a quattro termini: azetidina, azetidioni e sintesi di Staudinger. Sistemi eterociclici a cinque termini: pirrolo, tiofene, furano. Sintesi. Reattività: reazione di nitratura ed acilazione. Reazione dei pirroli con immine e sali di immonio. Indolo, benzotiofene e benzofurano. Sintesi e reattività degli indoli agli elettrofili. Ossindoli, indossili, isatine ed indaco. 1,3-Azoli: sintesi e reattività con riferimento all'imidazolo e ai sali di tiazolio. 1,2-Azoli. Piridina: aromaticità e sintesi. Sostituzioni elettrofile su piridina e piridina N-ossido. Piridoni e alogenopiridine. Chinoline e isochinoline: reattività e sintesi. Pirani, pironi, sali di pirilio e composti naturali contenenti questi nuclei.

Esercitazioni di sintesi e reattività di sistemi eterociclici (4 ore)

Amminoacidi e peptici (4 ore)

Proprietà acido-base, curve di titolazione. Sintesi da alogenocidi, di Strecker. Gruppi protettivi nella chimica degli amminoacidi. Sintesi del legame peptidico. Sintesi in fase solida. Metodi per la determinazione della struttura dei peptici, degradazione acida, enzimatica e con BrCN.

Carboidrati (8 ore)

Scrittura del glucosio secondo le varie convenzioni. Serie sterica degli zuccheri. Derivazione degli zuccheri dalla D-(+)-gliceraldeide. Interconversione degli zuccheri. Mutarotazione. Glucosidi, eteri, esteri acetali. Riduzioni ed ossidazioni. Fenilosazoni. Sintesi di Kiliani-Fischer. Degradazione di Ruff e Wohl. Stereochimica relativa degli zuccheri: la prova di Fischer. Sintesi e chimica della gliceraldeide e dell'acido ascorbico. Disaccaridi.

Testi consigliati:

- A. Streitwieser, Jr. - Heathcock, C.H. Introduzione alla Chimica Organica -Ed. Piccin.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II

Crediti didattici 5

Corso A: Prof. Giordano Lesma - Corso B: Prof.ssa Paola Del Buttero

Il corso ha lo scopo di verificare sperimentalmente quanto appreso in via teorica nei Corsi di Chimica Organica (1° e 2° corso). Sarà articolato in 16 ore (1 CFU) di esercitazioni nelle quali verrà richiamata la reattività dei gruppi funzionali più comuni e da almeno 64 ore (1 CFU) di sperimentazione a banco singolo. Il lavoro sperimentale consiste nello studio di alcuni composti organici, diversi per ciascuno studente, che dovranno essere esaminati per via chimica e spettroscopica al fine di riconoscerne il gruppo funzionale. Questi substrati saranno quindi utilizzati come prodotti di partenza per la sintesi di altri prodotti sfruttando alcune reazioni tipiche della funzionalità individuata scelta fra un "pool" di reazioni consigliate. Allo studente verrà data la possibilità di scegliere, previa discussione con il docente, le reazioni che ritiene più adatte e le modalità di esecuzione delle stesse. Dopo aver acquisito una certa autonomia di lavoro, ogni studente dovrà dar prova di saper modulare le condizioni di reazione anche su substrati bifunzionali. In seguito dovrà esaminare miscele di due composti organici incogniti, diverse per ciascuno studente, che dovranno essere separate utilizzando la tecnica di separazione più opportuna (cristallizzazione, estrazione con solventi, distillazione frazionata a pressione ambiente e ridotta, cromatografia, ecc.). I due prodotti purificati dovranno essere riconosciuti utilizzando le conoscenze acquisite nella prima parte del corso.

Le classi di composti studiati saranno: ammine primarie, secondarie e terziarie, aldeidi, chetoni, acidi carbossilici, alcoli, fenoli, esteri, ammidi, nitrili, eteri, alogenoderivati, nitroderivati, idrocarburi.

Libri consigliati per la consultazione

- Vogel, *“Chimica Organica Pratica”*, Ed. Ambrosiana.
- R. Morassi, G.P. Speroni, *Il Laboratorio Chimico*, Ed. Piccin.

SICUREZZA E LEGISLAZIONE IN AMBITO CHIMICO

Crediti didattici 6

Dr. Paolo Cardillo

- Definizioni (Rischio e pericolo) - Principali norme generali (norme comportamentali, informazione e formazione, responsabilità). Documentazione (schede di sicurezza, banche dati, siti Internet, manuali, riviste).
- Infiammabilità di gas/vapori e solventi - Parametri che influenzano le caratteristiche di infiammabilità - Punto di infiammabilità di liquidi combustibili - Sorgenti di innesco - Energia di accensione – Autoaccensione - Violenza delle esplosioni - Propagazione della fiamma (deflagrazione e detonazione).
- Esplosioni di polveri - Parametri che influenzano l'esplosione - Esplosione primaria e secondaria - Prove sperimentali - Legge cubica e classificazione delle polveri - Prevenzione e protezione dalle esplosioni di polveri.
- Reazioni fuggitive - Operazioni pericolose – Richiami di termochimica - Strutture instabili - Sostanze che reagiscono con l'acqua - Sostanze perossidabili - Incompatibilità - Reazioni di decomposizione - Strumenti e procedura sperimentale (Termogravimetria (TG); Analisi termica differenziale (DTA); Calorimetria Differenziale a Scansione (DSC); Accelerating Rate Calorimeter) - L'analisi dei prodotti di decomposizione - La calorimetria di reazione con esempi di applicazione.
- Incidenti da reazioni fuggitive: discussione di alcuni casi (Seveso; Bhopal; ecc.)
- Sostanze corrosive – Sostanze irritanti – Sostanze tossiche – Concetto di dose (esposizione, inalazione, contatto, ingestione) – Le frasi di rischio - Mezzi individuali di protezione.
- Apparecchiature da laboratorio (vetreria, apparecchiature elettriche/elettroniche, centrifughe, piastre e bagni riscaldanti, forni, ecc.) - Gas compressi, liquefatti e disciolti – Antincendio.
- Riferimenti normativi

TERZO ANNO

ACCERTAMENTO LINGUA INGLESE

Crediti didattici 3

Vedi le istruzioni riportate nelle Informazioni Generali sui corsi chimici al paragrafo “Verifica della conoscenza della lingua inglese”.

CONTROLLO QUALITA' E CERTIFICAZIONE

Crediti didattici 6

Dott.ssa Marina Perego

Obiettivi del corso

- Costruire il quadro di riferimento del concetto di qualità e dell'evoluzione delle norme.
- Studiare il significato del controllo qualità nell'attività del chimico.
- Introdurre la conoscenza delle norme dei sistemi di gestione per la qualità e la conoscenza dello schema di riferimento della certificazione di prodotto.

1. *Enti di normazione e certificazione*

- La normazione in Italia e la normazione internazionale.
- Gli organismi di certificazione e il sistema di accreditamento.
- Norme tecniche di prodotto e norme tecniche di sistema.

2. *Le norme dei sistemi di gestione della qualità*

- UNI EN ISO 9001:2000 - Sistemi di gestione per la qualità – Requisiti
- UNI EN ISO 9004:2000 - Sistemi di gestione per la qualità – Linee guida per il miglioramento delle prestazioni
- UNI EN ISO 9000:2000 - Sistemi di gestione per la qualità – Fondamenti di terminologia
- Particolari approfondimenti su:

- conformità legislativa
 - struttura e gestione della documentazione
 - significato, scopo e tecniche di audit
1. UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2000 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura.
 2. UNI EN ISO 19011:2003 Linee guida per gli audit dei sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale

3. *Misure e prove*

3. Misure, prove, controlli e collaudi.
4. Campionamenti: criteri di campionamento e significatività campionaria.
5. Piani di ispezione e prova, di campionamento, di controllo, di collaudo
6. Gli strumenti di misura:
 - l'incertezza di misura e la sua variabilità
 - criteri per la conferma metrologica e taratura
7. Le carte di controllo per le applicazioni specifiche dei casi sperimentali.

4. *Certificazione di prodotto*

8. Esempi applicativi e casi di studio.

Testi consigliati

- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9001:2000
- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9004:2000
- NORMA ITALIANA UNI EN ISO 9000:2000
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2000
- UNI EN ISO 19011:2003
- Elenco di siti consigliati e appunti dalle lezioni (distribuiti a lezione)

CHIMICA FISICA II

Crediti didattici 7

Prof. Leonardo Formaro

Termodinamica statistica (24 ore) – Configurazioni, funzioni peso. Distribuzione di Boltzmann. Funzioni di partizione molecolari. Energia Interna, Entropia. Funzioni di partizione canonica. Relazioni con le Funzioni di stato termodinamiche. Contributi traslazionali, rotazionali, vibrazionali, elettronici. Funzioni di Stato medie. Costanti di equilibrio.

Proprietà elettrostatiche delle molecole e dei corpi macroscopici (7 ore) – Dipolo, permittività. Equazioni di Clausius-Mossotti e di Debye. Interazioni di dipoli permanenti e indotti. Potenziali di interazione di London e di Lennard-Jones. Interazione di corpi macroscopici.

Adsorbimento (7 ore) – Interazioni gas-solido. Isoterme Sperimentali. Isoterme modello (Langmuir, Temkin, Freundlich). Parametri termodinamici. Adsorbimento e cinetica di reazioni catalitiche.

Termodinamica delle soluzioni (18 ore) – Solvatazione. Potenziale chimico, attività, stati di riferimento. Equazione di Gibbs-Duhem. Equazione di Debye-Hückel.

Testi consigliati:

- P.W. Atkins, "Physical Chemistry", Oxford University Press, 6th Ed., 1998.
- Laidler and Meiser, *Chimica Fisica*, Editoriale Grasso, 1999.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA II

crediti didattici 5 (2.5 CFU di lezioni + 2.5 CFU di esercitazioni)

Turno A Prof. Riccardo Destro - Turno B prof.ssa Elena Selli

Cinetica descrittiva (6 ore) - Velocità di reazione, ordine parziale e totale, costante di velocità, velocità iniziali. Metodo dell'isolamento – Metodo differenziale – Metodo integrale. Equazioni cinetiche integrate per reazioni di ordine 0, 1 e 2. Tempo di dimezzamento. Equazione cinetica integrata per reazioni di ordine generico $m (\neq 1)$. Reazioni opposte. Equazioni cinetiche espresse in termini di grandezze fisiche direttamente proporzionali alle concentrazioni. Dipendenza della costante di velocità dalla temperatura: l'equazione di Arrhenius.

Descrizione delle esperienze di laboratorio (3 ore).

Trattamento dei dati (2 ore) - Deviazione standard e varianza. Pesì. Media pesata. Il metodo dei minimi quadrati. Applicazione al caso della retta, pesata e non pesata. Retta vincolata. Propagazione dell'errore.

Meccanismi di reazione (4 ore) - Processi globali e processi elementari. Molecolarità di una reazione. Reazioni successive; stato intermedio stazionario. Descrizione, a partire dagli articoli di letteratura originali, di alcuni meccanismi di reazione, con particolare riguardo alle reazioni a catena. Cinetica enzimatica e relative inibizioni.

Teorie della velocità di reazione (5 ore) - Teoria delle collisioni: pressione di un gas; velocità rms; dimensioni molecolari; libero cammino medio; numero di urti; proprietà di collisione per l'azoto a 298 K e 1 atmosfera. La distribuzione delle velocità secondo Maxwell-Boltzmann. Teoria del complesso attivato. Superfici di energia potenziale. Il caso del sistema $H_2 + H$. Ottenimento della costante di velocità secondo l'approccio termodinamico. Relazione tra energia di attivazione ed entalpia di attivazione per reazioni in fasi condensate ed in fasi gassose. Reazioni in soluzione: effetto gabbia.

Esperienze di laboratorio (2,5 CFU per n. 40 ore) - Quattro esperienze di cinetica chimica da svolgere in 10 pomeriggi, con stesura di una relazione conclusiva comprendente un rapporto sull'esecuzione delle esperienze, l'elaborazione dei relativi dati ed una discussione sui risultati ottenuti.

Testi consigliati:

- P.W. Atkins, "Physical Chemistry", Oxford University Press, 6th Ed., 1998
- M. J. Pilling and P.W. Seakins, "Reaction Kinetics", Oxford University Press, 1995.

CHIMICA BIOLOGICA

crediti didattici 7 (7 CFU di lezioni) - Modalità di esame: prova scritta

Prof.ssa Renata Zippel

Introduzione (ore 3): Scopo e campi di studi della biochimica. La cellula come unità fondamentale dei processi chimici negli organismi viventi. Ruolo dell'acqua nei processi biologici. *Aspetti termodinamici dei processi biologici:* composti ad alto contenuto energetico: ATP e composti ad alto potenziale di trasferimento di gruppo.

Proteine (ore 10): Livelli di organizzazione strutturale delle proteine; struttura primaria, secondaria terziaria e quaternaria. Fattori determinanti la struttura secondaria e terziaria delle proteine. Alcuni esempi di proteine: mioglobina, emoglobina. Metodiche per la separazione delle proteine, per il sequenziamento di peptici e per la sintesi di oligopeptidi metodologie per lo studio della proteomica funzionale.

Membrane biologiche (ore 2): Lipidi di membrana, struttura e funzione della membrana. Cenni sul trasporto di membrana.

Enzimi (ore 10): Classificazione degli enzimi e funzione. Coenzimi e cofattori. Cinetica enzimatica, Inibizione enzimatica. Esempi di meccanismi di catalisi enzimatica. Regolazione dell'attività enzimatica: allosteria e modificazioni covalenti.

Metabolismo (ore 14): Aspetti generali. *Metabolismo dei carboidrati:* Glicolisi e fermentazione alcolica. Regolazione della glicolisi. Processi ossidativi: ossidazione del piruvato, ciclo dell'acido citrico, vie anaplerotiche. Metabolismo dei pentosi fosfati Gluconeogenesi. Sintesi e degradazione del glicogeno. *Ossidazioni biologiche:* Catena respiratoria: trasporto degli elettroni e fosforilazione ossidativa. *Metabolismo dei lipidi:* Ossidazione degli acidi grassi. Biosintesi degli acidi grassi.

Acidi nucleici (ore 11): Struttura dei diversi tipi di DNA e livelli di organizzazione strutturale, stabilità della struttura. I diversi tipi di RNA. Metodiche per il sequenziamento del DNA, accenni alla genomica funzionale *Flusso dell'informazione:* Processi di replicazione e riparo del DNA. Processi di trascrizione: sintesi dell'RNA messaggero, dell'rRNA e tRNA, il codice genetico.

Sintesi delle proteine (Numero ore 5). Ribosomi, il processo di traduzione: attivazione degli amminoacidi e formazione dei amminoacil tRNA, reazione di inizio, di allungamento e terminazione della traduzione.

Elementi base di DNA ricombinante e biotecnologie (ore 1). Plasmidi ed enzimi di restrizione.

Testo consigliato

D.Nelson, M. Cox, *I principi di Biochimica di Lehninger*. Terza edizione 2002 Zanichelli

CHIMICA DELL'AMBIENTE

Crediti didattici 6

Prof. Gianmaria Zanderighi

E' lo studio delle trasformazioni chimiche fondamentali che hanno luogo nel particolare "contenitore" all'interno del quale si colloca e si sviluppa ogni ecosistema.

Siamo di fronte a sistemi molto complessi, punto di incontro di apporti multidisciplinari diversi, che devono essere scomposti (e quindi forzatamente semplificati) per renderne possibile la comprensione, e successivamente ricomposti per recuperare la completezza e la complessità del sistema che si vuole descrivere.

Due potenti strumenti utilizzati sono l'analisi e la descrizione dei singoli comparti ambientali (atmosfera, idrosfera e litosfera) e la ricombinazione dei fenomeni nei cicli biogeochimici relativi a singole specie chimiche o a famiglie di queste.

Cicli biogeochimici

Permettono di considerare la storia di un elemento, un composto o una famiglia di composti chimici come porzioni del sistema globale, con l'approssimazione dello stato stazionario (condizioni di sostanziale equilibrio del sistema), le correlazioni con e le influenze di altri cicli (chimici, biologici, geologici, naturali o dovuti ad attività antropica).

Queste correlazioni e influenze reciproche si possono manifestare come perturbazioni delle condizioni di equilibrio, generando scompensi che richiedono tempi anche molto lunghi per ripristinare le precedenti o nuove condizioni di equilibrio (esempi quotidianamente sperimentabili di questo tipo di perturbazioni sono i fenomeni di inquinamento reversibili o irreversibili).

Atmosfera

- Costituenti principali e gas presenti in tracce, aerosol, struttura fisica dell'atmosfera, dinamica, processi di trasporto e deposizione.
- Radiazione solare, sua importanza nella reattività atmosferica, cicli di reattività fondamentali, reazioni in fase omogenea e chimica eterogenea.
- Composti azotati, solforati e del carbonio, emissioni antropiche e naturali, processi di rimozione, perturbazioni ai cicli fondamentali, interazioni con il mondo biologico.
- Ozono stratosferico. Cicli di formazione e distruzione. Perturbazione antropica.
- Ozono troposferico. Meteorologia, fotochimica e precursori: ruolo combinato degli ossidi di azoto, dei composti organici volatili e della radiazione solare. Strategie di controllo.
- Dalla scala locale a quella globale: le connessioni tra chimica dell'atmosfera e clima, effetto serra e perturbazione antropica.

Libri consigliati

- G. Restelli, G. Zanderighi – *Chimica dell'atmosfera e dell'inquinamento atmosferico*. Edizioni Unicopli, Milano, 2001

CORSI A SCELTA

METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI

Crediti didattici 6 (mutuato da parte del CL in Chimica Applicata e Ambientale per 5 CFU)

Prof. Angelo Sironi

Il corso fornisce una panoramica riassuntiva dei materiali inorganici e, a partire dalle loro proprietà strutturali, vengono presentate le possibili caratterizzazioni sperimentali, con particolare attenzione a quelle di tipo diffrattometrico e microscopico su campioni in stato solido, cristallino o non-cristallino.

- La struttura dei materiali: stato cristallino e stato non-cristallino
- Microscopia:
 - Microscopia ottica
 - Microscopia in luce polarizzata
 - Microscopia elettronica (TEM, SEM)
 - Microscopia a sonda (AFM, STM)
- Fluorescenza
- Diffrazione:
 - Diffusione da solidi amorfi, liquidi e gas
 - Diffrazione da cristallo singolo (cenni)
 - Analisi qualitativa e quantitativa delle fasi da campioni policristallini
 - Metodi diffrattometrici con radiazioni non X
 - Misure di stress
 - Analisi della "tessitura" e delle dimensioni del particolato
- Nozioni fondamentali di cristallografia:
 - Simmetria in due e tre dimensioni
 - Reticoli cristallini, gruppi puntuali e gruppi spaziali
- misure calorimetriche

Testi consigliati:

- A. D. Krawitz, *Diffraction in material science and engineering*;
- P. J. Goodhew, F.J. Humphreys *Electron Microscopy and Analysis*;
- A. Guinier, *X-ray diffraction in crystals, imperfect crystals and amorphous bodies*.

CHIMICA DEI COMPOSTI DI COORDINAZIONE

Crediti didattici 6 (48 ore di lezioni)

Prof. Alessandro Ceriotti

Argomenti di carattere generale (1,5 CFU)

Introduzione e sviluppo storico. Cenni di nomenclatura. Numeri di coordinazione e relative geometrie. Classificazione dei leganti (monodentati, ambidentati, polidentati chelanti e macrociclici, eteri a corona e criptanti). Isomeria nei complessi (strutturale, stereoisomeria). Stabilità termodinamica e cinetica dei complessi (costanti di formazione parziali e globali, effetto chelante e macrociclico).

Descrizione dei principali leganti e complessi (1,5 CFU)

Leganti π (CO, isocianuro, cianuro, diazoto, NO). Leganti al fosforo (basicità, potere π -accettore, parametro elettronico, angolo conico). Complessi con legami multipli M-L (ossocomplessi, diossocomplessi, complessi imidici, nitrenici, nitrurici, complessi carbenici, carbinici). Complessi π con : alcheni, polieni, alchini, leganti enilici e polienilici, leganti carbociclici aromatici (C₃ – C₈). Alcolosi complessi e β -dichetonato complessi. Perosso e superosso complessi. Complessi con alogenuri a ponte. Complessi con leganti allo zolfo. Complessi di metalli alcalini con eteri a corona e criptanti (alcaluri, elettruri). Metalli alcalini in ammoniaca liquida. Numero di elettroni di valenza nei complessi (carica formale dei leganti e del metallo).

Metalli di transizione (3 CFU)

Proprietà dei metalli di transizione. Teoria del legame di valenza. Teoria del campo cristallino (complessi ottaedrici, tetraedrici, quadrato-planari, complessi ad alto e basso spin, spin crossover). Serie spettrochimica dei leganti. Distorsioni nei complessi (effetto Jahn-Teller). Teoria degli orbitali molecolari (complessi ottaedrici, tetraedrici, quadrato planari). Regola dei 18 elettroni di valenza nei complessi. Preparazione dei complessi. Riarrangiamenti strutturali nei complessi (reazioni di ridistribuzione e scambio, non rigidità stereochemica, flussionalità in complessi con leganti π e in complessi carbonilici). Principali tipi di reazioni nei cicli catalitici (addizione ossidativa, eliminazione riduttiva, migrazione-inserzione).

Reazioni di sostituzione nei complessi ottaedrici, tetraedrici e quadrato-planari, effetto cis, effetto trans, influenza trans. Correlazioni tra labilità/inerzia e configurazione elettronica di M. Reazioni di sostituzione in complessi organometallici e carbonilici. Reazioni di sostituzione in complessi a 17 e 19 elettroni. Electron transfer catalysis. Reazioni di trasferimento elettronico : meccanismo a sfera interna e a sfera esterna.

Testi consigliati

- Cotton, Wilkinson - *Advanced Inorganic Chemistry* - ed. Wiley-Interscience (1988) – 5^a ed.
- Huheey – *Inorganic Chemistry* - ed. Harper-Collins (1983) – 3^a ed. (capp.9-13)

STRUTTURISTICA CHIMICA

Crediti didattici 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Dott. Piero Macchi

(insegnamento disattivato nell'a.a. 2008-2009)

a) Simmetria cristallina

Struttura di gruppo su un insieme di elementi omogenei per proprietà. Elementi di simmetria e operazioni di simmetria. Rappresentazione matriciale delle operazioni di simmetria puntuale. Gruppi di simmetria puntuali. Operazioni di simmetria traslazionale: reticoli e spazi vettoriali. Compatibilità della simmetria puntuale con quella traslazionale: sistemi e classi cristallini, gruppi di simmetria spaziali o cristallografici. Notazione di Schönflies e di Hermann-Mauguin.

b) Diffrazione dei raggi X da parte dei cristalli

1. Produzione, assorbimento, diffusione dei raggi X.
2. Trasformata di Fourier: sovrapposizione di onde, fase ed ampiezza risultanti; spazio reale e reciproco; diffusione da parte di oggetti, ampiezza e fase della trasformata. Trasformata di un atomo e fattore diffondente atomico. Trasformata di 2, 4, 6 atomi (manubrio, quadrato, esagono); valutazione della trasformata e sue caratteristiche.
3. Trasformata di un cristallo: la funzione di diffrazione reticolare; condizioni di Laue, equazione di Bragg.
4. Intensità. Legge di Friedel, assenze sistematiche, uso delle tabelle internazionali.
5. Strumentazione per le tecniche diffrattometriche per polveri e cristallo singolo.
6. Cenni sul problema della fase: serie di Patterson e metodi diretti.

Durante il corso verranno proposte alcune esercitazioni in aula.

Testi consigliati

- A.Immirzi, *La Diffrazione dei Cristalli*, Liguori Editore
- Giacovazzo et al., *Fundamentals of Crystallography*, Oxford Science Publications
- J.P.Glusker, K.N.Trueblood, *Crystal Structure Analysis. A Primer*, Oxford University Press
- G.H.Stout, L.H.Jensen, *X-Ray Structure Determination. A practical guide*, The Mac Comp.
- Azaroff, *Elements of X-Ray Crystallography*, McGraw-Hill

CHIMICA FISICA (COMPLEMENTI)

crediti didattici 6

Prof. Emanuele Ortoleva

Spazi lineari Sistemi di coordinate: Sistemi di coordinate cartesiane e curvilinee. Fattori di scala. Trasformazioni da un sistema di coordinate all'altro.

Spazi lineari e operatori lineari: Spazi [scalare. Insiemi ortonormali completi. Operatori lineari, invertibilità, commutatori.

Rappresentazione matriciale di un operatore. Operatori aggiunti, hermitiani, unitari. Spazi lineari infiniti, funzioni a quadrato sommabile. Convergenza in media. Cenni sull'integrazione secondo Lebesgue. Spazi di Hilbert..

Serie e trasformate di Fourier Serie di Fourier: Proprietà. Convergenza delle serie. Serie in tre dimensioni.

Funzione Delta di Dirac: Successioni δ e convergenza debole. Proprietà della δ . Rappresentazione in serie di Fourier e rappresentazione integrale. δ in tre dimensioni.

Trasformate di Fourier: Trasformata e trasformata inversa e loro proprietà. Trasformata della δ di Dirac. Teorema della convoluzione. Esempi di convoluzione. Teorema integrale di Fourier. Il teorema della larghezza di banda. Trasformate in tre dimensioni.

Applicazioni delle serie e trasformate di Fourier Spettro di una radiazione e il fenomeno della diffrazione in generale. Reticolo reciproco e fattore di struttura di un cristallo. Allargamento di una riga in spettroscopia. Funzioni d'onda nello spazio delle coordinate e funzione d'onda nello spazio dei momenti.

Equazioni differenziali

Equazioni differenziali alle derivate parziali: Problemi differenziali lineari, omogenei e non omogenei. Separazione delle variabili. Principio di sovrapposizione. Soluzione mediante sviluppo in serie di Fourier. Il problema di Sturm-Liouville:

Condizioni di hermitianità. Segno degli autovalori. Completezza delle soluzioni polinomiali. Soluzione del problema non omogeneo. Esempi di soluzioni di equazioni differenziali: l'equazione delle onde. Equazioni della diffusione e del calore, equazione della continuità per una funzione d'onda quantistica. Equazione di Schroedinger per una particella in un campo centrale.

Bibliografia

Oltre alle dispense del corso possono essere consigliati uno dei seguenti testi:

- K.F.Riley, *Mathematical Methods for the Physical Science*, Cambridge University Press, Cambridge, 1974.
- E.Butkov, *Mathematical Physics*, Addison-Wesley Publishing Co., Cambridge, Mass., 1968

CHIMICA COMPUTAZIONALE

crediti didattici 6

Prof. Maurizio Sironi

L'obiettivo del corso è di fornire una panoramica dei metodi attualmente utilizzati nell'ambito della simulazione di sistemi di interesse chimico. Il notevole sviluppo dei metodi di simulazione in questi ultimi anni è stato infatti reso possibile non solo dalla sempre più facile disponibilità di potenza di calcolo, ma anche dallo sviluppo di potenti algoritmi di simulazione. Si è così giunti a poter disporre di tecniche che possono essere utilizzate per affrontare problemi di grande interesse quali il drug design, il riconoscimento molecolare, la progettazione di nuovi materiali.

Il corso di Chimica Computazionale vuole fornire alcuni elementi per poter affrontare queste tematiche e di acquisire familiarità con l'utilizzo dei programmi di informatica chimica più in uso.

Costruzione di un potenziale inter ed intra molecolare ed utilizzo della densità elettronica (12 ore) - Il metodo della Meccanica Molecolare. Metodi quantistici. Metodi semi-empirici. I metodi misti Quantum Mechanics/ Molecular Mechanics per lo studio di grossi sistemi molecolari. Utilizzo della densità elettronica per definire le superfici molecolari, per lo studio della similitudine molecolare e per il riconoscimento molecolare. Cenno ai metodi di partizionamento della densità elettronica.

Metodi di simulazione molecolare (8 ore) - Il metodo della dinamica molecolare. La tecnica MonteCarlo.

Analisi conformazionale per molecole di interesse biologico ed utilizzo delle tecniche di drug design (8 ore) - Il problema dell'analisi conformazionale per sistemi con un elevato numero di gradi di libertà. I metodi random search. Gli algoritmi genetici. Applicazioni nel campo dei peptidi e delle proteine. La progettazione di un farmaco. Similitudine molecolare.

Le tematiche affrontate a lezione saranno oggetto di alcune esperienze al calcolatore (12 ore)

Testi consigliati:

- *Molecular Modelling (Principles and Applications)*, A.R.Leach, Addison Wesley Longman (1996)

CHIMICA TEORICA (QUANTISTICA)

Crediti didattici 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof. Gian Franco Tantardini

Gli strumenti matematici della meccanica quantistica

Algebra delle matrici e degli operatori lineari. Operatori normali, hermitiani, unitari. Autovalori, autovettori ed autofunzioni. La trasformazione di Fourier. Uso della notazione di Dirac. Distribuzioni di probabilità.

I fondamenti della Meccanica Quantistica

I postulati della Meccanica Quantistica. Teoria della misura in Meccanica quantistica. L'equazione di Schroedinger. Il principio di Heisenberg. Pacchetto d'onda e sua evoluzione. La buca e la barriera di potenziale. L'oscillatore armonico nelle diverse rappresentazioni: della coordinata spaziale, della quantità di moto, matriciale. L'uso degli operatori di salita e di discesa.

Particella in campo centrale

Teoria generale del momento angolare. Fattorizzazione dell'equazione di Schroedinger. Risoluzione dell'equazione radiale per l'atomo di idrogeno.

Tecniche di approssimazione

Il principio variazionale. Il problema secolare. Teoria delle perturbazioni statiche: correzioni al primo e secondo ordine. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo.

Spin ed antisimmetria

L'esperienza di Stern e Gerlach. Operatori di spin. Autofunzioni di spin: le autofunzioni genealogiche e di Rumer. Il determinante di Slater.

Struttura elettronica degli atomi a più elettroni

Il metodo di Hartree-Fock. Gli orbitali atomici. Correlazione elettronica. Addizione dei momenti angolari. Interazione spin-orbita. Configurazioni, termini e livelli atomici.

Struttura elettronica delle molecole

L'approssimazione di Born-Oppenheimer. Gli orbitali molecolari. Le equazioni di Roothaan.

ELETTROCHIMICA

crediti didattici 6 (4.5 CFU di lezioni + 1.5 CFU di esercitazioni)

Prof. Leonardo Formaro

Elettrodica.

Equilibrio tra un metallo e soluzioni di un suo sale. Reazioni di scambio di materia e di carica. Potenziale elettrochimico. Potenziale di elettrodo. Tipologie d'elettrodo e classificazione.

Celle galvaniche. Reazioni chimiche di cella. Leggi di Faraday. Potenziale di cella. Equilibrio chimico ed elettrochimico di reazione. Equazione di Nernst. Potenziali Standard. Coefficienti di attività. Funzioni termodinamiche di stato.

Condizioni di non-equilibrio elettrochimico. Elettrolizzatori e Generatori di corrente (pile, batterie). Rendimenti energetici.

Velocità di reazione. Velocità del trasferimento di elettroni. Complesso attivato. Effetti del potenziale d'elettrodo. Sovratensione. Equazione di Butler-Volmer. Livelli energetici dei reagenti. Teoria di Marcus. Metodi di indagine.

Interfase Elettrodo-Soluzione.

Interfase polarizzabile e impolarizzabile. Tensione superficiale, densità di carica e capacità. Modelli di doppio strato. Adsorbimento specifico.

Soluzioni.

Solvatazione. Modello di Born. Funzioni di stato di elettroliti. Elettroliti deboli ed elettroliti forti. Attività ionica. Teoria di Arrhenius. Teoria di Debye-Huckel, legge limite ed estesa. Associazione ionica. Numeri di trasporto. Conducibilità, Mobilità e Diffusione ionica.

Membrane. Potenziale di membrana.

Processi Elettrochimici.

Generatori di corrente. Elettrolisi del cloruro sodico (Cloro-Soda: Celle a diaframma, ad amalgama e a membrana. Celle a membrana con catodo a ossigeno). Estrazione e purificazione di metalli. Elettrolisi in sali fusi. Elettrolisi dell'acqua e tecnologia dell'idrogeno.

Sintesi elettroorganica. Adiponitrile, processo Monsanto.

Elettrodialisi. Elettroforesi.

Impieghi analitici. Sensori elettrochimici.

Testi consigliati

- C. Fisher, "Electrode Dynamics", Oxford Science Publications, 1996.
- C. M. A. Brett, A. M. Oliveira Brett, "Electrochemistry", Oxford University Press, 1994.
- H. Hamann, A. Hamnett, W. Vielstich, "Electrochemistry", Wiley-VCH, 2007.

CHIMICA ORGANICA (APPLICATA)

Crediti didattici 6 (48 ore di lezioni)

Modulo A: Prof. Cesare Gennari Modulo B: Prof.ssa Anna Bernardi

Modulo A (CFU 3; ore 24)

- Protezione di gruppi funzionali (doppio legame, triplo legame, OH, NH₂, CO, CO₂H); sintoni e gruppi mascheranti un gruppo funzionale.
- Reazioni di ossidazione (ossidazioni di alcoli ad aldeidi, chetoni ed acidi carbossilici; ossidazioni con reagenti stechiometrici o con metalli di transizione; addizioni di ossigeno ai doppi legami carbonio-carbonio; epossidazione degli alcheni con peracidi; epossidazione di Sharpless, diossidrilazione di Sharpless, ammino-ossidrilazione di Sharpless; trasformazione degli epossidi; reazioni degli alcheni con ossigeno singoletto; decarbossilazione ossidativa; scissione dei doppi legami carbonio-carbonio; ossidazione allilica; ossidazione di carboni non funzionalizzati).

Modulo B (CFU 3; ore 24)

- Reazioni di riduzione (addizione di idrogeno; idrogenazione catalitica; altri reagenti che trasferiscono idrogeno; reazioni con idruri del III e IV gruppo; reazioni di idroborazione; riduzioni con metalli in soluzione; deossigenazione riduttiva di gruppi carbonilici).

- analisi retrosintetica e strategia di sintesi (composti 1,2/1,3/1,4/1,5/1,6 difunzionalizzati).

Testi consigliati:

- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry*, IV Edition, Part B, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.
- Stuart Warren – *Organic Synthesis :The Disconnection approach*. John Wiley and Sons, 1985.
- Stuart Warren – *Workbook for Organic Synthesis :The Disconnection approach*. John Wiley and Sons, 1985.

SINTESI E TECNICHE SPECIALI ORGANICHE

Crediti didattici 6

insegnamento disattivato dall'a.a. 2003-2004

CHIMICA DELLE SOSTANZE ORGANICHE NATURALI

Crediti didattici 6

Prof.ssa Giovanna Speranza

Metaboliti secondari

- Principali reazioni *in vivo*: aspetti meccanicistici e stereochimici. Reazioni redox, ioniche e radicaliche. Cammini biosintetici e strategie biosintetiche. Metodi di indagine nello studio della biosintesi delle sostanze naturali. Uso di traccianti: radioisotopi e isotopi stabili.
- *Terpeni* – classificazione. Regola isoprenica strutturale. Regola isoprenica biogenetica. Isoprene attivo. Acido mevalonico ed emiterpeni. Monoterpeni cicloesani ed iridoidi. Sesquiterpeni. Diterpeni. Triterpeni. Carotenoidi.
- *Steroidi* – Trasformazione del lanosterolo in colesterolo. Steroidi naturali. Fitosteroli. Veleni cardiaci. Saponine. Ormoni degli insetti. Corticosteroidi. Progestinici. Androgeni. Estrogni.
- *Fenilpropanoidi* – Derivati della fenilalanina via acido cinnamico. Fenilpropanoidi. Lignani. Lignine. Neoflavonoidi. Isoflavonoidi.
- *Polichetidi* – Naftochinoni ed antrachinoni. Antibiotici.

Metaboliti primari

- *Proteine* – Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine.
- *Carboidrati* – Monosaccaridi: classificazione e struttura; mutarotazione; reazione dei gruppi ossidrilici; reazioni al centro anomero. Disaccaridi: saccarosio, maltosio, lattosio. Oligosaccaridi: ciclodestrine. Polisaccaridi: amido e cellulosa.
- *Nucleotidi* – RNA e DNA: struttura, biosintesi e trasmissione dell'informazione.
- *Lipidi* – acidi grassi saturi, insaturi e di struttura insolita. Fosfolipidi. Prostaglandine, tromboxani e leucotrieni: struttura e rilevanza biologica..

Testi consigliati:

- P. M. Dewick, *Medicinal Natural Products. A Biosynthetic Approach*, Wiley, Chichester, 1997
- P. Manitto, G. Speranza, *Elementi di Chimica delle Sostanze Organiche Naturali*, Libreria CLUED, Milano 2001

CHIMICA DEI COMPOSTI ETEROCICLICI

Crediti didattici 6

Prof. Piero Dalla Croce

I composti eterociclici rappresentano una parte significativa della chimica organica di base e durante il corso saranno esaminati i metodi di sintesi e la reattività dei principali sistemi eterociclici.

La trattazione verterà su:

1. Nomenclatura dei sistemi eterociclici. Sistemi a tre e quattro termini contenenti azoto, ossigeno e zolfo: preparazione, reattività, reazioni d'apertura e uso in sintesi. (14 ORE)
2. Sistemi eteroaromatici: definizione di eteroaromaticità, classificazione in elettronricchi ed elettronpoveri, orbitali molecolari. Previsione di reattività con il metodo FMO, controllo di carica e di frontiera, reazioni di cicloaddizione 1,3-dipolari. (6 ORE)
3. Furano, tiofene, pirrolo, isossazolo, imidazolo e benzoderivati: principali schemi di sintesi, metodi di funzionalizzazione e reazione di metallazione. Riduzioni ed ossidazioni, sostituzioni elettrofile. Cenni a derivati di origine naturale (triptofano, porfirine, clorofilla, ecc.). (8 ORE)
4. Piridina, chinolina, isochinolina, 1,2-, 1,3-, 1,4-diazine, purine: approcci sintetici, comportamento agli elettrofili e nucleofili. N-ossidazione e reattività generale dei N-ossidi. Comportamento di alcuni gruppi funzionali. Prodotti naturali di particolare interesse (acido urico, caffeina, guanina, ecc.). (8 ORE)
5. Gli eterociclici quali sintoni nella sintesi organica. (4 ORE)

6. Esercitazioni sulla sintesi di derivati eterociclici. (8 ORE)

Testi consigliati:

- G. A. Pagani, A. Abotto, *Chimica Eterociclica*, Ed. Piccin, 1995.
- A. R. Katritzky, *Handbook of heterocyclic chemistry*, Pergamon Press, 1986.

CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE

Crediti didattici 6

Prof. Giuseppe Di Silvestro

Analogie e differenze tra sintesi di un polimero e sintesi di un prodotto (organico) a basso peso molecolare. Concetto e base chimica della distribuzione dei pesi molecolari; definizioni di masse molecolari medie di un polimero e metodi generali per la loro determinazione. Schema generale della polimerizzazione per policondensazione. Schema generale della polimerizzazione per poliaddizione. Elementi di stereochemica dei polimeri ed applicazione alla polimerizzazione coordinata. Elementi caratteristici dell'analisi spettroscopica dei polimeri. Copolimerizzazione e controllo della microstruttura di un copolimero. Proprietà termiche dei polimeri; degradazione e stabilizzazione dei polimeri. Proprietà meccaniche dei polimeri. Uso delle proprietà termiche e meccaniche nella tecnologia di trasformazione dei polimeri. Cenni sui principali processi industriali di sintesi di polimeri (con esempi).

METODI FISICI IN CHIMICA ORGANICA

Crediti didattici 6 (5 CFU per 40 ore di lezioni + 1 CFU per 16 ore di esercitazioni)

Prof. Giordano Lesma

Parte I. La Spettroscopia di Risonanza Magnetica Nucleare (24 ore) il concetto di spin, nuclei spin attivi in un campo magnetico. Teoria del chemical shift e sua dipendenza dai fattori strutturali di una molecola. L'accoppiamento di spin H-H, C-H e C-C. Omotopia ed enantiotopia. Equivalenza chimica e magnetica di nuclei. Ordine di uno spettro RMN. Cenni sui sistemi di spin di ordine superiore. Equazione di Bloch per M_y ed il passaggio da sistema ad onda continua a sistema pulsato. Il rilassamento nucleare. I segnali nel dominio del tempo e della frequenza: la trasformata di Fourier. Disaccoppiamento omo- e etero nucleare selettivo e a banda larga. L'effetto nucleare Overhauser. L'esperimento di spin echo come introduzione alle sequenze pulsate monodimensionali. Esperimenti INEPT e DEPT. Brevi cenni introduttivi di spettroscopia bidimensionale correlata eteronucleare (H,C-COSY) ed omonucleare (H,H-COSY). L'esperimento NOESY.

Esercizi sulla interpretazione degli spettri RMN ad alta risoluzione come applicazione e verifica delle nozioni teoriche apprese (8 ore).

Testi consigliati:

- H. Friebolin, *Basic One- and Two-Dimensional NMR Spectroscopy*, VCH.
- B. Danieli e G. Lesma, *Equivalenza magnetica e classificazione dei sistemi di spin*, Dispensa CUSL, 1992.
- G. Lesma e B. Danieli, *Guida alla interpretazione degli spettri di RMN: esercizi e problemi*. Dispensa CUSL, 1992.

Parte II: La Spettrometria di Massa (16 ore):

Concetti di base. Descrizione di uno strumento EI/E-B a geometria diretta e inversa. Sorgenti CI. Ionizzazione di grandi molecole: FAB e FIB, PDMS, thermospray, electrospray. Analizzatore a deflessione magnetica e a tempo di volo. Rivelatori. Introduzione del campione. Cenni di LC-MS. Risoluzione di uno strumento MS. Determinazione della composizione isotopica di uno ione mediante peakmatching ed HRMS. Analisi dello spettro: lo ione molecolare e picchi di frammentazione. Le principali frammentazioni: σ , α , i, rH e rG.

Esercitazione sulla interpretazione degli spettri MS-EI come applicazione dei concetti esposti nel corso delle lezioni teoriche e come metodo di verifica dell'apprendimento (8 ore).

Testi consigliati:

- J. R. Chapman, *Practical Organic Mass Spectrometry*, Wiley, London.
- M E. Rose and R. A. W. Johnstone, *Mass Spectroscopy for Chemists and Biochemists*, Cambridge University Press, Cambridge.
- E. De Hoffmann, J. Charette, V. Stroobant, *Mass Spectrometry. Principles and Applications*, Wiley Masson, London.

ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA

insegnamento	docente
Istituzioni di Matematiche	Stefania De Stefano
Chimica Generale e Inorganica	Sergio Cenini
Laboratorio Chimica Generale e Inorganica Corso A	Fabio Ragaini
Laboratorio Chimica Generale e Inorganica Corso B	Alessandro Caselli
Fisica Generale I	Alessandro Podestà
Chimica Organica I	Francesco Sannicolò
Laboratorio Chimica Organica I corso A	Giovanna Speranza
Laboratorio Chimica Organica I corso B	Clelia Giannini
Laboratorio Chimica Organica I corso C	Danelie Passarella
Chimica Analitica I	Patrizia Mussini
Laboratorio Chimica Analitica I corso - Corso A	Luigi Falciola
Laboratorio Chimica Analitica I corso - Corso B	Claudia Dragonetti
Calcolo Numerico	Claudio Verdi
Laboratorio Informatico	Sabrina Gaito
Chimica fisica I	Maurizio Sironi
Laboratorio Chimica fisica I Corso A	Silvia Ardizzone
Laboratorio Chimica fisica I Corso B	Mariangela Longhi
Laboratorio Chimica fisica I Corso C	Alberto Vertova
Laboratorio Chimica fisica I Corso A	Silvia Ardizzone
Laboratorio Chimica fisica I Corso B	Mariangela Longhi
Laboratorio Chimica fisica I Corso C	Alberto Vertova
	Lucia Carlucci
Laboratorio Chimica Inorganica I Corso A	Alessandro Ceriotti
Laboratorio Chimica Inorganica I Corso B	Alessandro Pasini
Fisica Generale II	Giulia Luisa Masserini Marco Potenza
Chimica Analitica II	Silvia Bruni
Laboratorio di Chimica Analitica II Corso A	Gianmaria Zanderighi
Laboratorio di Chimica Analitica II Corso B	Vittoria Guglielmi
Laboratorio di Chimica Analitica II Corso B	Vittoria Guglielmi
Chimica Organica II	Bruno Danieli
Laboratorio Chimica organica II corso A	Giordano Lesma
Laboratorio Chimica organica II corso B	Paola Del Buttero
Sicurezza e Legislazione in Ambito Chimico	Paolo Cardillo
Controllo Qualità e Certificazione	Marina Perego
Chimica Fisica II	Leonardo Formaro
Laboratorio di Chimica Fisica II Turno A	Riccardo Destro
Laboratorio di Chimica Fisica II Turno B	Elena Selli
Chimica Biologica	Zippel Renata
Chimica dell'Ambiente	Gianmaria Zanderighi
Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	Angelo Sironi
Chimica dei Composti di Coordinazione	Alessandro Ceriotti
Strutturistica Chimica	Insegnamento non attivato per l'a.a. 2008-2009
Chimica Fisica (complementi)	Emanuele Ortoleva
Chimica Computazionale	Maurizio Sironi
Chimica Teorica (quantistica)	Gian Franco Tantardini
Elettrochimica	Leonardo Formaro
Chimica Organica (applicata)	Cesare Gennari Anna Bernardi
Sintesi e Tecniche Speciali Organiche	(disattivato a.a. 03-04)
Chimica delle Sostanze Organiche Naturali	Giovanna Speranza
Chimica dei Composti Eterociclici	Piero Dalla Croce
Chimica delle Macromolecole	Giuseppe Di Silvestro

Metodi Fisici in Chimica Organica	Giordano Lesma
-----------------------------------	----------------

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE

NOTE ILLUSTRATIVE PER IL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA INDUSTRIALE

Il corso di laurea in Chimica Industriale appartiene alla classe delle lauree in Scienze e Tecnologie Chimiche, Classe 21. Si svolge nella Facoltà di Scienze M.F.N.

Il corso di laurea ha l'obiettivo di fornire agli studenti un'adeguata conoscenza dei diversi settori della chimica, negli aspetti di base e in quelli applicativi di interesse industriale, e di formarli a svolgere compiti di sviluppo di prodotti e di processi, con il passaggio dalla scala di laboratorio a quella industriale. Il laureato in Chimica Industriale potrà svolgere compiti gestionali, di conduzione e controllo di impianti, funzioni di tecnico ambientale. Potrà anche operare in un ufficio brevetti, senza escludere l'insegnamento e la formazione, nonché l'occupazione in uffici pubblici nei settori chimici e affini; se lo vorrà, potrà proseguire gli studi universitari in una delle Lauree specialistiche del settore.

La laurea in Chimica Industriale si propone di fornire gli strumenti culturali per ricercare, sviluppare e produrre per la società nei campi della salute, dell'alimentazione, della cosmesi, dell'ambiente, dell'energia, delle comunicazioni, dell'arredamento, dell'automobile.

Per l'ammissione al corso di laurea si applicano le disposizioni previste dal Regolamento didattico d'Ateneo, parte prima - art. 5, dal Regolamento della Facoltà di Scienze M.F.N. e dal Regolamento didattico del CL.

La durata normale del corso di laurea in Chimica Industriale è di tre anni.

L'itinerario didattico è articolato in sei semestri e prevede nei primi due anni l'acquisizione di una solida preparazione di base sia nelle materie chimiche (chimica analitica, chimica fisica, chimica inorganica, chimica organica) sia in matematica, fisica e informatica. Il terzo anno è dedicato in larga misura ad attività professionalizzanti, sia con insegnamenti specifici (chimica industriale, chimica fisica industriale, processi e impianti chimici), sia con un tirocinio applicativo e con la prova finale a questo connessa.

L'attività didattica comprende 60 CFU/anno, per un totale di 180 crediti complessivi. Questa attività consiste in lezioni, esercitazioni numeriche nonché un notevole numero di laboratori per attività sperimentali spesso a banco singolo. Almeno il 60% dell'impegno orario complessivo dello studente è riservato ad attività di tipo individuale, ivi incluso il tirocinio.

Le attività corrispondenti al tirocinio sono svolte, di preferenza, presso aziende ed enti, mediante stipula di apposite convenzioni; in difetto, presso i laboratori dell'Università di Milano o di altra Università.

ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI

La numerazione < > si riferisce al numero degli esami da sostenere. Gli insegnamenti indicati con lo stesso numero prevedono un unico voto d'esame.

PRIMO ANNO

1° Semestre				
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>	<i>SSD</i>
F46001	Istituzioni di Matematiche	9	<1>	MAT/05
F46002	Chimica Generale ed Inorganica	7	<2>	CHIM/03
	Laboratorio di Chimica Generale ed Inorganica	5		
F45015	Prova di Lingua Inglese	3	<prova 1>	
F46004	Laboratorio di Informatica	3	<3>	INF/01
2° Semestre				
F46005	Chimica Analitica	7	<4>	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica	5		
F46006	Fisica Generale	9	<5>	FIS/01
F46007	Calcolo Numerico	7	<6>	MAT/08
	Corso a scelta	5	<7>	

SECONDO ANNO

1° Semestre				
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>	<i>SSD</i>
F46008	Chimica Organica 1° corso	7	<8>	CHIM/06
F46009	Chimica Fisica	7	<9>	CHIM/02
	Laboratorio di Chimica Fisica	5		
F46010	Chimica Inorganica	8	<10>	CHIM/03
F46023	Economia e Gestione delle Imprese	5	<11>	SECS-P/08
2° Semestre				
F46008	Laboratorio di Chimica Organica 1° corso	5	<8>	CHIM/06
F46011	Chimica Analitica Strumentale	7	<12>	CHIM/01
	Laboratorio di Chimica Analitica Strumentale	5		
F46012	Chimica Organica 2° corso	7	<13>	CHIM/06
F46010	Laboratorio di Chimica Inorganica	4	<10>	CHIM/03

TERZO ANNO

1° Semestre				
<i>codice</i>	<i>insegnamento</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>esami e prove</i>	<i>SSD</i>
F45034	Chimica Biologica	6	<14>	BIO/10
F46016	Chimica Fisica Industriale	7	<15>	CHIM/02
F46017	Chimica Industriale	7	<16>	CHIM/04
	Laboratorio di Chimica Industriale	4		
F46018	Laboratorio di Chimica Organica II	5	<17>	CHIM/06
2° Semestre				
F46019	Processi e Impianti Industriali Chimici	7	<18>	ING-IND/25
	Laboratorio di Processi e Impianti Industriali Chimici	4		
	Corso a scelta	5	<19>	<19>
	Tirocinio	9		
	Prova finale	6	<prova 2>	

Corsi a scelta proposti e piano studi

Dieci crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti tra quelli attivati presso la Facoltà di Scienze M.F.N. o altre Facoltà ("Corso a scelta" delle precedenti tabelle). Per una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, si propongono i seguenti corsi:

- Sicurezza nell'ambiente di lavoro e strumentazione chimica (raccomandato al 1° anno) 5 CFU (I modulo 3 CFU CHIM/06 + II modulo 2 CFU CHIM/04) - F46013
- "Gestione Aziendale (1° modulo, 3 CFU SECS-P/07) e Diritto Industriale (2° modulo, 2 CFU IUS/04)" (raccomandato al 3° anno) - F46022

Gli studenti che, essendo iscritti nell'a.a. 2002-03 al 2° anno, hanno scelto sulla base del Manifesto degli studi a.a. 2002-03 come corso opzionale "Gestione Aziendale" (5 CFU), se non hanno ancora superato il corrispondente esame potranno modificare il loro Piano di studi per sostituire "Gestione Aziendale" con "Gestione Aziendale e Diritto Industriale" (5 CFU), ma in questo caso dovranno frequentare le lezioni relative a Diritto Industriale (2 CFU).

Propedeuticità.

L'esame di "Chimica fisica industriale" deve essere sostenuto prima di quello di "Processi e impianti industriali chimici e laboratorio". L'esame di "Chimica organica 1° corso" deve essere sostenuto prima di quelli di "Chimica organica 2° corso" e di "Chimica industriale". Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

Insegnamenti disattivati

- Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2003-2004
 1. F46020 Economia, Organizzazione Aziendale - Diritto Industriale
 2. F46014 Gestione aziendale
- Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2005-2006
 1. Economia e Organizzazione Aziendale
- Insegnamenti disattivati dall'a.a. 2006-2007
 1. F46015 Chimica Biologica
 2. F46003 Prova di Lingua Inglese

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PRIMO ANNO

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 9

Prof. Clemente Zanco

Il corso di Istituzioni di Matematiche si propone di fornire allo studente i concetti matematici e le tecniche di calcolo di più frequente utilizzo nelle applicazioni. Lo studente che inizia il corso deve conoscere le nozioni di base comprese nell'apposita lista o seguire il corso di azzeramento (vedere progetto MiniMat nel Manifesto degli Studi). Non è invece indispensabile avere seguito in precedenza corsi di Analisi Matematica.

I numeri: interi, razionali, reali; ordinamento; potenze e radicali, esponenziali e logaritmi; numeri complessi. (1 CFU)

Vettori e matrici, sistemi lineari: operazioni fra vettori; rette e piani nello spazio; matrici e loro algebra, determinanti; autovalori e autovettori. (2 CFU)

Successioni e serie: successioni e loro limiti, monotonia, confronti, limiti notevoli; cenno alle serie numeriche.

Funzioni di una variabile reale: limiti, continuità, asintoti; funzioni elementari e loro grafici; composta e inversa. (1 CFU)

Calcolo differenziale in una variabile: derivate, massimi e minimi, studi di funzione; formula e serie di Taylor. (2 CFU)

Calcolo integrale in una variabile: Integrale definito, primitive (immediate, per decomposizione, sostituzione e per parti), teorema fondamentale che li collega; applicazioni fisiche e geometriche; integrali generalizzati. (1CFU)

Funzioni di più variabili: derivate parziali, gradiente, Hessiano; ottimizzazione in due variabili. (1CFU)

Equazioni differenziali ordinarie: del primo ordine lineari e a variabili separabili, del secondo ordine lineari a coefficienti costanti; condizioni iniziali, teorema di esistenza e unicità. (1CFU)

Testi consigliati:

- per il Precorso: F. Buzzetti e B. Lussi: Elementi di Matematica per l'accesso alle facoltà scientifiche. Ed. Città Studi. - *Materiale didattico on-line relativo al progetto MINIMAT* (Matematica di base)
- per il Corso: C. Pagani e S. Salsa: MATEMATICA. Ed. Zanichelli.
- *Materiale didattico on-line relativo al progetto MATASS* (Matematica assistita)
- Eserciziario: B.P. Demidovic: *Esercizi e problemi di Analisi Matematica*. Editori Riuniti
- Il materiale didattico on-line e' accessibile da: <http://ateneo.ctu.unimi.it/>

CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 7

Prof. Michele Rossi

Struttura atomica della materia. Il legame chimico. Proprietà generali della materia. Termochimica. Acidi e basi. Sistemi elettrochimici. Risorse naturali. Elementi e loro composti.

LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 5

Prof. Guido Banditelli

Il corso, mirato a padroneggiare aspetti fondamentali e di uso più comune trattati nel corso di Chimica Generale, è basato sui principi del calcolo stechiometrico da acquisire mediante esercitazioni numeriche e esperimenti in laboratorio.

Si affronteranno i seguenti argomenti (48 h):

1. Grandezze fisiche e unità di misura (1 h): sistemi internazionali di misura; equazioni dimensionali; cifre significative.
2. Formule chimiche (1 h).
3. La mole, pesi atomici e molecolari (2 h).
4. Equazioni chimiche e bilanci di massa (10 h): bilancio di reazione; resa di reazione e agente limitante; bilancio in reazioni tra ioni e di ossidoriduzione.
5. Soluzioni (5 li): modi di esprimere le concentrazioni; equivalenti chimici in reazioni acido- base e di ossidoriduzione; diluizioni e miscelamenti; impiego delle soluzioni titolate.
6. Gas ideali (5 h): leggi dei gas ideali; miscugli gassosi.
7. Soluzioni ideali, proprietà colligative (2 h): legge di Raoult; ebullioscopia, crioscopia; pressione osmotica.
8. Termochimica (1 h): calorimetria, legge di Hess, bilancio termico.
9. Equilibrio chimico (6 h): principi generali e costanti di equilibrio; influenza delle variabili esterne; equilibri omogenei ed eterogenei; grado di dissociazione e di avanzamento; equilibri tra ioni, formazione e dissociazione di ioni complessi.
10. Equilibrio acido-base in soluzioni acquose (10 h): scala PII; calcoli di pH e di composizione in soluzioni di specie mono- e poliprotiche e in miscele.
11. Solubilità e prodotto di solubilità (5 h): soluzioni sature; precipitazione e dissoluzione; equilibri multipli per specie poco solubili: ioni in comune, acidità, agenti complessanti.

Esercitazioni in laboratorio (32h)

Strettamente connesse alle esercitazioni numeriche, comportano l'acquisizione di tecniche sperimentali di base mediante esperimenti, in banco singolo, di sintesi, purificazione e reattività di diversi composti e l'uso di soluzioni titolate.

Testi consigliati

- M. Freni, A. Sacco, *Stechiometria*, Ed. Ambrosiana
- L. Rosenberg, *Chimica Generale*, Collana Schaum Ed. ETAS Libri
- P. Michelin-Lauserot, G.A. Vaglio, *Fondamenti di Stechiometria*, Ed. PICCIN

PROVA DI LINGUA INGLESE

Crediti didattici 3

Vedi le istruzioni riportate nelle Informazioni Generali sui corsi chimici al paragrafo "Verifica della conoscenza della lingua inglese".

LABORATORIO DI INFORMATICA

Crediti didattici 3

Dott.ssa Raffaella Lanzarotti

Vedi programma del corso "Laboratorio Informatico" del corso di laurea in Chimica.

CHIMICA ANALITICA

Crediti didattici 7

Prof.ssa Patrizia Mussini

Parte 1

Concetti propedeutici. La Chimica Analitica: definizione, storia, rilevanza. Metodi analitici. Campionamenti. Elementi di teoria degli errori. Termodinamica delle soluzioni: scale di concentrazione, forza ionica, attività, coefficienti di attività. Termodinamica elettrochimica: sistemi elettrochimici, legge di Nernst, pile ed elettrodi ionoreversibili, scala dei potenziali elettrochimici.

Parte 2

Analisi volumetrica. I metodi di titolazione: definizioni, classificazione, standard. Titolazioni acido/base, per precipitazione, per complessazione, redox: descrizione matematica esatta ed approssimata dei corrispondenti equilibri e diagrammi di titolazione, e casistica sperimentale.

Parte 3

Elettroanalisi. Conduttimetria: trasporto elettrico in soluzione; conduttimetro e cella conduttimetrica; titolazioni conduttimetriche. Potenzimetrica: attività di singoli ioni; potenziali interliquidi; ponti salini ed elettrodi di riferimento; potenziali di membrana ed elettrodi ionoselettivi (ISE); equazione operativa della pNometria; parametri che descrivono le prestazioni degli ISE; il mVmetro/pHmetro; titolazioni potenziometriche; misura di pH in solventi non acquosi; potenziale redox, indice rH; durezza delle acque. Voltammetria: elementi di cinetica elettrochimica; relazioni potenziale/corrente per casi semplici; segnali stazionari e non, reversibilità, adsorbimenti, correnti faradiche e capacitive; strumentazione; voltammetria ciclica; polarografia; tecniche pulsate; metodi di stripping per la determinazione di ioni in tracce. Amperometria: metodo di Karl Fischer per la determinazione di acqua in tracce.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA

Crediti didattici 5

Prof.ssa Patrizia Mussini

- *Lezioni:* norme di sicurezza, good laboratory practice, illustrazione delle metodiche delle esperienze di laboratorio; richiami sulle tecniche elettroanalitiche [Totale 8 ore]
- *Esercitazioni numeriche* su preparazione di soluzioni a titolo noto, calcoli relativi a titolazioni, elaborazione e trattamento statistico dei dati analitici. [Totale 12 ore]
- *Esercitazioni pratiche:*
 - *Analisi volumetrica:* preparazione di soluzioni standard, titolazioni acido/base (standardizz. di NaOH con KHP, di HCl con TRIS, determ. dell'acidità di un aceto per titolaz. con NaOH), titolazioni con formazione di complessi (standardizz. di EDTA con ZnO, tit. di Ca²⁺ e Mg²⁺ con EDTA), titolazioni per precipitazione (standardizz. di AgNO₃ con KCl secondo metodo di Mohr e secondo metodo di Fajans, determinazione dei cloruri con i due

- metodi), titolazioni per ossidoriduzione (standardizz. del sodio tiosolfato con potassio iodato, titolaz. iodometrica dell'acido ascorbico) [Totale 24 ore]
- *Conduttimetria*: taratura del conduttimetro, misure dirette di conducibilità specifica e molare, titolazioni conduttimetriche acido/base (HCl, HCl +CH₃COOH con NaOH) [Totale 4 ore]
 - *Potenzimetria*: costruzione di elettrodo ionoselettivo, sua retta di taratura e uso per determinazione diretta di plone; standard e misure dirette di pH, titolazioni acido/base (HCl con NaOH, HCl +CH₃COOH con NaOH, HCO₃⁻ con HCl) seguite per pH-metria, con riconoscimento di amminoacidi incogniti; titolazioni per ossidoriduzione (Fe²⁺ con MnO₄⁻) e per precipitazione (Cl⁻ + I⁻ con AgNO₃) seguite potenziometricamente; titolazione complessometrica seguita potenziometricamente (Ca²⁺ e Mg²⁺ con EDTA), durezza totale e parziale delle acque e indice di Langelier [Totale 16 ore]
 - *Analisi completa di un campione di acqua minerale commerciale* [4 ore]
 - *Voltammetria e polarografia*: Voltammetria ciclica di Fe²⁺/Fe³⁺ su Pt, Polarografia DC e DPP di Pb²⁺ e Ni²⁺ [4 ore]

S'invitano gli studenti ad iscriversi al corso entro il 31 gennaio 2009 presso lo studio del docente.

FISICA GENERALE

Crediti didattici 9

Prof. Ettore Gadioli

Meccanica

Grandezze fisiche e sistemi di unità di misura. Grandezze scalari e vettoriali.

Sistemi di riferimento. Cinematica del punto materiale. Dinamica del punto materiale. Lavoro ed energia. Leggi di conservazione. Campi di forza. Campo gravitazionale e campo Coulombiano. Sistemi di punti materiali e corpi estesi rigidi. Idrostatica e Fluidodinamica (solo per C.I.).

Elettromagnetismo

Elettrostatica. Dielettrici. Correnti elettriche continue. Campo magnetico. Induzione elettromagnetica. Circuiti con correnti variabili nel tempo (circuiti RC e RL). Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche.

Ottica

Onde. Lo spettro della radiazione elettromagnetica. Fenomeni ondulatori: interferenza, diffrazione e polarizzazione. Ottica geometrica.

Le esercitazioni consistono nella risoluzione di problemi.

CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 7 (5.5 CFU di lezioni + 1.5 CFU di esercitazioni)

Dott.ssa Nicoletta Bressan

Premessa: il corso prevede lezioni in aula ed esercitazioni in laboratorio durante le quali saranno implementati in linguaggio MATLAB i principali metodi di approssimazione illustrati nelle lezioni. La conoscenza dei fondamenti di MATLAB e il contenuto delle esercitazioni sono parte integrante del corso stesso.

Introduzione

Origine degli errori Rappresentazione in floating-point dei numeri reali Insieme dei numeri di macchina, approssimazione di un numero reale con un numero di macchina, operazioni di macchina, errori Condizionamento, stabilità di un algoritmo

Sistemi lineari

Norme vettoriali e matriciali Condizionamento

Metodi diretti

Sistemi triangolari

Metodo di eliminazione di Gauss, pivoting parziale.

Metodo di eliminazione di Gauss come metodo di fattorizzazione LU

Metodi iterativi

Metodo di Jacobi

Metodo di Gauss-Seidel

Condizioni di convergenza

Test d'arresto

Approssimazione polinomiale di funzioni e dati

Interpolazione polinomiale: formule di Lagrange e alle Differenze Divise, errore di interpolazione, controesempio di Runge, interpolazione nei nodi di Chebyshev Metodo dei minimi quadrati nel discreto Funzioni spline.

Equazioni non lineari

Metodo di bisezione e metodo di Newton Ordine, condizioni di convergenza, test d'arresto Iterazioni di punto fisso: condizioni di convergenza, ordine Varianti del metodo di Newton: metodo delle secanti, Newton modificato per radici multiple.

Integrazione numerica

Formule interpolatorie

Formule di Newton-Cotes chiuse e aperte

- Formule del punto medio, dei trapezi, di Simpson
- Analisi dell'errore

Formule di Newton-Cotes composite

- Analisi dell'errore
- Metodo dicotomico con stima dell'errore

Formule adattive (cenni)

Equazioni differenziali ordinarie

Generalità su teorema di esistenza ed unicità, curve integrali. Metodi basati su formule di quadratura (Eulero esplicito ed implicito, Punto Medio, Crank Nicolson, Simpson) Consistenza ed errore locale di troncamento Convergenza, valutazione dell'errore globale

Metodi Runge-Kutta

Metodo di Heun

Metodo di Runge Kutta del quarto ordine.

Metodi a più passi (multistep)

Metodi di Adams-Bashforth

Metodi di Adams-Moulton

Metodi Predictor-Corrector

Assoluta stabilità

Testi consigliati:

- A. Quarteroni, F. Saleri, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer, Milano, 2006
- Naldi, Pareschi, Russo, *Introduzione al Calcolo Scientifico. Metodi e applicazioni con Matlab*. Mc Graw-Hill, 2001

SECONDO ANNO

CHIMICA ORGANICA I

Crediti didattici 7

Prof. Franco Cozzi

Strumento didattico: lezioni, esercitazioni in aula, esercitazioni in laboratorio

Il corso si propone di fornire allo studente tutte le conoscenze necessarie per affrontare i problemi fondamentali della chimica organica, con particolare riguardo allo studio ed alla comprensione delle proprietà e delle reazioni dei composti alifatici. Nella parte teorica, dopo un riepilogo dei concetti di legame chimico ed ibridazione atomica, ed uno studio introduttivo della stereochimica e dell'analisi conformazionale, la chimica dei composti organici viene esaminata seguendo la classica suddivisione dei gruppi funzionali. Alla fine del corso vengono discussi i principi fondamentali della chimica degli zuccheri e degli amminoacidi.

Le esercitazioni in aula servono allo studente per verificare se è in grado di affrontare e risolvere autonomamente semplici problemi di chimica organica e di analisi retrosintetica di molecole relativamente complesse.

Le esercitazioni di laboratorio hanno lo scopo di familiarizzare lo studente con le tecniche fondamentali di isolamento, e purificazione dei composti organici (cristallizzazione, filtrazione, distillazione, estrazione, cromatografia), nonché di far svolgere alcune reazioni fondamentali della chimica organica (sostituzioni nucleofile, riduzioni ed ossidazioni, esterificazioni, condensazione aldolica).

Testi raccomandati:

- K.P.C. Vollhardt: *Organic Chemistry, II edizione*, Ed. Freeman, New York, 1994.
- S. Ege, *Chimica Organica, II edizione* Ed. Idelson-Gnocchi, 2003.
- A. Streitwieser et al., *Chimica Organica*, EdiSES, 1995

CHIMICA FISICA

Crediti didattici 7

Prof. Paolo Carniti

Termodinamica

- Primo e secondo principio della termodinamica: lavoro, calore, energia interna, entropia.
- Funzioni ausiliarie e condizioni di equilibrio per sistemi chiusi e aperti: entalpia, energie libere, potenziale chimico.
- Termodinamica dei gas puri e delle miscele gassose.
- Equilibri di fase.
- Termodinamica delle soluzioni.
- Equilibrio di reazione in fase gassosa e in soluzione.
- Elettroliti. Celle elettrochimiche.
- Terzo principio della termodinamica

Struttura della materia

- Teoria quantistica.
- Struttura atomica. Orbitali atomici.
- Struttura molecolare. Legame chimico: teoria del legame di valenza, teoria dell'orbitale molecolare. Spettroscopia
- Legame nei solidi. Struttura cristallina.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA

Crediti didattici 5

Corso A: Prof.ssa Antonella Gervasini - Corso B: Dr. Stefano Trasatti

Il corso tratta aspetti teorici e pratici di cinetica chimica ed è suddiviso in lezioni ed in esercitazioni di laboratorio. Le lezioni sono articolate in modo da fornire i fondamenti della cinetica chimica per una comprensione degli esperimenti da un punto di vista sia dell'impostazione delle modalità operative di svolgimento che dell'elaborazione dei dati sperimentali al fine di determinare i parametri cinetici con la loro significatività.

Lezioni (2 crediti)

Velocità di reazione. Equazioni e costanti di velocità. Ordine di reazione e molecolarità. Equazioni cinetiche integrate di primo e di secondo ordine, di ordine zero, di ordine *ennesimo*. Grado di avanzamento di reazione. Tempo di semitrasformazione.

Determinazione dell'ordine di reazione. Reazioni parallele. Reazioni opposte (di equilibrio). Reazioni consecutive. Approssimazione dello stato intermedio stazionario. Stadio determinante la velocità di reazione.

Dipendenza della costante di velocità dalla temperatura. Equazione di Arrhenius: fattore pre-esponenziale ed energia di attivazione. Teoria delle collisioni. Teoria dello stato di transizione, equazione di Eyring. Entropia, entalpia ed energia libera di attivazione.

Catalisi omogenea. Catalisi acido-base. Relazioni di Broensted.

Esperienze di laboratorio e relazione (3 crediti)

Illustrazione delle esperienze: meccanismo della reazione svolta, aspetti cinetici, aspetti analitici, modalità operative, raccolta ed elaborazione dei dati sperimentali.

CHIMICA INORGANICA

Crediti didattici 8

Prof. Renato Ugo

NB: Il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005

- 1) Correlazione tra struttura elettronica degli atomi secondo Slater, livelli elettronici e proprietà degli elementi per arrivare alla Tavola Periodica. Caratteristiche periodiche di energia di ionizzazione, affinità elettronica e infine dell'elettronegatività. Approfondimento e paragone dei concetti di elettronegatività, di polarizzabilità e di potere polarizzante. Binding energies e variazione delle energie di coesione nel sistema periodico. Distribuzione periodica di metalli, isolanti, semiconduttori e infine di non metalli a carattere molecolare. Allotropia e zone di borderline tra metalli e non metalli. Caratteristiche periodiche dei legami elemento-idrogeno, elemento-alogeni e elemento-elemento. Caratteristiche periodiche dei metalli (elettropositivi, mediamente elettropositivi e infine nobili) e correlazione con la loro elettronegatività. Periodicità nella distribuzione e nella preparazione degli elementi. Aspetti termodinamici generali dei processi metallurgici.
- 2) Le caratteristiche dei solventi e le correlazioni tra solubilità e energie reticolari dei solidi. Le teorie generali degli acidi e delle basi. Le caratteristiche e proprietà in acqua degli ossiacidi. I superacidi e superbasi in solventi non acquosi. L'interazione acido-base di Lewis e i concetti di acceptor e donor numbers dei solventi. Acidi e basi soft e hard, gli ioni metallici come centri acidi soft e hard; i solventi donatori come basi soft e hard.
- 3) La chimica dell'idrogeno, la chimica degli idruri semplici e il legame di idrogeno.
- 4) La chimica degli elementi del blocco s: metalli alcalini e alcalino-terrosi. Aspetti generali e industriali.
- 5) La chimica degli elementi del blocco p inclusi i Gas Nobili. Aspetti generali e industriali.
- 6) La chimica dei lantanidi e dei transuranici. Aspetti generali.
- 7) La chimica di Rame, Argento e Oro.
- 8) Cenni alla chimica dei metalli di transizione: caratteristiche metalliche, forze di coesione, potenziali di ionizzazione. I differenti comportamenti degli elementi del primo periodo di transizione rispetto al secondo e al terzo (stabilità degli stati di ossidazione e proprietà redox); il passaggio dagli elementi con pochi elettroni d (caratteristiche meno metalliche, comportamento hard degli ioni, proprietà degli ossiacidi e ossoanioni) agli elementi con molti elettroni d (caratteristiche metalliche, comportamento soft degli ioni).
- 9) Cenni di chimica di coordinazione: Numeri di coordinazione; geometria di coordinazione; tipi di leganti; nomenclatura; isomeria; effetto templato. Le costanti di stabilità e l'effetto chelante. Teoria del campo cristallino; la serie spettrochimica; energia di stabilizzazione del campo cristallino; effetto Jahn-Teller; teoria del campo dei leganti. Alti e bassi stati di ossidazione: caratteristiche dei legami e dei leganti che stabilizzano le tre diverse classi (bassi, medi, alti stati di ossidazione).

Testi consigliati:

- . P. Chini "Complementi di Chimica Generale e Inorganica", Ed. Clued;
- . F. A. Cotton, G. Wilkinson and P.L. Gaus "Basic Inorganic Chemistry" 3rd Ed. J. Wiley;
- . L. Malatesta "Compendio di Chimica Inorganica" 4^a edizione, Casa Editrice Ambrosiana;
- . Appunti del corso in dispense dattiloscritte.

ECONOMIA E GESTIONE DELLE IMPRESE

Crediti didattici 5

Prof. Mario Benassi

Obiettivi formativi del corso

Il corso intende fornire agli studenti fornire un inquadramento di base per comprendere che cosa sia una azienda, dove operi, quale scelte compia e come sia gestita. Il corso si sofferma sulle diverse aree funzionali di impresa e sulle tecniche di base per valutare operatività e risultati di impresa

Programma del corso:

1. Introduzione: che cosa sono le aziende e come funzionano
2. I modelli di governance

3. Analisi di settore: le tecniche di base (i)
4. Analisi di settore: le tecniche di base (ii)
5. Analisi di settore: le tecniche di base (iii)
6. La strategia (i)
7. La strategia (ii)
8. L'organizzazione (i)
9. L'organizzazione (ii)
10. Analisi domanda
11. I costi
12. La determinazione dei prezzi
13. La analisi costi-volumi-prezzi (i)
14. La analisi costi-volumi-prezzi (ii)
15. Valutazione degli investimenti
16. Modello di bilancio (i)
17. Analisi di bilancio

Il corso si basa su lectures, esercitazioni in aula e assignments

La partecipazione al corso è obbligatoria per poter sostenere l'esame come frequentanti; per i non frequentanti è previsto un programma apposito

Testi di riferimento:

- Frequentanti: lucidi e appunti delle lezioni
- Non frequentanti: M. Benassi 'Economia e gestione di impresa', CEDAM (tutto)

Testi consigliati:

- S. Sciarelli 'Economia e gestione dell'impresa', CEDAM
- R. Grant 'L'analisi strategica nella gestione aziendale' Il Mulino

Orario di ricevimento

Lunedì, 12,30 – 14,30 presso l'istituto di Chimica Industriale – III piano

ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE AZIENDALE

Crediti didattici 5

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2005-2006

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA I

Crediti didattici 5 (1 CFU esercitazioni in aula per 16 ore; 4 CFU di esercitazioni in laboratorio per 64 ore)

Prof. Mauro Cinquini

NB: il programma si riferisce all'a.a. 2005-2006

Il corso tratta i seguenti argomenti:

1. Principali tecniche di isolamento e purificazione di composti organici (separazioni estrattive, cristallizzazione, distillazione, cromatografia)
2. Sicurezza e prevenzione nei laboratori chimici
3. Aspetti sperimentali delle reazioni basilari della chimica organica (ossidazioni, riduzioni, condensazioni, sostituzione nucleofila, sintesi di Fischer)

Il corso si conclude con una prova pratica, che costituisce prova d'esame.

Testi consigliati:

- L.M. Harwood, C.J. Moody - *Experimental Organic Chemistry: principles and practice* - Blackwell Scientific Publications
- R.M. Roberts, J.C. Gilbert, S.F. Martin - *Chimica Organica Sperimentale* - Zanichelli

CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE

Crediti didattici 7 (6 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)

Prof. Michele Gullotti

Fondamenti di Chimica Analitica Strumentale

- Introduzione ai metodi spettrofotometri (2 ore) - Teoria quantistica applicata alla spettroscopia. Strumentazione.
- Spettroscopia fotoelettronica (4 ore) - Teoria e fondamenti. Strumentazione. Spettri fotoelettronici.

- Spettroscopia Atomica di assorbimento e di emissione (4 ore) - principi e teoria. Processi di atomizzazione. Sorgenti di radiazione. Applicazioni analitiche quali e quantitative.
- Spettroscopia di assorbimento UV-Vis, chemiluminescenza, infrarossa e raman (12 ore) - Assorbimento molecolare della radiazione. Spettri elettronici. Legge di Lambert-Beer. Effetto della struttura molecolare sull'assorbimento. Regole di selezione. Intensità delle transizioni elettroniche. Studio di cromofori. Applicazioni spettrofotometriche. Strumentazione. Analisi quantitative. Fluorescenza e fosforescenza. Strumentazione. Applicazioni, teoria e fondamentali. Legami molecolari e struttura molecolare. Spettri vibrazionali. Regole di selezione e intensità delle transizioni vibrazionali. Sistemi di campionamento. Strumentazione e analisi quantitative. Interpretazione di spettri infrarossi e raman.
- Spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR) e di risonanza paramagnetica elettronica (EPR) (14 ore) - Proprietà magnetiche dei nuclei. Interpretazione classica e quantomeccanica della risonanza magnetica nucleare. Strumenti ad onda continua (CW) e a trasformata di Fourier (FT NMR). Spostamento chimico. Accoppiamento spin-spin. Dipendenza dal tempo dei fenomeni NMR. Applicazioni analitiche. Interpretazione degli spettri NMR di molecole organiche. Cenni di spettroscopia NMR bidimensionale, tridimensionale e in stato solido. Tomografia NMR (Imaging). Altre applicazioni. Condizioni di risonanza. Equilibrio termico e rilassamento di spin. Strumentazione. Applicazioni analitiche.
- Polarimetria e Spettropolarimetria (2 ore) - Teoria. Strumentazione. Dicroismo circolare.
- Spettrometria di massa (4 ore) - Introduzione. Aspetti teorici. Il principio fisico del metodo. Strumentazione. Relazione tra struttura molecolare e frammentazione. Applicazioni analitiche. Interpretazione di spettri di massa.
- Cromatografia (6 ore) - Classificazione dei metodi cromatografici. Tecniche di separazione.
- Cromatografia liquido-solido: tecniche di adsorbimento. Cromatografia su colonna. Scambiatori ionici inorganici, organici e polimerici. Proprietà degli scambiatori. Applicazioni. Cromatografia liquido-liquido: teoria della ripartizione. Cromatografia su colonna, su carta, su strato sottile. Cromatografia liquida sotto pressione (HPLC). Applicazioni analitiche della cromatografia HPLC.
- Gas-cromatografia: introduzione. Aspetti di equilibrio e meccanicistici. Termodinamica e cinetica della gas-cromatografia. Strumentazione. Rivelatori. Analisi quali e quantitative.
- Esercitazioni (16 ore) – Risoluzione di problemi.

Testi consigliati

- Skoog, Leary, *Chimica Analitica Strumentale*, Edises, Napoli.
- Skoog, Holler, Nieman, *Principles of Instrumental Analysis*, Fifth Edition, Saunders College Publishing.
- H.H. Bauer, G.D. Christian, J.E. O'Reilly, *Analisi Strumentale*, Ed. Piccin.
- R.M. Silverstein, F.X. Webster, *Identificazione spettroscopica di composti organici*, Ed. CEA.

LABORATORIO DI CHIMICA ANALITICA STRUMENTALE

Crediti didattici 5 (4 CFU di Esercitazioni a banco + 1 CFU di esercitazioni numeriche)

Dott.ssa Laura Santagostini

Metodologie spettroscopiche UV-Vis

- Applicazione della legge di Lambert-Beer ad una miscela di due componenti in soluzione
- Determinazione spettrofotometrica del pKa di un indicatore
- Determinazione del ferro in vari componenti
- Esame spettrofotometrico UV degli oli di oliva
- Determinazione della costante di legame di un complesso metallorganico con azide

Metodologie spettroscopiche IR

- Determinazione quantitativa di una miscela di xileni
- Riconoscimento qualitativo delle frequenze di gruppo di composti organici

Metodologie spettroscopiche di assorbimento atomico

- Determinazione in tracce di metalli in soluzione

Metodologie cromatografiche

- Separazione e determinazione di una miscela organica per HPLC
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti organici ossigenati
- Determinazione gas-cromatografica di una miscela di composti idrocarburici
- Verranno inoltre effettuate registrazioni e interpretazioni di spettri di Risonanza magnetica nucleare (NMR), di Massa (MS-CI), di spettroscopia Raman e spettroscopia di Fluorescenza.
- Sedici ore infine, saranno utilizzate per esercitazioni numeriche sulla legge di Lambert-Beer; per l'assegnazione, nella spettroscopia IR, delle frequenze di gruppo ai principali composti organici; per la determinazione, nella spettroscopia

NMR, del chemical shift dei protoni e dei carboni ^{13}C nei composti organici; per la determinazione, nella spettrometria di massa, delle frammentazioni nei composti organici.

CHIMICA ORGANICA II

Crediti didattici 7

Prof. ssa Emanuela Licandro

1. Sistemi Aromatici CFU 4+0.5 (eserc.)

Sistemi aromatici carbociclici

1. Considerazioni generali sui composti aromatici
2. Proprietà chimico-fisiche dei sistemi aromatici
3. Elementi della teoria degli orbitali molecolari
4. Significati dell'energia di risonanza
5. Aromaticità dei sistemi non benzenoidi. Regola di Huckel

Reazioni di sistemi benzenoidi

1. Sostituzioni elettrofile
2. Sostituzioni nucleofile
3. Sostituzioni elettrofile e nucleofile sull'anello del naftalene

Areni

1. Proprietà fisiche, fonti industriali
2. Metodi di ottenimento e comportamento chimico

Alogeno derivati

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Alogenuri arilici di particolare interesse

Alogenuri arilalifatici

1. Comportamento chimico e metodi di preparazione

Nitroderivati aromatici

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Nitroderivati aromatici di particolare interesse

Ammine aromatiche

1. Proprietà fisiche, basicità e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Ammine aromatiche di particolare interesse
4. Ammine arilalifatiche

Diazocomposti aromatici, sali di diazonio e loro derivati

1. Metodi di ottenimento dei sali di diazonio
2. Struttura dei sali diazonio
3. Comportamento chimico dei sali di diazonio
4. Reazione di arilazione
5. Riduzione

Derivati aromatici con funzioni nitroso-, idrossilammino-, idrazo-, azo.

Fenoli

1. Proprietà fisiche, acidità e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Fenoli di particolare interesse

Aldeidi aromatiche

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Aldeidi aromatiche di particolare interesse

Chetoni aromatici

1. Proprietà fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Chetoni aromatici di particolare interesse

Acidi arilcarbossilici

Chinoni

1. Proprietà chimico-fisiche e comportamento chimico
2. Metodi di preparazione
3. Chinoni di particolare interesse

Derivati organici solforati, acidi arisolfonici, acidi solfonici, acidi solfenici, solfuri, solfossidi e solfoni, tiofenoli

2. Sistemi Eterociclici CFU 2+0.5 (eserc.)

Generalità, classificazioni, nomenclatura

Eteroaromaticità

1. Estensione di concetto di aromaticità agli eterocicli
2. Densità elettronica e ordine di legame
3. Densità di carica e ordine di legame

Basicità, acidità e tautomeria nei sistemi eterociclici azotati

1. Sistemi eterociclici con carenza elettronica
2. Sistemi eterociclici con eccedenza elettronica

Comportamento chimico e reattività nei sistemi eterociclici

1. Sostituzioni elettrofile
2. Sostituzioni nucleofile
3. Reazioni specifiche di gruppi funzionali nella serie eterociclica

Considerazioni generali sul modo di formazione dei sistemi eterociclici

Anelli eterociclici a 5 atomi contenenti un eteroatomo

- Pirrolo e benzoderivati. Furano
- Tiofene

Azine, piridina. Piridina N-ossido.

- Sintesi
- Reattività e selettività nei riguardi di reagenti elettrofilici e nucleofili
- Eventuale reattività specifica nei gruppi funzionali (metile, ammino, mercapto, ossidrilico, alogeno, ecc.)

Imidazolo, Pirazolo, Isossazolo.

Sintesi e selettività nei riguardi di reagenti elettrofilici e nucleofili

Eventuale reattività specifica nei gruppi funzionali (metile, ammino, mercapto, ossidrilico, alogeno, ecc.)

Testi consigliati

- J. March, *Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*, ed. McGraw-Hill Book Company;
- A. Streitwieser et al., *Chimica Organica*, Edi SES, 1995.

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA

Crediti didattici 4 (64 ore)

Prof.ssa Dominique Roberto

Esercitazioni di laboratorio (14 pomeriggi in laboratorio + 1 pomeriggio in biblioteca, per un totale di ca 56 h = 3,5 crediti).

Preparazione, purificazione e caratterizzazione chimico-fisica di composti di coordinazione e metallorganici di Cr, Mn, Fe, Co, Mo, Cu; preparazione di una relazione critica sugli esperimenti e sui risultati. Gli esperimenti di questo Corso sono stati scelti per mostrare allo studente: (i) come effettuare semplici reazioni inorganiche o metallorganiche; (ii) come isolare e purificare dei composti inorganici e metallorganici, in particolare utilizzando la tecnica di cristallizzazione o di cromatografia; (iii) come caratterizzare i composti inorganici e metallorganici, in particolare attraverso la misura del punto di fusione, l'utilizzo delle

spettroscopie infrarossa e UV-visibile, della risonanza magnetica nucleare del protone (^1H NMR) e del carbonio (^{13}C NMR), della suscettività magnetica.

Esercitazione in biblioteca: impostazione delle regole per la ricerca bibliografica.

Esercitazioni in aula (8 h = 0,5 credito).

Esercitazioni scritte riguardanti la chimica di coordinazione e la chimica metallorganica: magnetismo degli ioni dei metalli di transizione (alto e basso spin); complessi labili e inerti e effetto trans; la regola dei 18 elettroni e suoi esercizi applicativi in metallorganica e chimica della coordinazione.

Testo consigliato:

- Manuale di laboratorio in dispense dattiloscritte

TERZO ANNO

CHIMICA BIOLOGICA

Crediti didattici 6 (6 CFU di lezione) - Modalità d'esame: prova scritta

Prof.ssa Renata Zippel

Introduzione (3 ore): Scopo e campi di studi della biochimica. La cellula come unità fondamentale dei processi chimici negli organismi viventi. Ruolo dell'acqua nei processi biologici. *Aspetti termodinamici dei processi biologici:* composti ad alto contenuto energetico: ATP e composti ad alto potenziale di trasferimento di gruppo.

Proteine (8 ore): Livelli di organizzazione strutturale delle proteine; struttura primaria, secondaria terziaria e quaternaria. Fattori determinanti la struttura secondaria e terziaria delle proteine. Alcuni esempi di proteine: mioglobina, emoglobina.

Enzimi (10 ore): Classificazione degli enzimi e funzione. Coenzimi e cofattori. Cinetica enzimatica, Inibizione enzimatica. Esempi di meccanismi di catalisi enzimatica. Regolazione dell'attività enzimatica: allosteria e modificazioni covalenti.

Metabolismo (10 ore): Aspetti generali. *Metabolismo dei carboidrati:* Glicolisi e fermentazione alcolica. Regolazione della glicolisi. Processi ossidativi: ossidazione del piruvato, ciclo dell'acido citrico, vie anaplerotiche. Gluconeogenesi. Sintesi e degradazione del glicogeno. *Ossidazioni biologiche:* Catena respiratoria: trasporto degli elettroni e fosforilazione ossidativa.

Acidi nucleici (11 ore): Struttura dei diversi tipi di DNA e livelli di organizzazione strutturale, stabilità della struttura. I diversi tipi di RNA. Metodiche per il sequenziamento del DNA, accenni alla genomica funzionale *Flusso dell'informazione:* Processi di replicazione e riparo del DNA. Processi di trascrizione: sintesi dell'RNA messaggero, dell'rRNA e tRNA, il codice genetico.

Sintesi delle proteine (5 ore). Ribosomi, il processo di traduzione: attivazione degli amminoacidi e formazione dei amminoacil tRNA, reazione di inizio, di allungamento e terminazione della traduzione.

Elementi base di DNA ricombinante e biotecnologie (1 ore). Plasmidi ed enzimi di restrizione.

Testo consigliato

- D. Nelson, M. Cox, *I principi di Biochimica di Lehninger*. Terza edizione 2002 Zanichelli

CHIMICA FISICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 7

Dott.ssa Ilenia Rossetti

Fenomeni di trasporto e applicazioni:

- Introduzione (0,5 CFU): La teoria unificata del trasporto. Trasporto molecolare e diffusione. Teoria di Maxwell e Boltzmann. Processi di trasporto nei liquidi. Proprietà fisiche dei fluidi.
- Trasferimento di quantità di moto ed applicazioni (2 CFU): Equaz. del bilancio energetico. Equaz. del moto dei fluidi: di continuità, di Navier-Stokes, di Eulero, di Bernoulli. I principi dell'analisi dimensionale. Moto dei fluidi nei condotti, resistenza al moto, equaz. Di Fanning e diagramma di Moody. Moto laminare e turbolento. Misure relative al moto dei fluidi. Moto isotermico di gas viscoso. Moto di fluidi attraverso masse porose, equaz. Di Blake-Kozeny, di Burke-Plummer, di Ergun. Filtrazione. Fluidizzazione. Pompe e compressori.
- Trasferimento di calore ed applicazioni (1 CFU): Conduzione stazionaria. Trasmissione del calore nei fluidi. Convezione: coefficienti liminari. Scambiatori di calore. Proprietà termodinamiche del vapor d'acqua. Irraggiamento.
- Trasferimento di massa ed applicazioni (1,5 CFU): Diffusione, leggi di Fick. Equaz. di continuità generalizzata. Diffusione stazionaria e non stazionaria. Coefficienti di trasferimento di massa. Trasferimento simultaneo di massa e calore. Trasferimento di massa tra fasi fluide a contatto: teoria del doppio film e della penetrazione. Trasferimento di massa e calore all'interno di masse solide porose. Il modulo di Thiele e l'efficienza dei catalizzatori.

Catalisi industriale:

- Introduzione alla catalisi ed aspetti applicativi (1 CFU): Definizioni. Adsorbimento. Cinetica delle reazioni catalitiche. Preparazione e caratterizzazione di un catalizzatore eterogeneo. Reattori da laboratorio e loro accessori. Impianti pilota catalitici.

Esercitazioni (1 CFU)

Le lezioni teoriche sono alternate ad esercitazioni numeriche ed informatiche. L'esame di profitto consiste in uno scritto, costituito da un problema inerente agli argomenti trattati, seguito da un colloquio orale.

Testi consigliati:

- L. Forni, Fenomeni di Trasporto, Cortina, Milano 1994;
- L. Forni, Introduzione alla Catalisi, CUSL, Milano, 1993;

Testi di consultazione:

- W.L. McCabe, J.C. Smith, P. Harriott, Unit operations of chemical engineering, McGraw-Hill, New York, 2001;
- R. Darby, Chemical engineering fluid mechanics, 2nd Ed., M. Dekker, New York, 2001;
- R. B. Bird, W. E. Stewart, E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, 2nd Ed., Wiley, London, 2002;
- C. O. Bennet, J. E. Myers, Momentum, Heat and Mass Transfer, McGraw-Hill, New York, 1962.

CHIMICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 7

I modulo Prof. ssa Claudia Bianchi - II modulo Prof.ssa Elisabetta Ranucci

I Modulo 5,5 CFU

- Componenti del costo di un prodotto industriale
- Produzione di idrogeno da idrocarburi [steam reforming endotermico e autotermico; ossidazione parziale; conversione del monossido di carbonio; separazione e purificazione dell'idrogeno]
- Produzione di idrogeno via elettrolisi dell'acqua
- Schemi di impianti di produzione idrogeno
- Costo di produzione idrogeno
- Elettrolisi cloro – soda [membrana; diaframma; catodo di mercurio]
- Circuiti di raffreddamento e generatori di vapore come parti integranti degli impianti chimici
- Materiali metallici e non metallici di costruzione degli impianti chimici e metodi di controllo non distruttivo in accettazione di nuove apparecchiature e in manutenzione di impianti eserciti
- Letteratura tecnica.

II Modulo 1,5 CFU

Sintesi di monomeri per la produzione di polimeri di massa: monomeri vinilici alogenati, (vinil cloruro e tetrafluoroetilene); acidi dicarbossilici (acido adipico, ω -aminoundecanoico); esametilendiammina.; ϵ -caprolattame; stirene e divinilbenzene. Sintesi di polimeri: polimeri radicalici (polistirene); polimeri di policondensazione (poliammidi).

LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 4 (I modulo 2,5 CFU + II modulo 1,5 CFU)

I modulo Prof.ssa Elisabetta Ranucci - II modulo Dott.ssa Amedea Manfredi

Sintesi di ϵ -caprolattame: ossidazione di cicloesano a cicloesanone, seguita da ossimazione e, successivamente, da trasposizione di Beckmann.

Sintesi del Nylon-6 mediante processo di polimerizzazione per apertura di anello. Sintesi di polistirene mediante processo di polimerizzazione radicalica in massa, in soluzione e in emulsione. Studio dell'effetto del trasferimento di catena sull'andamento dei pesi molecolari.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA II

Crediti didattici 5

Prof. Maurizio Benaglia

Verranno preliminarmente svolte 16 ore di esercitazioni [1 CFU] in aula durante le quali si approfondiranno concetti e reazioni trattati nel corso di Chimica Organica 2° corso, con particolare riguardo alle reazioni che saranno oggetto delle esercitazioni di laboratorio. Nell'ambito del corso, alcune ore verranno dedicate all'approfondimento delle problematiche connesse alla sicurezza nei laboratori chimici.

In laboratorio verranno svolte 64 ore [4 CFU] di esercitazioni a banco singolo, durante le quali lo studente eseguirà sintesi a uno o più stadi con caratterizzazione anche spettroscopica dei prodotti finali ottenuti. La scelta degli esperimenti e delle condizioni di reazione è stata fatta tenendo in considerazione i problemi di tossicità ed inquinamento correlati a prodotti e solventi utilizzati.

In particolare, si effettueranno le seguenti reazioni:

1. sintesi di un'ammide aromatica di interesse biologico (principio attivo dell'Autan).
2. reazione di sostituzione elettrofila aromatica [nitrazione ed acilazione di Friedel-Crafts].
3. reazione di copulazione dei sali di diazonio aromatici: sintesi del colorante metilarancio
4. reazione di sostituzione nucleofila aromatica
5. sintesi di un derivato dell'indolo tramite sintesi indolica di Fischer.
6. analisi organica qualitativa per via chimica e spettroscopica.

Testi consigliati:

- B. S. Furniss, A. J. Hannaford, P. W. G. Smith, A. R. Tatchell, *Vogel's Textbook of Practical Organic Chemistry*, Longman Group UK Limited 1989.
- D. L. Pavia, G. M. Lampman, G. S. Kriz, *Il Laboratorio di Chimica Organica*, Edizioni Sorbona, Milano, 1994.

PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI

Crediti didattici 7

Prof. Vittorio Ragaini

1) Introduzione al corso: Finalità; Reperibilità di dati termodinamici e cenni sui metodi a contributo di gruppo; Unità di Misura e loro trattamento; Testi di consultazione e di riferimento.

2) Termodinamica Applicata: Criteri di equilibrio termico, meccanico, chimico tra fasi a contatto; *Equilibrio Liquido-Vapore* (ELV) nei diversi casi di idealità o meno delle fasi; Tensione di vapore dei Liquidi e apparecchio per la misura relativa; Cenni sulle funzioni di eccesso e sui più semplici modelli per il calcolo dei coefficienti di attività; Apparecchio di Hala per lo studio sperimentale dell' ELV; Consistenza termodinamica dell'ELV. Diagrammi per l'ELV. *Equilibrio Liquido-Liquido* (ELL): Diagrammi relativi per sistemi binari e ternari e dimostrazione della regola del baricentro nei due casi; Criteri termodinamici per lo smiscelamento di due liquidi; Rette coniugate, asse del sistema, punto piatto, correlazione di Hand; Calcolo teorico della composizione e quantità di due fasi smiscelate partendo da una miscela eterogenea.

3) Assorbimento: Descrizione delle operazioni di assorbimento (absorption) /deassorbimento (stripping); Apparecchiature e corpi di riempimento; Applicazione dell'assorbimento a problemi ambientali; Criteri perché si verifichi un assorbimento o un deassorbimento; Condizioni limite; Calcolo dell'altezza del riempimento, del diametro e della perdita di carico in una colonna di assorbimento; Assorbimento in colonna a piatti: determinazione del numero di piatti. *Esercitazioni numeriche.*

3) Distillazione e Rettifica: Descrizione delle operazioni e distinzione tra distillazione e rettifica; Apparecchiature; Distillazione continua in uno stadio (Flash); Rettifica continua in colonna a piatti: 1) Miscele binarie: Calcolo del numero di stadi con metodo entalpico o di Ponchon-Savarit. Ipotesi del flusso molare costante. Parametro termico dell'alimentazione. Metodo di McCabe e Thiele. Metodi grafici e metodi analitici. Efficienza dei piatti. Diametro dei piatti. Colonne a riempimento. 2) Miscele a più componenti: calcolo numero di stadi con metodi di Underwood e di Lewis-Matheson. Distillazione e rettifica discontinue. *Esercitazioni numeriche*

4) Estrazione Liquido-Liquidi Descrizione delle operazioni. Apparecchiature continue e discontinue. Corpi di riempimento. Coefficienti di ripartizione e di selettività. Scelta del solvente. 1) Solvente totalmente immiscibile con il diluente: in uno stadio, in più stadi in equicorrente, in più stadi in contro corrente. 2) Solvente parzialmente miscibile con il diluente: in uno stadio, in più stadi in equicorrente, cenni per il caso in più stadi in controcorrente.

5) Separazione con le membrane: Introduzione ai processi a membrana. Definizioni: coefficiente di ritenzione e di selettività; Classificazione delle membrane; Classificazione delle tecniche a membrana: microfiltrazione, ultrafiltrazione, nanofiltrazione, osmosi inversa o iperfiltrazione e pressione osmotica. (Effetto Donnan) dialisi ed elettrodialisi, pervaporazione. Fenomeni di polarizzazione e di intasamento. Esempificazioni di schemi di impianto. Caratterizzazione di una membrana.

TESTI DI RIFERIMENTO: S. Carrà, V. Ragaini, L. Zanderichi: *Operazioni di Trasferimento di Massa* (Manfredi Ed. Milano, 1969); J.M. Prausnitz, R.N. Lichtenthaler, E. Gomez de Azevedo: *Molecular Thermodynamics of Fluid Phase Equilibria* (Prentice Hall, 1999, Second Ed.); R.E. Treybal: *Mass Transfer Operations* (McGraw-Hill, 1981, Third Ed.); B.E. Poling, J.M. Prausnitz, J.P. O'Connell: *The Properties of Gases and Liquids* (McGraw-Hill, 2001, Fifth Ed.).

LABORATORIO DI PROCESSI E IMPIANTI INDUSTRIALI CHIMICI

Prof. Vittorio Ragaini

Crediti didattici 4

Esercitazioni di termodinamica applicata (equilibrio liquido-vapore), assorbimento di gas, rettifica su colonna a piatti, estrazione liquido-liquido, separazione con membrane.

ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2003-2004

CORSI A SCELTA

SICUREZZA NELL'AMBIENTE DI LAVORO E STRUMENTAZIONE CHIMICA

Crediti didattici 5

I modulo: Dott. Luigi Zerilli – II modulo: Dott.ssa Amedea Manfredi

I Modulo (3CFU) - Sicurezza nell'ambiente di lavoro chimico

- Elementi di legislazione riguardanti la sicurezza: generalità, uso delle attrezzature di lavoro, uso dei dispositivi di protezione individuale, compiti del Servizio di Prevenzione e Protezione.
- Sicurezza nel laboratorio chimico: norme di comportamento e di buona tecnica.
- Sostanze infiammabili: la combustione, definizioni, prevenzione e contrasto degli incendi, classificazione dei fuochi, mezzi estinguenti e loro corretto impiego. Sostanze esplosive: tipi di esplosioni. Reattività e sostanze incompatibili. Sostanze che formano perossidi pericolosi: individuazione e rimozione dei perossidi organici. Reazioni sotto vuoto e sotto pressione. Uso di gas compressi ed etichettatura delle bombole. Segnaletica di sicurezza.
- Piano di emergenza generale: situazioni di pericolo, allarme ed evacuazione.
- Tossicità dei composti chimici: modalità e vie di assorbimento, tipo di azione tossica, tossicità acuta e cronica, valori limite.
- Principi di igiene industriale applicati all'ambiente chimico, con particolare attenzione per il controllo della qualità dell'aria e la rilevazione di eventuali inquinanti.
- Cappe aspiranti per laboratori chimici e biochimici. Schede di sicurezza per sostanze e preparati chimici: come si utilizzano le informazioni in esse contenute. La valutazione complessiva del rischio chimico. criteri, monitoraggio ambientale e biologico, modelli teorici.

Libri di testo:

- R. Fornasier – *Guida alla sicurezza dei laboratori chimici*, Edizioni Libreria Cortina – Padova
- D. Matteucci – *ABC degli agenti chimici, detenzione e impiego*, EPC libri – Roma
- S. Marinelli – *ABC dell'informazione antincendio*, EPC libri – Roma

II Modulo (2 CFU) Strumentazione chimica di laboratorio e industriale

Strumentazione chimica di laboratorio e industriale: teoria della distillazione. Distillazione semplice e frazionata, di miscele azeotropiche, in corrente di vapore, sotto vuoto. Relative apparecchiature da laboratorio e industriali. Pompe da vuoto. Teoria della fusione e del congelamento. Teoria della sublimazione. Liofilizzazione. Sublimatori e liofilizzatori. Estrazione con solventi: estrazioni in discontinuo liquido-liquido. Estrazione in continuo liquido-liquido e solido-liquido. Relative apparecchiature. Essiccamento. Anidrificanti. Teoria della cristallizzazione. Tecniche cromatografiche. Cromatografia su colonna e su strato sottile. Reattori industriali.

Libri di testo:

- A. L. VOGEL - *Chimica organica pratica*, Seconda Edizione, Casa Editrice Ambrosiana – Milano
- D. L. PAVIA, G. L. LAMPMAN, G. S. KRIZ - *Il laboratorio di chimica organica* a cura di P. Grünanger e D. Pocar, Edizioni Sorbona - Milano
- M. d'ISCHIA - *La chimica in laboratorio*, Tomo I, Piccin Nuova Libreria S.p.A. - Padova
- Qualunque testo di Chimica Generale

GESTIONE AZIENDALE E DIRITTO INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

I modulo: dott. Mario Castellaneta - II modulo: dott.ssa Marinella Valle

I modulo

- Introduzione alla gestione d'azienda; ruolo dell'azienda intesa a come ente economico deputato a creare valore nel mercato dei prodotti e dei servizi; nozione e misura del Valore Aggiunto.
- Azienda e Società. Proprietà e Management. Il progressivo distacco dei ruoli.
- Diverse tipologie di azienda in relazione a settori di attività, dimensioni, prodotti/servizi forniti, geografia coperta; funzioni interne derivanti e forme organizzative possibili.
- Le funzioni aziendali: ruolo e obiettivi delle funzioni di Produzione, Vendita, Marketing, Ricerca e Sviluppo, e delle funzioni di supporto/controllo (Amministrazione/Finanza, Informatica, Sicurezza e Ambiente, Qualità).
- La Direzione centrale come coordinamento e decisione.
- Il mercato: tipologie correlate al prodotto (materiale o immateriale, differenziato o indifferenziato), alla elasticità della domanda, alla destinazione d'uso (industriale/consumo), all'uniformità geografica/settoriale (segmentazione) della domanda; mercato di acquisto e di vendita; la qualità; la concorrenza in mercati liberi e vincolati.

- I diversi principi di gestione dei prodotti specialistici rispetto a quelli poco differenziati (specialties-commodities).
- La quantificazione della capacità di creare valore: i ricavi, i costi di prodotto, le spese di settore/funzione, gli investimenti materiali e immateriali, il riassunto complessivo nel bilancio (conto economico, stato patrimoniale, nota integrativa, relazione degli amministratori), il flusso di cassa.
- La misura del patrimonio societario: lo stato patrimoniale, il capitale circolante.
- L'esasperata concorrenzialità internazionale, esaltata dalla rapida diffusione della tecnologia e dei gusti dei consumatori: la criticità del fattore tempo/dimensione, il ricorso a sistemi di gestione non tradizionale (esternalizzazione, make or buy).
- La macroeconomia come scenario che la gestione di azienda non può ignorare.

Il modulo

- Definizione di proprietà intellettuale. Cenni alle convenzioni internazionali in materia di proprietà intellettuale, in particolare alla Convenzione dell'Unione di Parigi e all'accordo TRIPs.
- Brevetto per invenzione industriale. Diritto di brevetto e sue limitazioni. Brevetto di prodotto e di procedimento. Principio dell'esaurimento del diritto. Diritto morale e diritto patrimoniale. Effetti della brevettazione. Differenze tra brevetto e segreto industriale. Diritto di preuso.
- Invenzioni brevettabili. Eccezioni alla brevettabilità.
- Diritto di priorità. Il periodo di grazia previsto dalla legge brevettuale statunitense. Differenze fra il sistema "first to file" e "first to invent".
- Requisiti di brevettabilità. Invenzioni chimiche brevettabili. Valutazione del requisito di novità nelle invenzioni chimiche. Invenzioni di selezione. Valutazione del requisito di attività inventiva, in particolare nelle invenzioni chimiche.
- Struttura del brevetto e forma delle rivendicazioni. Categorie di rivendicazioni.
- Procedura di brevettazione italiana ed europea. Cenni alla procedura PCT.
- Brevetti e licenze. Invenzioni del dipendente.
- Cause in materia di brevetti per invenzioni industriali. Azioni di contraffazione, di nullità e di rivendica. Concetto di contraffazione per equivalenza. Provvedimenti cautelari.
- Cenni agli altri diritti di proprietà industriale previsti dall'ordinamento italiano, in particolare ai marchi.

GESTIONE AZIENDALE

Crediti didattici 5

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2003-2004

ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA INDUSTRIALE

insegnamento	docente
Istituzioni di Matematiche	Clemente Zanco
Chimica Generale e Inorganica	Michele Rossi
Laboratorio Chimica Generale e Inorganica	Guido Banditelli
Laboratorio di Informatica	Raffaella Lanzarotti
Chimica Analitica	Patrizia Mussini
Laboratorio di Chimica Analitica	Patrizia Mussini
Fisica Generale	Ettore Gadioli
Calcolo Numerico	Nicoletta Bressan
Chimica Organica 1° corso	Franco Cozzi
Chimica Fisica	Paolo Carniti
Laboratorio di Chimica Fisica - Corso A	Antonella Gervasini
Laboratorio di Chimica Fisica - Corso B	Stefano Trasatti
Chimica Inorganica	Renato Ugo
Economia e Gestione delle Imprese	Mario Benassi
Laboratorio di Chimica Organica 1° corso	Mauro Cinquini
Chimica Analitica Strumentale	Michele Gullotti
Laboratorio di Chimica Analitica Strumentale	Laura Santagostini
Chimica Organica 2° corso	Emanuela Licandro
Laboratorio di Chimica Inorganica	Dominique Roberto
Chimica Biologica	Renata Zippel
Chimica Fisica Industriale	Ilenia Rossetti
Chimica Industriale	Claudia Bianchi
	Elisabetta Ranucci
Laboratorio di Chimica Industriale	Elisabetta Ranucci
	Amedea Manfredi
Laboratorio di Chimica Organica II	Maurizio Benaglia
Processi e Impianti Industriali Chimici	Vittorio Ragaini
Laboratorio di Processi e Impianti Industriali Chimici	Vittorio Ragaini
Sicurezza nell'ambiente di lavoro e strumentazione chimica	Luigi Zerilli
	Amedea Manfredi
Gestione Aziendale e Diritto Industriale	Mario Castellaneta
	Marinella Valle

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE

NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA IN CHIMICA APPLICATA E AMBIENTALE.

Il corso ha l'obiettivo di fornire le conoscenze di base e metodologiche necessarie ad esplicitare con la dovuta competenza un'attività lavorativa nell'ambito:

- dell'industria chimica (sintesi, analisi, ambiente, controllo) e delle industrie collegate
- dei settori pubblici (sanità, ambiente, insegnamento e formazione)
- dell'informazione tecnico-scientifica.

Si forniscono le conoscenze e le informazioni per:

- inserirsi con capacità di autonomia nei gruppi di lavoro
- preparare ed esporre relazioni tecniche
- lavorare in modo consapevole e rispettoso di salute e ambiente
- utilizzare la lingua inglese nell'ambito lavorativo

Il curriculum del Corso di Laurea prevede una didattica teorico-pratica e lo svolgimento, preferibilmente presso aziende, di un periodo di tirocinio finale con preparazione dell'elaborato da discutere in sede di esame di laurea.

L'orientamento opportuno del tirocinio garantisce il completo raggiungimento della gamma degli obiettivi formativi e quindi la capacità tecnica di questa nuova figura professionale per le funzioni della quale vi è grande necessità e richiesta in campi nuovi che sono di pertinenza sia del settore pubblico sia di quello privato.

La durata del corso di laurea in Chimica Applicata e Ambientale è di tre anni.

Al compimento degli studi viene conseguita la laurea in Chimica Applicata e Ambientale, classe delle lauree in Scienze e Tecnologie Chimiche.

Per l'ammissione al corso di laurea in Chimica Applicata e Ambientale si applicano le disposizioni previste dal Regolamento didattico d'Ateneo, parte prima – art. 5, dal Regolamento della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali e dal Regolamento didattico del corso di Laurea.

L'itinerario didattico è articolato in semestri e prevede un primo biennio inteso a fornire una preparazione di base e un terzo anno di carattere più specificatamente professionalizzante.

Durante il terzo anno lo studente deve svolgere un tirocinio (per un periodo di circa quattro mesi), presso industrie del settore o laboratori di ricerca sia pubblici sia privati rispondenti ai requisiti stabiliti dalla struttura didattica competente al fine di preparare l'elaborato di laurea.

La quantità di lavoro di apprendimento svolto in un anno da uno studente, impegnato a tempo pieno negli studi universitari ed in possesso di adeguata preparazione iniziale, è fissata in 60 crediti

ORGANIZZAZIONE DEGLI STUDI

La numerazione < > si riferisce al numero degli esami da sostenere. Gli insegnamenti indicati con lo stesso numero prevedono un unico voto d'esame.

PRIMO ANNO

codice	insegnamento		crediti	SSD
I semestre				
F46001	Istituzioni di matematiche ¹	<1>	9	MAT/05
F44002	Chimica generale e inorganica	<2>	9	CHIM/03
	Lab. chim. generale e inorganica		6	
F44003	Laboratorio di Informatica	<3>	3	INF/01
Totale			0	
II semestre				
F46024	Fisica Generale ²	<4>	8	FIS/01
F44005	Chimica Analitica con laboratorio	<5>	5	CHIM/01
	Chimica Elettroanalitica con laboratorio		5	
F44006	Chimica organica	<6>	7	CHIM/06
	Laboratorio Chimica Organica		5	
F45015	Prova lingua inglese	<prova 1>	3	
Totale			33	

SECONDO ANNO

codice	Insegnamento		crediti	SSD
I semestre				
F44039	Chimica Fisica delle Interfasi		3	CHIM/02
F44040	Chimica Fisica	<7>	7	CHIM/02
	Laboratorio di chimica Fisica		5	
F44009	Chimica Inorganica e dei Materiali Inorganici con laboratorio	<8>	7	CHIM/03
F45016	Controllo Qualità e Certificazione ³	<9>	6	SECS-P/08
F44018	Proprietà Industriale	<10>	3	IUS/04
Totale			31	
II semestre				
F44011	Comp. Organici di Interesse Industriale con laboratorio	<11>	10	CHIM/06
F45019	Chimica dell'Ambiente	<12>	6	CHIM/12
F44034	Analisi chimica Strumentale	<13>	4	CHIM/01
F44035	Analisi di Strutture Molecolari	<14>	4	CHIM/06
-----	Corso a scelta	<15>	4	
Totale			28	

(*) Insegnamento da codificare

TERZO ANNO

codice	insegnamento		crediti	SSD
I semestre				
F44033	Controllo Ambientale	<16>	4	CHIM/12
F44042	Tecnologie Industriali di Disinquinamento(*)	<17>	6	CHIM/02
F44015	Elementi di Impianti Chimici	<18>	5	ING-IND/25
F44016	Chimica Organica Fine e Macromolecolare	<19>	7	CHIM/04

¹ Mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale

² Parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica Industriale

³ Insegnamento mutuato dal Corso di Laurea Triennale in Chimica

F45014	Chimica Biologica	<20>	7	BIO/10
-----	Corso a scelta	<21>	5	
Totale			34	
II semestre				
	Tirocinio (circa 4 mesi)		21	
	Prova finale		6	
Totale			27	

Nove crediti sono a disposizione dello studente per essere destinati ad insegnamenti liberamente scelti tra quelli attivati presso la Facoltà di Scienze M.F.N. o altre Facoltà ("Corso a scelta" delle precedenti tabelle). Per facilitare una scelta di tali insegnamenti coerente con gli obiettivi formativi del corso di laurea, sono attivati gli insegnamenti opzionali indicati nella seguente Tabella.

Insegnamenti opzionali attivati per l'a.a. 2008/09

	codice	insegnamento	crediti	SSD
1.	F44020	Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	4	CHIM/01
2.	F44022	Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	4	CHIM/06
3.	F44024	Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	4	CHIM/02
4.	F44025	Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	4	ING-IND/21
5.	F45033	Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici ⁽¹⁾	5	CHIM/03
6.	F44028	Ausiliari e Materiali Polimerici	5	CHIM/04
7.	F44029	Spettroscopia e Fotochimica Applicate	5	CHIM/02
8.	F44027	Metodologie di sintesi organica	5	CHIM/06
9.	F45007	Calcolo Numerico ⁽²⁾	5	MAT/08
10.	F45022	Strutturistica chimica (I modulo) ⁽¹⁾	5	CHIM/03
11.	F56018	Ecologia e Tossicologia ⁽³⁾	5	BIO/07

⁽¹⁾ mutuato parzialmente dal CL triennale in Chimica.

⁽²⁾ mutuato dal CL triennale in Chimica.

⁽³⁾ mutuato dal CL triennale in Biotecnologie.

Propedeuticità.

L'esame di "Chimica organica e Laboratorio" deve essere sostenuto prima di quello di "Composti organici di interesse industriale". Si consiglia, comunque, di sostenere gli esami di ciascun semestre prima di sostenere quelli dei semestri successivi.

Insegnamenti disattivati

- Dall'a.a. 2003-2004 sono stati disattivati i seguenti insegnamenti:
 1. F44010 Chimica Ambientale, Sicurezza e Legislazione/Controllo Ambientale
 2. F44013 Analisi chimica Strumentale/Analisi di Strutture Molecolari
- Dall'a.a. 2004-2005 vengono disattivati:
 1. F44036 Chimica dell'Ambiente
- Dall'a.a. 2005-2006 vengono disattivati:
 1. F44008 Chimica Fisica/Chimica Fisica delle Interfasi/Laboratorio di chimica Fisica
 2. F44038 Chimica ambientale, sicurezza e legislazione
 3. F44026 Chimica Inorganica Avanzata e Metallorganica
 4. F44014 Tecnologie Industriali di Disinquinamento (riduzione da 7 a 6 CFU)
- Dall'a.a. 2006-2007 vengono disattivati:
 1. F44007 Prova lingua inglese
 2. F44012 Chimica Biologica e Biotecnologie
 3. F44036 Chimica dell'Ambiente
 4. F44004 Fisica Generale
 5. F44001 Istituzioni di matematiche
 6. F44019 Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici
- Nell'a.a. 2008-2009 vengono disattivati:
 1. F44030 Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PRIMO ANNO

ISTITUZIONI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 9 (8 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni). Corso mutuato da Chimica Industriale
Prof. Clemente Zanco

Corso mutuato dal CL Triennale in Chimica Industriale. Vedi programma del corso omonimo.

CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 9 (8 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)
Prof.ssa Francesca Porta

- Atomi e particelle elementari. Isotopi ed elementi. Quantizzazione dell'energia. Teoria di Bohr per l'atomo d'idrogeno ed introduzione alla meccanica quantistica. Classificazione degli orbitali e numeri quantici. (6 ore)
- Tavola periodica degli elementi. Energia di ionizzazione. Affinità elettronica. (6 ore)
- Legame ionico e legame covalente. Strutture di Lewis. Legame dativo. Elettronegatività. Risonanza. Legame coordinativo. Legame d'idrogeno. Geometrie molecolari. Orbitali ibridi. Cenni su orbitali molecolari. (12 ore)
- Cristalli molecolari e ionici. Pressione. Legge dei gas. Comportamento dei gas reali. (2 ore)
- Sistemi e funzioni di stato. Lavoro e calore. Primo principio della termodinamica. Calore di reazione ed entalpia. Energia di legame. Entropia e secondo principio della termodinamica. Terzo principio della termodinamica. Dipendenza della costante d'equilibrio dalla temperatura. (6 ore)
- Regola delle fasi. Tensione di vapore delle soluzioni e leggi di Raoult. Punto di ebollizione e di congelamento di una soluzione. Distillazione. Soluzioni sature e solubilità. Pressione osmotica. (6 ore)
- Ordine di reazione. Processi elementari e meccanismo di reazione. Energia di attivazione. Dipendenza della velocità di reazione dalla temperatura. Velocità di reazione ed equilibrio chimico. Catalizzatori. (6 ore)
- Teoria di Arrhenius degli acidi e delle basi secondo Brønsted e Lewis. Forza degli acidi e delle basi. (4 ore)
- Energia libera e lavoro elettrico. Pile. Potenziali di ossido riduzione. Elettrolisi. Pile di pratico impiego. (10 ore)
- Chimica degli elementi dei blocchi s e p. (12 ore)

Testi consigliati:

- L. Malatesta, S. Cenini, *Principi di Chimica Generale con Esercizi*, Casa Editrice Ambrosiana, 1989.
- W. L. Masterton, C. N. Hurley, *Chimica*, Piccin, 4a edizione, 2001.
- L. Malatesta, *Compendio di Chimica Inorganica*, 4a edizione, Casa Editrice Ambrosiana, 2000.

LABORATORIO DI CHIMICA GENERALE E INORGANICA

Crediti didattici 6 (48 ore di lezione + 48 ore di esercitazioni in laboratorio)
Dott.ssa Elena Cariati

Calcolo Stechiometrico

1. Calcolo dimensionale. Sistemi internazionali di misura. Cifre significative.
2. La mole. Pesi atomici e molecolari.
3. Formule chimiche. Bilancio di reazione. Resa di reazione e agente limitante. Bilancio nelle reazioni tra ioni e ossidoriduzioni. Peso equivalente in reazioni acido-base e in ossidoriduzioni.
4. Le soluzioni. Modi di esprimere le concentrazioni. Titolazioni e loro impiego.
5. Leggi dei gas ideali. Miscugli gassosi.
6. Proprietà colligative. Legge di Raoult. Ebulloscopia, crioscopia e pressione osmotica.
7. Reazioni eso ed endotermiche. Legge di Hess
8. Equilibri chimici. Principi generali. Costanti di equilibrio. Equilibri eterogenei.
9. Calcolo del pH in sistemi monoprotici, poliprotici e in miscele.
10. Solubilità e prodotto di solubilità. Precipitazione e dissoluzione. Equilibri multipli in presenza di specie poco solubili. Costanti di formazione e dissociazione di ioni complessi.
11. Elettrochimica. Leggi di Faraday. Potenziali normali di riduzione e f.e.m. della pila. Processi elettrolitici.

Esercitazioni di laboratorio

Le esercitazioni di laboratorio sono strettamente connesse alle esercitazioni numeriche e comportano l'acquisizione delle fondamentali tecniche sperimentali oltre all'applicazione, in esperimenti di laboratorio, di argomenti del Corso di Chimica Generale e Inorganica.

LABORATORIO DI INFORMATICA

Crediti didattici 3

Dott.ssa Anna Bucalo

Il corso intende fornire le nozioni di base dell'informatica e preparare gli studenti all'uso del foglio elettronico e di un linguaggio di programmazione.

Il corso non prevede particolari prerequisiti.

- Architetture hardware e software.
 - La macchina di von Neumann, gerarchie di memoria.
 - Software di sistema e software applicativo.
 - Applicazioni: elaboratori di testi e fogli elettronici.
- Reti di calcolatori.
 - Architetture e protocolli.
 - Internet e il World Wide Web.
- Introduzione alla programmazione.
 - Algoritmi e linguaggi.
 - Rappresentazione delle informazioni: codifica di caratteri e numeri
 - Un esempio di linguaggio di programmazione (Matlab)

FISICA GENERALE

Crediti didattici 8

Prof. Ettore Gadioli

Corso mutuato dal CL Triennale in Chimica Industriale. Vedi programma del corso omonimo.

CHIMICA ANALITICA CON LABORATORIO

Crediti didattici 5

Dott.ssa Paola Fermo

Gli argomenti trattati si articolano in tre parti:

- *Trattamento dei dati analitici* (cifre significative, errori sistematici e casuali, accuratezza, precisione, varianza, deviazione standard, test t, selezione e controllo dei metodi analitici, metodo delle carte di controllo);
- *Chimica delle soluzioni acquose* (equilibri acido-base, formazione di complessi, equilibri eterogenei, effetto della presenza degli elettroliti sugli equilibri ionici);
- *Metodi di analisi chimica* (gravimetria, termogravimetria (TGA, DTA, DSC), volumetria: principi generali, titolazioni acido-base, titolazioni per precipitazione, titolazioni con formazione di complessi, titolazioni di ossido-riduzione);

Durante le lezioni di laboratorio verranno eseguite alcune determinazioni sia gravimetriche che volumetriche; in particolare si determineranno alcuni parametri significativi al fine della valutazione dell'inquinamento delle acque quali COD e BOB.

Testo consigliato:

- D. A. Skoog, D. M. West e F. J. Holler, *Chimica analitica una introduzione*, Edises, Napoli (terza edizione)

CHIMICA ELETTROANALITICA CON LABORATORIO

Crediti didattici 5 (2.5 di lezioni e 2.5 di laboratorio)

Dott. Luigi Falcicola

Lezioni teoriche

Introduzione alla Chimica Elettroanalitica. Tecniche Elettroanalitiche Conduttimetriche. Cenni di termodinamica elettrochimica. Tecniche Elettroanalitiche Potenzimetriche. Cenni di cinetica elettrochimica. Tecniche Elettroanalitiche Amperometriche. Tecniche Elettroanalitiche Voltammetriche.

Esercitazioni pratiche in Laboratorio

(8 pomeriggi di 4 ore: 32 ore + 4 ore di lezioni introduttive e preparatorie = 2.5 crediti)

Verranno condotte esperienze (precedentemente presentate in modo dettagliato) riguardanti le principali tecniche elettroanalitiche trattate nelle lezioni teoriche:

1. Conduttimetria: taratura del conduttimetro; misure dirette; titolazione conduttimetrica di una miscela di acido forte e debole.
2. Potenziometria (pH-metria): taratura del pH-metro; misure dirette; titolazione pH-metrica di una miscela di acido forte e debole; titolazione di un amminoacido e suo riconoscimento attraverso trattazione con metodo di De Levie.
3. Potenziometria (ISE): costruzione e taratura di un ISE per ioni potassio; taratura di un ISE per ioni fluoruro e determinazione del contenuto di fluoro in un dentifricio commerciale.
4. Potenziometria (Analisi delle Acque): determinazione della durezza totale, temporanea e permanente e del contenuto di cloruri di un'acqua minerale commerciale.
5. Amperometria: determinazione del contenuto di acqua in un miele commerciale attraverso metodo di Karl Fischer.
6. Voltammetria (CV): determinazione di Ferrocene, Me₂-Ferrocene e Me₁₀-Ferrocene ed Acido Ferrocenildicarbossilico.
7. Voltammetria (Polimeri conduttori): preparazione e caratterizzazione di un polimero conduttore sensore per Ag⁺.
8. Voltammetria (Sensori): determinazione dei catecoli nella birra con sensore voltammetrico (bananatrode) a base di enzima contenuto nelle banane.

Il programma dettagliato del Corso è disponibile al seguente indirizzo web:
<http://users.unimi.it/ECEA/didattica/caa.html>

Testi consigliati:

- Skoog; West; Holler; Crouch – *Fundamentals of Analytical Chemistry*; casa editrice: Thomson, Capitoli: 18-23
- P.M.S. Monk – *Fundamentals of Electroanalytical Chemistry*; casa editrice: Wiley-VCH
- C.M.A. Brett; A.M. Oliveira Brett – *Electroanalysis*; casa editrice: Oxford University Press
- J. Wang – *Analytical Electrochemistry*; casa editrice: Wiley-VCH

CHIMICA ORGANICA

Crediti didattici 7 (6CFU lezioni + 1 CFU esercitazioni)

Prof. Daniele Passarella

- Introduzione al corso e principi generali;
- La struttura ed il legame delle molecole organiche;
- La struttura e la reattività;
- I gruppi funzionali;
- Alcani: il petrolio e la pirolisi
- La nomenclatura dei composti organici
- Principi di analisi conformazionale;
- Cicloalcani;
- Alcheni;
- Introduzione alle reazioni organiche;
- Dieni coniugati;
- Risonanza (accenno ai composti aromatici);
- Gli alchini;
- Stereochimica; Regole di successione R-S, Proiezione di Fischer
- Alogenuri alchilici;
- Reazioni di sostituzione nucleofila;
- Reazione di eliminazione;
- Alcoli; Eteri; Epossidi; Tioli e solfuri;
- Radicali; Carbocationi; Carbanioni
- Composti carbonilici;
- Acidi carbossilici e derivati acilici;
- Enoli e anioni enolato;
- Condensazione aldolica;
- Composti carbonilici α,β -insaturi;
- Condensazione di Claisen;
- Sintesi malonica;
- Sintesi acetoacetica;
- Ammine.

Testo adottato:

- K.P.C. Vollhardt - *Chimica Organica* - Zanichelli Bologna

Testi consigliati:

- S. Ege, *Chimica Organica*, Edizioni Sorbona, Milano.
- A. Streitwieser, Jr. - Heathcock, C.H. -E.M. Kosower *Chimica Organica* - EdiSES
- Brown – Foote – *Inversion Chimica Organica (terza edizione)*, EDISES s.r.l.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA

Crediti formativi 5 (CFU 1.25 per 10 ore di lezioni e CFU 3.75 per 60 ore di laboratorio)

Prof.ssa Laura Raimondi

Esercitazioni

Prima settimana (20 ore)

Operazioni fondamentali

Cristallizzazione di un campione di acido benzoico reso impuro da un residuo UV visibile (TLC).

Separazione acido/base di una miscela di p-cloroanilina/nitrobenzene e successiva cristallizzazione della p-cloroanilina e distillazione del nitrobenzene; caratterizzazione dei prodotti per IR.

Cromatografia su colonna: separazione di una miscela di alcool benzilico e salicilato d'etile

Seconda settimana (20 ore)

Alifatica

Riduzione con sodio boro idruro della benzaldeide ad alcool benzilico con caratterizzazione dei prodotti per IR.

Ossidazione cromica del cicloesano a cicloesanone e successivo smaltimento dei sali di cromo III. Purificazione per distillazione del chetone ottenuto e caratterizzazione per IR.

Condensazione aldolica tra acetone ed alcool benzilico. Cristallizzazione del prodotto di condensazione.

Terza settimana (20 ore)

Aromatica

E' prevista una sequenza sintetica: preparazione dell'acetanilide dall'anilina, nitratura dell'acetanilide e successiva idrolisi dell'amide a p-nitro anilina.

Lezioni Frontali (10 ore)

Composizione struttura e formula delle molecole organiche: analisi elementare, formula empirica e molecolare, isomeri strutturali.

Purificazione delle sostanze organiche

La sicurezza nei laboratori chimici

PROVA DI LINGUA INGLESE

Crediti didattici 3

Vedi le istruzioni riportate nelle Informazioni Generali sui corsi chimici al paragrafo "Verifica della conoscenza della lingua inglese".

SECONDO ANNO

CHIMICA FISICA DELLE INTERFASI

Crediti didattici 3

Prof.ssa Silvia Ardizzone

Definizione di interfase. Tensione superficiale. Fenomeni di adsorbimento. Isotherme di adsorbimento ed equazioni di stato bidimensionali. Isotherma di Henry ed isotherma di Langmuir. Fenomeni di elettrificazione alla superficie di solidi. (1 CFU)
Natura e composizione di terreni naturali. Struttura e reattività di argille. Metodiche per la determinazione sperimentale di isotherme di adsorbimento di metalli pesanti alla superficie di terreni. Natura delle interazioni adsorbente/adsorbato ai fini della rimozione di inquinanti dai terreni. Surfactant enhanced remediation. Sistemi colloidali liofili e liofobi: soluzioni micellari, emulsioni, schiume, dispersioni solido-liquido. (2 CFU)

Testi consigliati

- Adamson, A.W., Gast, A.P., Physical Chemistry of Surfaces, 6th edition, John Wiley, New York 1997.
- R. Aveyard, D.A. Haydon, An Introduction to the Principles of Surface Chemistry, Cambridge chemistry Texts, 1973..

CHIMICA FISICA

Crediti formativi 7 (CFU 6 di lezioni e 1 CFU di esercizi numerici)

Prof.ssa Sandra Rondinini

NB: il programma si riferisce all'a.a. 2006-2007, allorché il corso era svolto dal prof. Giorgio Fiori

Termodinamica

- Le proprietà dei gas: equazioni di stato, il modello cinetico, gas reali.
- La prima legge della termodinamica: conservazione dell'energia, energia interna ed entalpia.
- Termochimica: trasformazioni fisiche, reazioni chimiche.
- La seconda legge della termodinamica: l'entropia, l'energia di Gibbs.
- L'equilibrio di fase nelle sostanze pure: la termodinamica delle transizioni, i diagrammi di fase.
- Le proprietà delle miscele: descrizione termodinamica, proprietà colligative, diagrammi di fase.
- I principi dell'equilibrio chimico: fondamenti termodinamici, la risposta dell'equilibrio alle condizioni sperimentali.

Struttura atomica e molecolare

- La teoria quantistica: insufficienze della fisica classica, la dinamica dei sistemi microscopici, applicazioni della meccanica quantistica.
- La struttura degli atomi: atomi idrogenici, atomi a più elettroni, periodicità delle proprietà atomiche, gli spettri degli atomi complessi.
- Il legame chimico: la teoria del legame di valenza, la teoria dell'orbitale molecolare.
- Solidi metallici, ionici e covalenti: il legame nei solidi e le strutture cristalline.
- Interazioni molecolari: le forze di Van Der Waals, le proprietà dei liquidi.

Testo consigliato.

- Peter Atkins, Julio de Paula - *Elements of physical chemistry – fourth edition* - Oxford University Press 2005

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA

Crediti didattici 5 (2 di lezioni e 3 di esercitazioni)

Prof.ssa Elena Selli

Lezioni

- *Fondamenti di cinetica chimica (5 ore)* – Espressioni e costanti di velocità, ordine di reazione e moleolarità; tempo di semitrasformazione; reazioni di ordine zero, uno e due, reazioni di ordine superiore, determinazione dell'ordine di reazione.
- *Reazioni complesse (3 ore)* – Reazioni opposte, parallele, consecutive, approssimazione dello stato stazionario; meccanismi di reazione, stadio determinante la velocità.
- *Dipendenza dalla temperatura della velocità di reazione (4 ore)* – Equazione di Arrhenius. Teoria delle collisioni per reazioni bimolecolari e unimolecolari. Teoria del complesso attivato: coordinata di reazione, stato di transizione, equazione di Eyring, parametri di attivazione.
- *Catalisi (4 ore)* – Catalisi omogenea: catalisi acido-base e catalisi enzimatica. Catalisi eterogenea: adsorbimento, meccanismo di Langmuir-Hinshelwood.

Esercitazioni di laboratorio e relazione

Illustrazione delle esperienze di laboratorio. Esperienze di cinetica e di termodinamica chimica, elaborazione dei dati sperimentali e presentazione dei risultati, preparazione della relazione conclusiva.

Testi consigliati

- K.J. Laidler, J.H. Meiser, *Chimica Fisica*, Ed. Grasso (Bologna), 1999
- P.W. Atkins, *Elements of Physical Chemistry*, Oxford University Press, 3rd Ed., 2001

CHIMICA INORGANICA E DEI MATERIALI INORGANICI CON LABORATORIO

Crediti didattici 7 (5 CFU in aula di cui 4 di lezioni e 1 di esercitazioni, per complessive 48 ore, e 2 CFU in laboratorio per 32 ore)

Prof. Luigi Garlaschelli

- Richiamo al legame chimico in modo particolare per quanto riguarda lo stato solido e il legame metallo-metallo. (0,5 CFU, 4 ore)
- Classificazione delle strutture dei composti ionici. (0,5 CFU, 4 ore)
- Lo stato metallico. Conduttori e semiconduttori. (0,5 CFU, 4 ore)
- Esempi di materiali inorganici: sintesi, proprietà e applicazioni. (0,5 CFU, 4 ore)
- Proprietà generale degli elementi. Chimica descrittiva di alcuni elementi dei blocchi, s, p e d. (1 CFU 8 ore)
- Composti di coordinazione: teoria del legame, magnetismo e spettri elettronici. (0,5 CFU, 4 ore)
- Teoria generale degli acidi e delle basi in solventi acquosi e non. Potenziali redox e campo di stabilità degli ioni in soluzione acquosa. (0,5 CFU, 4 ore)
- Per alcuni argomenti saranno anche proposti esercizi di tipo applicativo. (1 CFU, 16 ore)
- Laboratorio: sintesi e caratterizzazione di alcuni composti inorganici e di coordinazione.

Libro di testo consigliato:

- J. D. Lee, *Chimica Inorganica*, Piccin.

CONTROLLO QUALITÀ E CERTIFICAZIONE

Crediti didattici 6

Insegnamento mutuato dal CL Triennale in Chimica, vedi programma del corso omonimo

PROPRIETÀ INDUSTRIALE

Crediti didattici 3

Dottor Gualtiero Dragotti

Introduzione al diritto industriale

Nozione ed oggetto del diritto industriale -I fondamenti giuridici ed economici del sistema delle privative - Cenni alle diverse privative: brevetti, modelli, marchi - Brevetto e sfruttamento dell'invenzione in regime di segreto - Invenzioni di prodotto, di procedimento e d'uso - Invenzioni e scoperte

Riferimenti normativi

Legislazione nazionale - Legislazione internazionale - Legislazione Europea e Comunitaria - Varietà Vegetali - Rapporti tra i diversi sistemi normativi - La natura sovranazionale del diritto dei brevetti

I requisiti di validità del brevetto

Le invenzioni non brevettabili: scoperte, software, metodi commerciali, novità vegetali e razze animali, metodi terapeutici - Industrialità - Liceità - Novità - Altezza inventiva

Procedura di deposito nazionale

Differenza tra sistema con esame e senza esame - Gli allegati alla domanda di brevetto: titolo, riassunto, descrizione, disegni, rivendicazioni - Il procedimento di brevettazione: Deposito, Esame, Modifiche della domanda, Concessione - Procedura di ricorso

Procedura di deposito CBE

La struttura dell'Ufficio Europeo dei Brevetti - Il problema linguistico - Il procedimento di brevettazione - Efficacia del brevetto europeo in Italia - Cenni alla procedura PCT

Le cause di nullità del brevetto

Tassatività delle cause di nullità - carenza dei requisiti - insufficienza della descrizione - estensione oltre il contenuto della domanda iniziale - brevettazione del non avente diritto - conversione del brevetto nullo - l'azione di nullità del brevetto

L'interpretazione del brevetto

Ambito dell'esclusiva - descrizione e rivendicazioni - brevetto di prodotto e brevetto di procedimento - la contraffazione per equivalenti - la contraffazione indiretta - gli usi consentiti: uso sperimentale, eccezione galenica, uso personale

Le invenzioni del dipendente

Invenzione di servizio - invenzione d'azienda - invenzione occasionale - le invenzioni in ambito universitario - determinazione dell'equo premio

La circolazione del brevetto

Cessione - licenza - licenza negoziale e licenza obbligatoria - insufficiente attuazione - brevetto dipendente - Regolamento sui trasferimenti di tecnologia - Il problema delle importazioni parallele: l'esaurimento dei diritti di brevetto

La difesa del brevetto

La domanda di contraffazione - presunzioni - competenza (forum shopping) - rimedi - cenni alla difesa penale

I provvedimenti cautelari a tutela del brevetto

La procedura cautelare - descrizione - sequestro - inibitoria - pubblicazione

Nell'ambito del corso verrà svolto un seminario di approfondimento.

Per ogni comunicazione il Prof. Dragotti può essere raggiunto all'indirizzo dir.ind@pdlawit.com

CHIMICA DELL'AMBIENTE

Crediti didattici 6

Prof. Gianmaria Zanderighi

Insegnamento mutuato dal Triennale in Chimica, vedi programma del corso omonimo.

COMPOSTI ORGANICI DI INTERESSE INDUSTRIALE CON LABORATORIO

Crediti didattici 10

I modulo: Prof. Maurizio Benaglia – *II modulo:* Prof. Giovanni Russo – *III modulo* Dott.ssa Laura Poletti

Modulo I (5 CFU, Prof. Maurizio Benaglia)

Composti aromatici. Nomenclatura. Aromaticità del benzene; energia di risonanza. Idrocarburi aromatici policiclici. Regola di Hückel. Reattività dell'anello benzenico: sostituzione elettrofila aromatica. Effetti dei sostituenti. Alchilbenzeni. Fenoli. Benzenammine. Alogenobenzeni. Composti organometallici; Ossidazioni e riduzioni. Cenni sulla reattività del naftalene. Sostituzione nucleofila aromatica. Sostituzione via benzino.

Analisi retrosintetica. Disconnessioni. Sintoni. Interconversione di gruppi funzionali. Inversione di polarità.

Reazioni pericicliche. Cicloaddizioni. Sintesi di Diels-Alder. Reazioni sigmatropiche. Reazioni elettrocicliche.

Sintesi e reattività dei composti aromatici eterociclici: furani, pirroli, tiofeni. Indoli, piridine, chinoline; cicli a 5 termini con due eteroatomi; schema generale di sintesi; Sintesi di pirazoli, isossazoli e imidazoli.

Chemioselettività. Reazioni selettive, gruppi protettivi; sintesi asimmetrica. Risoluzione di racemi. Il 'pool' chirale. Reagenti e catalizzatori chirali. Reazioni stereoselettive. Reazioni stereospecifiche. Prochiralità.

Reazioni di trasposizione. Trasposizione pinacolica. Trasposizione dienone-fenolo. Trasposizione benzilica. Trasposizione di Favorskii. Trasposizione di Baeyer-Villiger. Trasposizione di Beckmann.

Reazioni radicaliche. Formazione. Struttura. Spettroscopia. Stabilità. Reattività. Reazioni a catena.

Modulo II (2 CFU, Prof. Giovanni Russo)

Carboidrati. Nomenclatura, struttura, stereochimica, forme cicliche. Reazioni. Glicosidi. Di-, oligo- e polisaccaridi. Cenni su glicolipidi, glicoproteine e glicosidi con attività biologica. Lipidi. Trigliceridi. Acidi grassi. Saponi. Cere. Terpeni e steroidi. Amminoacidi, peptidi e proteine. Struttura, sintesi e reazioni degli amminoacidi. Sintesi dei peptidi. Struttura primaria, secondaria e terziaria delle proteine. Acidi nucleici. Struttura. Nucleosidi e nucleotidi. DNA e RNA. Biosintesi delle proteine.

Libri consigliati:

- J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers, *Fondamenti di Chimica Organica*, Zanichelli.
- J. Clayden, N. Greeves, S. Warren, P. Wothers, *Organic Chemistry*, Oxford.
- S. Ege, R. Kleinman, M.L.C. Carter, *Chimica Organica: Study Guide*, Edizioni Sorbona.
- A. Streitwieser, Jr, C.H. Heathcock, *Introduzione alla Chimica Organica*, Ed. Piccin.

Modulo III (3 CFU, Dott.ssa Laura Poletti)

Il modulo si articola in 8 ore di lezioni di preparazione al laboratorio (in particolare metodi di protezione e riduzione di gruppi funzionali) e in 40 ore di esercitazioni pratiche a banco singolo. Durante le lezioni frontali si affronteranno tematiche inerenti alla sintesi organica e alla sicurezza e prevenzione nei laboratori chimici.

Esercitazioni in laboratorio:

- I ESPERIENZA: benzoilazione dell'alfa-metil-D-glucopiranoside
- II ESPERIENZA: nitratura dell'acetammide: un esempio di reazione elettrofila aromatica
- III ESPERIENZA: Sintesi del p-tolilindolo. Tipica reazione di chimica eterociclica.
- IV ESPERIENZA: cicloaddizione 1,3 dipolare tra un nitrilossido e un alchene. Sintesi di una ossazolina chirale.
- V ESPERIENZA: riduzione del benzoilformiato di metile con lievito. Una reazione enantioselettiva.

ANALISI CHIMICA STRUMENTALE

Crediti didattici 4 (3 di lezioni e 1 di laboratorio)

Prof.ssa Elena Cariati

Lezioni frontali (ore totali: 24)

- Introduzione alla spettroscopia: proprietà della radiazione elettromagnetica, assorbimento ed emissione, legge di Lambert-Beer
- Spettroscopia atomica: spettroscopia di assorbimento atomico in fiamma ed elettrotermica, spettroscopia di emissione atomica in fiamma e in plasma ad accoppiamento induttivo (ICP)
- Spettroscopia elettronica: assorbimento e fluorescenza
- Spettroscopia vibrazionale: infrarosso, FTIR e Raman

Esercitazioni (ore totali: 16)

Apprendimento dei principi di funzionamento della strumentazione per spettroscopia analitica, in particolare degli spettrofotometri per assorbimento atomico in fiamma, ICP, UV-visibile e FTIR nonché di uno spettrofluorimetro.

Analisi quantitativa di un metallo in soluzione acquosa.

Identificazione dei componenti di una miscela incognita di composti inorganici mediante le tecniche spettroanalitiche illustrate a lezione.

ANALISI DI STRUTTURE MOLECOLARI

Crediti didattici 4

Prof.ssa Rita Annunziata

Il corso deve fornire gli strumenti di base per analizzare la struttura di composti organici, a peso molecolare medio, attraverso lo studio delle loro caratteristiche spettroscopiche fondamentali.

Sarà dato particolare rilievo all'identificazione dei più importanti gruppi funzionali (utilizzo della spettroscopia UV e IR) ed alla caratterizzazione di intorni molecolari significativi (spettroscopia di RMN e MS).

Poiché, per l'analisi strutturale è particolarmente importante l'impiego comparativo di queste tecniche, sarà data particolare attenzione all'uso concertato nello studio di strutture organiche.

La spettroscopia elettronica 2 ore

La spettroscopia visibile ed ultravioletta applicata alla chimica organica. L'acquisizione di spettri elettronici di composti organici e presentazione dei dati. Descrizione di alcuni cromofori, auxocromi ed effetto della coniugazione.

La spettroscopia rotovibrazionale 2 ore

Uso della spettroscopia IR in chimica organica. Acquisizione di spettri infrarosso dei principali gruppi funzionali di composti organici.

La risonanza magnetica nucleare 24 ore

Cenni sulle proprietà magnetiche dei nuclei dotati di spin e loro comportamento in presenza di un campo magnetico. Spettroscopia ad impulsi. Acquisizione di spettri di risonanza magnetica nucleare relativi ai nuclei ^1H e ^{13}C con analisi dei dati spettrali. Descrizione delle principali sequenze monodimensionali.

La spettrometria di massa 4 ore

Lo spettrometro di massa. Metodi di ionizzazione. Metodi d'analisi degli ioni in fase gassosa. Principali frammentazioni delle molecole organiche.

Uso combinato di queste tecniche per l'analisi strutturale

TERZO ANNO

CONTROLLO AMBIENTALE

Crediti didattici 4

Prof.ssa Anna Bortoluzzi

Obiettivi del corso:

Il corso è suddiviso in tre sezioni per permettere di analizzare, sotto diversi punti di osservazione, il controllo ambientale e quindi fornire un quadro organico e completo delle conoscenze. Nella prima sezione del corso si trattano in dettaglio le fonti di inquinamento industriale ed il controllo che l'impresa esercita su queste. Vengono anche presentati i sistemi di gestione ambientale regolamentati dalla normazione volontaria (ISO 14001 e regolamento EMAS). Nella seconda sezione sono presentati i controlli di competenza degli enti preposti sulla base della legislazione cogente. Nella terza sezione viene presentato il controllo esercitato socialmente dalla collettività e la tutela legislativa a questo scopo introdotta dalla Comunità Europea ed Internazionale.

Introduzione al corso:

Il controllo ambientale – L'impresa ed i sistemi di gestione ambientale :

Breve illustrazione di tecnologie e sistemi antinquinamento

- sistemi e impianti di controllo delle emissioni atmosferiche, del trattamento acque, del trattamento suolo e fanghi.
- L'impresa e la conformità legislativa
- l'analisi ambientale iniziale, i principali adempimenti legislativi per le piccole aziende (la gestione dei rifiuti, la gestione delle acque, le emissioni in atmosfera, altri adempimenti).

L'impresa e la prevenzione dell'inquinamento

- il sistema di gestione ambientale, la normativa volontaria di riferimento ISO 14001 e regolamento EMAS, la realizzazione di un sistema di gestione ambientale (la pianificazione, la realizzazione, i controlli e la valutazione), eco-audit ed eco-label, la certificazione ambientale dei prodotti industriali.

Esercitazione: valutazione della conformità legislativa di un'azienda campione attraverso l'utilizzo del software LCS (distribuito in CD ai corsisti).

Il controllo ambientale – Gli enti preposti al controllo :

Gli Enti

- ANPA, ARPA, controlli provinciali e regionali, VVFF. I laboratori
- l'accreditamento dei laboratori, le metodiche analitiche normate, la gestione dei prelievi e del campionamento.

Le sanzioni

- la giurisprudenza per gli aspetti ambientali più significativi nella realtà delle piccole aziende.

Seminario: le acque industriali e di scarico: approfondimento sul quadro legislativo ed i controlli applicati nel contesto industriale (in collaborazione con un rappresentante ARPA). Esame dettagliato di alcune metodiche analitiche utilizzate per il controllo delle acque.

Il controllo ambientale – Gli interessi della collettività e la legislazione comunitaria:

Le risorse ambientali nella teoria classica, neoclassica e nell'economia ecologica. Il pensiero ambientalista e il giusto valore da dare alle risorse naturali. Il ruolo dei governi in materia ambientale. Come le scelte dei consumatori incidono sulla gestione ambientale dell'impresa. Lo sviluppo ecologicamente sostenibile. I benefici delle imprese ecologicamente sostenibili.

Testi consigliati:

- Vari – *Ambiente e competitività* – IPASERVIZI EditoreL. Brida – *L'autovalutazione degli adempimenti ambientali* – Il Sole 24 OreM. Di Muzio – *Vademecum per l'ambiente* – EPC LibriM. Fabrizio P. Ficco – *Codice dell'ambiente* – Il Sole 24 Ore
- P. Soprani – *Codice della sicurezza* – Il Sole 24 OreElenco di siti internet consigliati e appunti dalle lezioni

TECNOLOGIE INDUSTRIALI DI DISINQUINAMENTO

Crediti didattici 6

Prof. Paolo Longhi

- A) Tipologie delle emissioni solide, liquide e aeriformi da impianti chimici, centrali termoelettriche e altri impianti e cicli di produzione industriali.
- B) Reflui liquidi industriali: impatto ambientale; tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti fisici, chimici e chimico-fisici.
- C) Reflui liquidi industriali: tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti biologici.
- D) Emissioni aeriformi: origine; permanenza in atmosfera ed effetti inquinanti; tecniche di abbattimento degli inquinati mediante trattamenti fisici, chimici e chimico-fisici.

ELEMENTI DI IMPIANTI CHIMICI

Crediti didattici 5 - Modalità d'esame: l'esame di profitto consiste nell'analisi dettagliata di un flow-sheet di un processo industriale ed in un colloquio orale.

Prof.ssa Claudia Bianchi

- *Analisi di flow-sheet (6 ore)* - Analisi di flow-sheet di processi industriali. Simbologia utilizzata. Bilanci di materia. Bilanci di energia. Applicazioni a casi reali.
- *Il ciclo dell'acqua in un impianto industriale chimico (3 ore)*
- *Cenni teorici sul trasferimento di calore e sul trasferimento di massa (5 ore)*
- *Cenni teorici e pratici sugli scambiatori di calore (3 ore)* - Definizione del coefficiente globale di scambio termico. Calcolo del calore scambiato nell'unità di tempo. Scambiatori a fascio tubiero, a tubi alettati e compatti. Problemi dovuti all'incrostamento.
- *Pompe e compressori (3 ore).*
- *Cinetica applicata (9 ore)* - Richiami di cinetica chimica. Reazioni a stadi. Catalisi acido-basica. Autocatalisi. Catalisi eterogenea. Modelli cinetici per le reazioni catalitiche. Limitazioni diffusive, trasferimento di massa e di calore tra un fluido ed una superficie, trasferimento di massa con reazione chimica, trasferimento di massa all'interno di granuli porosi. Reazioni tra gas e liquidi. Reazioni in sistemi trifasici gas-liquido-solido.
- *Metodi di separazione (5 ore)* - Filtrazione. Assorbimento. Distillazione/rettifica. Metodi sperimentali per la determinazione dell'equilibrio liquido-vapore.
- *Processi e reattori chimici (10 ore)* - Reattori discontinui. Reattori continui a completo mescolamento. Reattori continui con flusso a pistone. Reattori continui non-ideali. Sistemi formati da più reattori. Reattori con riciclo. Reattori per reazioni gas-liquido. Reattori per reazioni gas-solido. Reattori per reazioni trifasiche.

Alcune lezioni teoriche saranno seguite da esercitazioni numeriche.

Testi consigliati:

- O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, Wiley, New York, 1972
- L. Forni, *Fenomeni di trasporto*, Cortina, Milano, 1994
- C.O. Bennett, J.E. Meyers, *Momentum, heat and mass transfer*, McGraw-Hill, New York, 1962

Modalità d'Esame

L'esame di profitto consiste nell'analisi dettagliata di un flow-sheet di un processo industriale ed in un colloquio orale.

CHIMICA ORGANICA FINE E MACROMOLECOLARE

Crediti didattici 7

I modulo: Dott.ssa Amedea Manfredi – II modulo: Prof.ssa Elisabetta Ranucci

I Modulo: Chimica Organica Fine (3,5 CFU)

- Ricerca e sviluppo di un processo di Chimica Fine. Problemi collegati con lo scale-up: reattori, separazioni, misura dei volumi, campionamento, evaporazione a secchezza, controllo della temperatura, isolamento di prodotti solidi; sicurezza e pericoli termochimici: reazioni fuggitive e decomposizioni termiche. Statistiche sugli incidenti, criteri di previsione: ARC e programma CHETAH. Scelta della via sintetica: sintesi lineari e convergenti, teoria dell'atom economy, reaction mass efficiency, complessità molecolare, catalisi, numero dei passaggi, resa. Solventi e reagenti per lo scale-up: tossicità e infiammabilità, criteri di scelta. Problemi di impatto ambientale: trasporto di materiali, controllo dell'inquinamento, minimizzazione degli scarti. Regolamentazioni: FDA, GMP, validazione dei processi. Esempi articolati di sintesi industriali di prodotti della Chimica Organica Fine.

II Modulo: Chimica macromolecolare (3,5 CFU)

Definizioni introduttive fondamentali e concetto di distribuzione dei pesi molecolari nei polimeri. Sintesi di polimeri mediante polimerizzazione radicalica. Sintesi di polimeri mediante polimerizzazione a stadi. Sintesi di polimeri mediante polimerizzazione coordinata. Principali proprietà dei polimeri: proprietà termiche, viscosità in soluzione.

Libri di testo consigliati:

- W. CABRI, R. DI FABIO - *From bench to market. The evolution of chemical synthesis* Oxford University Press - New York
- OLJAN REPIC - *Principles of process research and chemical development in the chemical pharmaceutical industry*. John Wiley & Sons, inc.

CHIMICA BIOLOGICA E BIOTECNOLOGIE

Crediti didattici 7

Corso mutuato, vedi programma di Chimica Biologica del CL Triennale in Chimica

CORSI OPZIONALI

CHIMICA ANALITICA (APPLICATA AI BENI CULTURALI)

Crediti didattici 4

Prof.ssa Silvia Bruni

Introduzione al corso (2 ore)

Correlazione tra arte, archeologia e chimica analitica

Metodi di analisi elementare applicati all'opera d'arte o al reperto archeologico: il problema della provenienza dei materiali (10 ore)

Fluorescenza di raggi X (XRF) ed emissione di raggi X indotta da particelle (PIXE). Analisi per attivazione neutronica. Spettroscopia atomica (ICP-AES), ICP-MS, LA-ICP-MS. Trattamento statistico del dato analitico: cenni ai metodi di analisi multivariata .

Le microspettroscopie vibrazionali (micro-FTIR e micro-Raman) per il riconoscimento dei pigmenti degli artisti (4 ore)

Metodi di analisi delle fasi mineralogiche: lo studio della tecnologia di cottura delle ceramiche antiche (4 ore)

Diffrazione di raggi X da polveri (XRD) e spettroscopia FTIR.

La microscopia elettronica a scansione (SEM) abbinata all'analisi EDX: lo studio delle superfici dipinte dei manufatti ceramici (2 ore)

Tecniche di analisi molecolare: l'identificazione dei residui organici archeologici (4 ore)

Applicazioni di spettroscopia infrarossa, spettroscopia di risonanza magnetica nucleare (NMR), spettrometria di massa, gas cromatografia – spettrometria di massa (GC-MS)-

Esercitazioni (12 ore)

Dimostrazioni di: utilizzo di apparecchiature per XRF per l'analisi di materiali di interesse artistico; utilizzo di uno spettrometro Raman o FTIR per la caratterizzazione di pigmenti in opere d'arte; utilizzo di uno strumento SEM-EDX applicato ad un frammento di ceramica antica con rivestimento; utilizzo di un diffrattometro a raggi X per polveri per l'analisi della composizione mineralogica di una ceramica antica; utilizzo di un'apparecchiatura per GC-MS per il riconoscimento di un residuo organico archeologico.

SOSTANZE NATURALI E APPLICAZIONI INDUSTRIALI

Crediti didattici 4

Dott.ssa Alessandra Silvani

1. Metabolismo primario e secondario.
2. I mattoni biosintetici del metabolismo secondario: unità C₁; unità C₂ o acetato; unità C₅ o isoprenica; unità C₆C₃ o fenilpropilica; unità C₆C₂N o fenilalaninica; unità indolo-C₂N o triptofanica; unità C₄N o dell'ornitina; unità C₅N o della lisina.
3. I meccanismi di costruzione del metabolismo secondario: reazioni di sostituzione nucleofila e di addizione elettrofila; reazioni di trasposizione; reazione aldolica e di Claisen; reazioni di basi di Schiff e di Mannich; transaminazione; decarbossilazione; riduzione, ossidazione ed accoppiamento ossidativo; reazioni di glicosilazione.
4. La via biogenetica dell'acetato: acidi grassi saturi, insaturi acetilenici, ramificati; prostaglandine; polichetidi aromatici.
5. La via biogenetica dello shikimato: amminoacidi aromatici e semplici acidi benzoici; acidi cinnamici; lignani; cumarine; flavonoidi.
6. La via biogenetica del mevalonato: emiterpeni; monoterpeni ed iridoidi; sesquiterpeni; diterpeni; sesterterpeni; triterpeni; steroidi e fitosteroli.
7. Alcaloidi, peptidi, proteine ed altri derivati amminoacidici; alcaloidi pirrolidinici, pirrolizidinici, piperidinici, tetraidroisochinolinici semplici e modificati; alcaloidi indolici e dell'ergot; ormoni peptidici; peptidi modificati (β-lattami).
8. Sostanze Naturali di interesse industriale: metodi di isolamento, purificazione e riconoscimento; ormoni adrenocorticali/corticosteroidi; progestinici, estrogeni e androgeni; glicosidi cardioattivi; saponine steroidee; sostanze naturali ad attività antitumorale; sostanze naturali ad attività epatoprotettiva, antibatterica e sul SNC.

TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE AMBIENTALI

Crediti didattici 4 (3 CFU lezioni frontali + 1 CFU esperienze di laboratorio)

Dott. Alberto Vertova

NB: il programma si riferisce all'a.a. 2006-2007, allorché il corso era svolto dalla prof.ssa Sandra Rondinini

- Sistemi elettrochimici (2 ore): principi di funzionamento, elettrodi (materiali e geometrie), celle (materiali e geometrie)
- Processi elettrochimici puliti (8 ore): applicazioni per l'industria nei settori della produzione di energia (sistemi di accumulo dell'energia e pile a combustibile), chimica fine, chimica farmaceutica, industria agro-alimentare, ecc. Fotoelettrochimica. Tecnologie elettrochimiche applicate ai monitoraggi ambientali.
- Tecnologie elettrochimiche per il disinquinamento (6 ore): sistemi elettrolitici per la degradazione di inquinanti e microinquinanti organici, rimozione di inquinanti inorganici, riduzione e condizionamento degli scarichi
- Tecnologie elettrochimiche per il recupero e riciclaggio di materiali e la trasformazione dei residui industriali (8 ore): processi elettrolitici a membrana tipo elettrodialisi ed elettro-elettrodialisi, cenni di funzionamento delle membrane a scambio ionico, uso delle membrane bipolari

Esperienze di laboratorio (16 ore) sui temi: "Conversione di energia" (4 ore), "Degradazione di coloranti" (4 ore), "Recupero di rame" (4 ore) e "Rigenerazione di acido e base" (4 ore)

Materiale didattico e Testi Consigliati:

Durante il corso viene fornito il materiale didattico usato per le lezioni frontali, sotto forma di fotocopie o presentazioni al computer; si suggeriscono inoltre, a titolo consultivo, i seguenti testi:

- *Modern Electrochemistry: Electrode Processes in Chemistry, Engineering, Biology, and Environmental Science* by John O'm Bockris, Amulya K. N. Reddy, J. O'M Bockris, Maria Gamboa-Aldeco, Plenum Press, 2000
- *Industrial Electrochemistry* by Derek Pletcher, Frank C. Walsh, Chapman and Hall, 1990

MATERIALI STRUTTURALI PER L'INDUSTRIA CHIMICA

Crediti didattici 4

Dott. Stefano Trasatti

- tipi di danneggiamento dei materiali strutturali (rottture meccaniche in funzione della temperatura, attacchi da corrosione)
- elementi riguardanti le caratteristiche meccaniche: resilienza a bassa temperatura, carico di snervamento, fatica a media temperatura, creep ad alta temperatura
- principi di corrosione
- criteri di scelta dei materiali strutturali
- esempi applicativi (flowsheet di un impianto chimico, descrizione delle condizioni di processo, selezione dei materiali adatti alle varie apparecchiature)
- controlli non distruttivi in fase di manutenzione degli impianti
- bibliografia

METODI DI INDAGINE STRUTTURALE DI MATERIALI INORGANICI

Crediti didattici 5

Dott. Piero Macchi

Corso mutuato dal CL Triennale in Chimica. Vedi programma del corso omonimo.

METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA

Crediti didattici 5 (40 ore)

Dott. Luigi Lay

1. Metodi di formazione del legame C-C (18 ore):

generazione di carbanioni stabilizzati; alchilazione di ioni enolato (da aldeidi, chetoni, esteri, ammidi e nitrili); sintesi e utilizzo sintetico di enammine; reazioni di addizione coniugata; reazione di condensazione aldolica; reazioni di condensazione di immine e ioni imminio; acilazione di carbanioni; reazione di Wittig; cicloaddizioni (reazione di Diels-Alder e correlate); reagenti organometallici: preparazione e applicazioni nella sintesi organica.

2. Interconversione di gruppi funzionali (6 ore):

preparazione di alogenuri alchilici e di nitrili; alchilazione di ammine e ammidi; preparazione di eteri; scissione di eteri e esteri; sintesi di esteri e ammidi.

3. Riduzione e ossidazione di gruppi funzionali (10 ore):

idrogenazione; riduzione con idruri metallici; riduzione con metalli in soluzione; ossidazione di alcoli e aldeidi; ossidazione di doppi legami C-C (epossidazione e scissione ossidativa); scissione ossidativa di glicoli.

4. Strategie di sintesi organica (6 ore):

protezione di gruppi funzionali (doppio e triplo legame C-C, OH, NH₂, CO e COOH);
esempi di sintesi di molecole di media complessità.

Testi consigliati:

- F.A. Carey, R.J. Sundberg *Advanced Organic Synthesis*, IV Ed. Part B, Plenum Press

AUSILIARI E MATERIALI POLIMERICI

Crediti didattici 5

Prof. Giuseppe Di Silvestro

Il corso intende dare agli studenti i fondamenti delle proprietà dei materiali polimerici e dei problemi connessi alla modifica di queste proprietà per effetto dell'aggiunta di additivi di varia natura.

Il programma è diviso in due moduli uno legato alle proprietà dei materiali mentre l'altro è dedicato agli additivi.

Proprietà dei materiali polimerici (2.5 cfu)

1. I polimeri come materiali: caratteristiche strutturali.
2. Proprietà fisiche dei polimeri: proprietà termiche ed elettriche.
3. Proprietà meccaniche e concetto di viscoelasticità.
4. Proprietà dinamico-meccaniche.
5. Metodi di lavorazione dei materiali polimerici.

Additivi per materiali polimerici (2.5 cfu)

1. Problematica industriale dell'additivazione e metodi per ottenerla.
2. Stabilizzanti termici ed UV
3. Ritardanti di fiamma
4. Plastificanti per il controllo della temperatura di transizione vetrosa.
5. Cariche rinforzanti ed agenti di controllo della velocità di cristallizzazione e della morfologia dei materiali.
6. Cenni sui coloranti e sui compatibilizzanti di miscele polimeriche.

Nella trattazione saranno privilegiati i prodotti usati in due classi importantissime di materiali: poliolefine e poliammidi.

SPETTROSCOPIA E FOTOCHIMICA APPLICATE

Crediti didattici 5

Prof. Cesare Oliva

- *Introduzione (2 ore)* – Spettri di assorbimento e di emissione, livelli energetici, energia della radiazione, leggi di Lambert e Beer.
- *Spettroscopia vibro-rotazionale (6 ore)* – Livelli energetici rotazionali e vibrazionali, transizioni relative. Spettri rotazionali puri di molecole biatomiche e di molecole lineari e non lineari, spettroscopia nelle microonde. Spettri vibro-rotazionali, modi normali di vibrazione, frequenze caratteristiche di gruppo, spettri Raman.
- *Spettroscopia di risonanza (4 ore)* – Principi di spettroscopia di risonanza di spin elettronico e di spettroscopia di risonanza magnetica nucleare.
- *Produzione, proprietà e cammini di disattivazione di stati elettronici eccitati (8 ore)* – Assorbimento di luce. Tempi di vita, proprietà geometriche e acido-base di stati eccitati. Energie degli stati eccitati. Rilassamento vibrazionale, transizioni radiative e non radiative. Cinetica di spegnimento di stati eccitati, eccimeri e ecciplessi. Rese quantiche, cinetica e meccanismi di reazioni fotochimiche.
- *Tecniche sperimentali (4 ore)* – Sorgenti di luce convenzionali, attinometria. Lasers. Spettroscopia di luminescenza. Cenni su tecniche pulsate.
- *Processi fotochimici in natura (4 ore)* – Fotosintesi. Processo visivo. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera e nell'inquinamento dell'aria.
- *Fotochimica di polimeri (4 ore)* – Meccanismi di fotopolimerizzazione, fotoinnesto e fotoreticolazione. Fotoiniziatori. Fotodegradazione e fotostabilizzazione di polimeri.
- *Fotocatalisi (4 ore)* – Processi fotoelettrochimici su semiconduttori. La fotocatalisi nella conversione di energia solare e nella degradazione di inquinanti.
- *Altre applicazioni (4 ore)* – Fotocromismo. Sintesi fotochimiche. Il processo fotografico.

Testi consigliati

- K.J. Laidler, J.H. Meiser, *Chimica Fisica*, Ed. Grasso (Bologna), 1999
- A. Gilbert, J. Baggott, *Essentials of Molecular Photochemistry*, Blackwell, 1991
- R.P. Wayne, *Principles and Applications of Photochemistry*, Oxford Science Publications, 1988

SINTESI ORGANICA A BASSO IMPATTO AMBIENTALE

Crediti didattici 5 (4 CFU lezioni frontali + 1 CFU esercitazioni)

Prof.ssa Laura Maria Raimondi

Insegnamento non attivato per l'a.a. 2008-2009

- Condizioni di reazione e scelta del solvente. Solventi protici e solventi aprotici dipolari. Reazioni in mezzi non convenzionali (fase fluorosa, liquidi ionici). Catalisi per trasferimento di fase liquido/liquido e solido/liquido.
- Atom economy
- Sintesi organica su fase solida.
- Catalisi omogenea e catalisi eterogenea. Catalisi organica.
- Catalizzatori supportati su matrice polimerica solubile ed insolubile.
- Catalizzatori enantioselettivi.

CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 5

Corso mutuato dal CL triennale in chimica, vedi programma del corso omonimo.

STRUTTURISTICA CHIMICA (I MODULO)

Crediti didattici 5

Corso parzialmente mutuato dal CL triennale in chimica, vedi programma del corso omonimo.

ECOLOGIA E TOSSICOLOGIA

Crediti didattici 5

Mutuato dal CL in Biotecnologie

Dott. Andrea Binelli

Ecosistema come concetto ecologico di base, proprietà degli ambienti sistemici, struttura e funzione dell'ecosistema, stabilità e biodiversità, produzione e decomposizione, materia ed energia, evoluzione dell'ecosistema, fattori limitanti, legge di Liebig e di Shelford, concetto di nicchia ecologica, densità di popolazione e fattori di regolazione, interazioni di popolazione (competizione, coesistenza, predazione), composizione specifica, trasferimento di materia ed energia nella catena alimentare.

Descrizione delle diverse classi di contaminanti ("naturali" e "di sintesi"), i modificatori endocrini e loro meccanismi d'azione, distribuzione dei contaminanti nell'ambiente (raggiungimento della condizione di equilibrio tra i diversi comparti ambientali, Legge di Henry), i coefficienti di ripartizione bifasici, il trasporto dei contaminanti a lunga distanza (teoria della distillazione frazionata, effetto "cavalletta", trappola fredda, reti trofiche artiche e antartiche), persistenza e degradabilità di una sostanza, il bioaccumulo (bioconcentrazione e biomagnificazione), definizione di tossicità, curve dose-effetto, tossicità acuta e cronica, valutazione della qualità di un corpo idrico, I.B.E, gli indicatori biologici, elementi di stima del rischio ambientale e per l'uomo, l'eutrofizzazione, la depurazione.

Testi consigliati:

- Provini, *Ecologia Applicata*, Città Studi Edizioni, 1998.
- S. Galassi, *Microinquinanti organici*, Hoepli, 1991.
- R. Vismara, *Ecologia Applicata*, Hoepli, 1997
- M. Vighi, *Ecotossicologia*, UTET, 1998.

**ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN CHIMICA
APPLICATA E AMBIENTALE**

insegnamento	docente
Istituzioni di matematiche	Clemente Zanco
Chimica generale e inorganica	Francesca Porta
Lab. chim. generale e inorganica	Elena Cariati
Laboratorio di Informatica	Anna Bucalo
Fisica Generale	Ettore Gadioli
Chimica Analitica con laboratorio	Paola Fermo
Chimica Elettroanalitica con laboratorio	Luigi Falciola
Chimica Organica	Daniele Passarella
Laboratorio Chimica Organica	Laura Raimondi
Chimica Fisica delle Interfasi	Silvia Ardizzone
Chimica Fisica	Sandra Rondinini
Laboratorio di Chimica Fisica	Elena Selli
Chimica Inorganica e dei Materiali Inorganici con laboratorio	Luigi Garlaschelli
Controllo Ambientale	Anna Bortoluzzi
Comp. Organici di Interesse Industriale con lab.	Maurizio Benaglia Giovanni Russo Laura Poletti
Chimica Biologica e Biotecnologie	Renata Zippel
Analisi chimica Strumentale	Elena Cariati
Analisi di Strutture Molecolari	Rita Annunziata
Tecnologie Industriali di Disinquinamento	Paolo Longhi
Elementi di Impianti Chimici	Claudia Bianchi
Chimica Organica Fine e Macromolecolare	Amedea Manfredi Elisabetta Ranucci
Controllo Qualità e Certificazione	Marina Perego
Proprietà Industriale	Gualtiero Dragotti
Metodi di Indagine Strutturale di Materiali Inorganici	Piero Macchi
Chimica Analitica (applicata ai Beni Culturali)	Silvia Bruni
Ecologia e Tossicologia	Andrea Binelli
Metodologie di Sintesi organica	Luigi Lay
Sostanze Naturali e Applicazioni Industriali	Alessandra Silvani
Sintesi Organica a Basso Impatto Ambientale (Insegnamento non attivato per l'a.a. 2008/09)	Laura Maria Raimondi
Ausiliari e Materiali Polimerici	Giuseppe Di Silvestro
Spettroscopia e Fotochimica Applicate	Cesare Oliva
Tecnologie Elettrochimiche Ambientali	Alberto Vertova
Materiali Strutturali per l'Industria Chimica	Stefano Trasatti
Calcolo Numerico	Flavia De Tisi

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE

NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE

Premessa

Il Corso biennale di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche ha l'obiettivo di fornire una solida preparazione culturale nei diversi settori della chimica in tutti i suoi aspetti sia teorici sia sperimentali che permetta di raggiungere una buona padronanza del metodo scientifico di indagine.

Il laureato avrà conoscenze approfondite nel settore delle più moderne metodologie di sintesi di composti chimici, quali farmaci, molecole bioorganiche e bioinorganiche, nuovi materiali, catalizzatori omogenei ed eterogenei. La sua preparazione lo metterà in grado di raggiungere una ampia autonomia nell'ambito lavorativo che gli consentirà di raggiungere una elevata responsabilità nell'attuazione di progetti e strutture.

Obiettivi formativi generali e specifici

I laureati del corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche avranno una formazione volta a fornire:

- una approfondita preparazione culturale nei diversi settori della chimica, nei suoi aspetti teorici e sperimentali;
- la padronanza del metodo scientifico di indagine e la conoscenza degli strumenti matematici ed informatici di supporto;
- un'ampia autonomia nell'ambito del lavoro, che permetta una elevata responsabilità nella realizzazione di progetti e strutture;
- l'acquisizione delle tecniche utili per la comprensione di fenomeni a livello molecolare e delle competenze specialistiche in uno specifico settore della chimica e della biochimica;
- vaste conoscenze nel settore delle più moderne metodologie di sintesi di composti chimici, quali farmaci, molecole bioorganiche e bioinorganiche, nuovi materiali, catalizzatori omogenei ed eterogenei;
- una solida preparazione per l'applicazione ai sistemi chimici di metodi teorici di simulazione e di modellistica computazionale.

Abilità e competenze acquisite

Il laureato magistrale in Scienze Chimiche ha l'abilità e le conoscenze idonee a svolgere attività professionali altamente qualificata nell'ambito della gestione aziendale e dei laboratori di ricerca in campo chimico e chimico-farmaceutico. Il chimico deve possedere, oltre ad una approfondita conoscenza della scienza e tecnologia chimica e delle mansioni gestionali, anche il rigore necessario ad applicare puntualmente il metodo scientifico. Sarà in grado di organizzare il lavoro di ricerca, di definire i temi di sviluppo ed i programmi relativi, di assicurare l'integrazione congiunta dei vari settori della ricerca e di garantire l'aggiornamento scientifico nonché di verificare i risultati raggiunti e promuovere il loro sviluppo e la loro applicazione.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

Tra le attività che i laureati magistrali svolgeranno si indicano in particolare: le attività di promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché di gestione e progettazione delle tecnologie, e l'esercizio di funzioni di elevata responsabilità nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione.

Conoscenze per l'accesso

Per essere ammesso al corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche il laureato deve possedere i seguenti requisiti curriculari:

- per quanto riguarda le attività formative di base, almeno un totale di 19 CFU nelle discipline degli ambiti matematico informatico e fisico;
- per quanto riguarda le attività formative caratterizzanti, almeno 55 CFU complessivi.

Accesso da corsi di Laurea triennali dell'Università degli Studi di Milano

- F45-CHIMICA Note: Laurea conseguita presso l'Università degli Studi di Milano

Accesso da altri corsi di laurea

Possono anche accedervi, con riconoscimento eventualmente parziale dei crediti formativi (CFU), coloro che siano in possesso di un'altra laurea della classe 21, Scienze e Tecnologie Chimiche, oppure della classe 1, Biotecnologie, della classe 27, Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura, nonché coloro che siano in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto idoneo.

Informazioni e modalità organizzative per immatricolazione

Possono accedere al corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche, con riconoscimento integrale dei crediti formativi universitari acquisiti, i laureati dell'Università degli Studi di Milano nelle lauree della Classe delle lauree in "Scienze e Tecnologie Chimiche" - classe 21.

Possono altresì accedervi coloro che siano in possesso di una laurea (sia del nuovo ordinamento che del vecchio ordinamento) conseguita presso l'Università degli Studi di Milano o presso altro Ateneo o di altro titolo di studio conseguito all'estero, riconosciuto valido; per essere ammesso al corso di laurea magistrale il laureato deve possedere almeno 120 CFU riconducibili al regolamento didattico del corso di Laurea in Chimica della Facoltà di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali dell'Università di Milano.

Le modalità di ammissione alla laurea magistrale sono riportate nella parte generale della presente guida.

ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.

Struttura del corso

Le attività formative saranno costituite da corsi di insegnamento, esercitazioni numeriche e di laboratorio, seminari, attività didattiche a piccoli gruppi, corsi liberi, partecipazione a seminari, conferenze, convegni, tirocinio/stage (svolto in strutture universitarie e/o all'esterno), attività di ricerca relative alla tesi di laurea, attività di ricerca bibliografica.

I corsi di insegnamento potranno essere organizzati per moduli.

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è computato in crediti formativi (CFU), corrispondenti a 25 ore di lavoro per lo studente.

La frazione dell'impegno orario complessivo riservata allo studio personale o alle altre attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico è così determinata:

- nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento e 17 ore di studio personale;
- nel caso di esercitazioni numeriche e di laboratorio, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio personale;
- nel caso del lavoro di tirocinio e di tesi, 25 ore di lavoro.

Per conseguire la laurea magistrale lo studente deve avere acquisito 120 crediti..

N. orientamenti

3

Descrizione orientamenti

Il corso di laurea è articolato in tre curricula (curriculum A, B e C).

Gli studenti possono discostarsi dai curricula previsti e presentare un piano di studio individuale, nel rispetto delle norme del Regolamento Didattico della Facoltà di Scienze MM. FF. NN e del Regolamento Didattico del Corso di Laurea. Ogni piano di studio individuale verrà vagliato dalla Commissione piani di studio e sarà sottoposto al Consiglio di Coordinamento Didattico, che lo potrà approvare o respingere.

Attività formativa.

Le attività formative nelle diverse aree scientifico-disciplinari per i diversi curricula, e i corrispondenti crediti (CFU), sono specificati nella tabella che segue.

Curriculum A : Inorganico-Chimico Fisico

Insegnamenti obbligatori (dalla Tab. 1)	a) fondamentali:	- CHIM/02 o CHIM/03 (18 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (5 CFU) - INF/01 (3CFU) - CHIM/08 o GEO/06 (4 CFU)
Insegnamenti opzionali (dalla Tab. 2)	- CHIM/02 o CHIM/03 (12 CFU) - CHIM/06 (6 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Altre attività (tesina e lavoro su banche dati):	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 51 CFU	

Curriculum B : Organico

Insegnamenti obbligatori (dalla Tab. 1)	a) fondamentali:	- CHIM/06 (18 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (5 CFU) - INF/01 (3CFU) - CHIM/08 o GEO/06 (4 CFU)
Insegnamenti opzionali (dalla Tab. 2)	- CHIM/06 (12 CFU) - CHIM/02 o CHIM/03 (6 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	

Altre attività (tesina e lavoro su banche dati):	- 6 CFU
Tirocinio	- 9 CFU
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 51 CFU

Curriculum C : Interdisciplinare

Insegnamenti obbligatori (dalla Tab. 1)	a) fondamentali:	- CHIM/02 (9 CFU) e CHIM/03 (9CFU), - oppure: CHIM/02 (9 CFU) e CHIM/06 (9 CFU), - oppure: CHIM/03 (9 CFU) e CHIM/06 (9 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (5 CFU) - INF/01 (3CFU) - CHIM/08 o GEO/06 (4 CFU)
Insegnamenti opzionali (dalla Tab. 2)	- CHIM/02, CHIM/03, CHIM/06 (18 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Altre attività (tesina e lavoro su banche dati):	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 51CFU	

Organizzazione didattica

PRIMO ANNO

	<i>insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	attività formativa	SSD
1° semestre					
F84017	Complementi di matematica *	<1>	5	c	MAT/05
F83009	Informatica	<2>	3	c	INF/01
	Un insegnamento con relativo laboratorio dalla Tab. 1	<3>	9	b	
	Un insegnamento dalla Tab. 2	<4>	6	b	
e inoltre:					
F83010	Chimica Farmaceutica	<5>	4	c	CHIM/08
<i>oppure:</i>					
F83011	Mineralogia	<5>	4	c	GEO/06
2° semestre					
	Un insegnamento con relativo laboratorio dalla Tab. 1	<6>	9	b	
	Un insegnamento dalla Tab. 2	<7>	6	b	
	Un insegnamento dalla Tab. 2	<8>	6	b	
	Insegnamento a libera scelta	<9>	6	d	
	Tesina e lavoro su banche dati	<prova 1>	6	f	

* in comune con il CL magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali

La “tesina e lavoro su banche dati” sarà svolta sotto la guida di un docente che assegnerà il tema della ricerca, nell'ambito del curriculum scelto. I risultati della ricerca saranno raccolti in un elaborato che verrà valutato da una apposita commissione presieduta dal docente responsabile.

Gli insegnamenti scelti dalle Tab. 1 e 2 dovranno essere compatibili con la distribuzione, nelle diverse aree scientifico-disciplinari, dei CFU più sopra indicati per la attività formativa di ciascuno dei diversi curricula. A tale scopo gli studenti si avvarranno dei suggerimenti della Commissione Piani di Studio.

SECONDO ANNO

	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>attività formativa</i>
Tirocinio		9	f
Laboratorio di tesi	<prova finale>	51	e

Tabella 1

n.	codice	insegnamenti	CFU	SSD	anno/ semestre
i)	F83003	Chimica Fisica (A) e Laboratorio di Chimica Fisica (A)	6+3	CHIM/02	I/1°
ii)	F83004	Chimica Fisica (B) e Laboratorio di Chimica Fisica (B)	6+3	CHIM/02	I/2°
iii)	F83005	Chimica Inorganica (A) e Laborat. di Chimica Inorganica (A)	6+3	CHIM/03	I/1°
iv)	F83006	Chimica Inorganica (B) e Lab. di Chimica Inorganica (B)	6+3	CHIM/03	I/2°
v)	F83007	Chimica Organica (A) e Lab. di Chimica Organica (A)	6+3	CHIM/06	I/1°
vi)	F83008	Chimica Organica (B) e Lab. di Chimica Organica (B)	6+3	CHIM/06	I/2°

Tabella 2

n.	codice	insegnamenti	CFU	SSD	semestre
1	F83015	Chimica Fisica (Cristallochimica)	6	CHIM/02	1°
2	F83016	Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi ⁽¹⁾	6	CHIM/02	2°
3	F83017	Chimica Fisica dello Stato Solido e delle Superfici	6	CHIM/02	2°
4	F83018	Chimica Teorica	6	CHIM/02	2°
5		Elettrochimica (Organica)	6	CHIM/02	2°
6	F83020	Fotochimica ⁽¹⁾	6	CHIM/02	1°
7	F83021	Chimica Bioinorganica ⁽¹⁾	6	CHIM/03	1°
8	F83022	Stereochimica Inorganica	6	CHIM/03	2°
9	F83023	Chimica Inorganica (Applicazioni)	6	CHIM/03	1°
10	F83024	Chimica Inorganica (Complementi)	6	CHIM/03	2°
11	F83025	Chimica Inorganica (Cristallochimica)	6	CHIM/03	1°
12	F83026	Chimica Inorganica (Reattività dei composti metallorganici)	6	CHIM/03	1°
13	F83027	Chimica Metallorganica (Catalisi omogenea)	6	CHIM/03	2°
14	F83028	Chimica dello Stato Solido ⁽¹⁾	6	CHIM/03	2°
15	F83029	Metodologie avanzate di sintesi organica	6	CHIM/06	1°
16	F83030	Chimica Bioorganica ⁽¹⁾	6	CHIM/06	1°
17	F83031	Chimica dei Composti Organometallici	6	CHIM/06	1°
18	F83032	Metodi Fisici Avanzati in Chimica Organica ⁽²⁾	6	CHIM/06	1°
19	F83033	Chimica Organica (complementi)	6	CHIM/06	2°

20	F83042	Stereochimica organica ⁽¹⁾	6	CHIM/06	1°
21	F83043	Chimica organica superiore	6	CHIM/06	2°
22	F83044	Meccanismi delle reazioni organiche	6	CHIM/06	2°
23	F83046	Chimica Supramolecolare ⁽¹⁾	6	CHIM/03	2°

⁽¹⁾ in comune con il CL magistrale in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali

⁽²⁾ scelta riservata ai curricula B e C.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PRIMO ANNO**Insegnamenti della tabella 1****CHIMICA FISICA (A)***Crediti didattici 6*

Prof. Mario Raimondi

Introduzione a metodi statistici. Descrizione statistica di sistemi di particelle: definizione dello stato di un sistema in meccanica classica e in meccanica quantistica. Termodinamica statistica: Postulati probabilistici fondamentali e concetto di equilibrio e processo reversibile. Processi irreversibili e teorema della mobilità. Insieme statistico rappresentativo. Trattazione statistica della interazione termica di sistemi macroscopici. Equilibrio termico. Temperatura. Entropia. Trattazione statistica della interazione meccanica. Calcolo statistico di quantità termodinamiche. Sistemi in equilibrio con una riserva termica: equilibrio canonico. Applicazioni semplici di meccanica statistica: Trattazione del gas perfetto. Interpretazione microscopica della equazione di stato dei gas perfetti. Calcolo dell'entropia; paradosso di Gibbs ed indistinguibilità. Teorema di equipartizione dell'energia ed applicazioni. Calore specifico dei solidi e modello di Einstein. Paramagnetismo; distribuzione di Maxwell delle velocità. Effusione. Pressione come trasporto di momento. Trattazione statistica dell'equilibrio chimico. Sistemi di miscele di gas. Condizioni generali di equilibrio chimico: trattazione statistica delle condizioni di equilibrio e derivazione della espressione della costante di equilibrio in termini delle funzioni partizione molecolari. Collegamento con la spettroscopia e calcolo della funzione partizione di molecole poliatomiche: calcolo del contributo traslazionale, vibrazionale e rotazionale. Meccanica statistica quantistica: Distribuzioni statistiche quantistiche. Statistica di Maxwell – Boltzmann. Statistica di Planck. Statistica Bose-Einstein. Statistica di Fermi-Dirac. Limite classico delle distribuzioni quantistiche. Applicazioni a gas quantistici ideali. Problema del corpo nero. Gli elettroni di conduzione dei metalli. Funzione di Fermi e calcolo quantitativo del calore specifico dei metalli. Sistemi non ideali. Solidi: teoria di Debye. Gas reale: derivazione della equazione di Van der Waals a partire da un potenziale attrattivo approssimato. Equazione del viriale. Teoria del trasporto. Trattazione delle collisioni: tempo di collisione. Libero cammino medio. Sezione d'urto. Viscosità: calcolo del coefficiente di viscosità per un gas diluito. Calcolo del coefficiente di conducibilità termica. Diffusione. Calcolo del coefficiente di diffusione. Equazione della diffusione. Conducibilità elettrica. Processi di trasporto e funzione di distribuzione. Equazione di Boltzmann in assenza ed in presenza di collisioni. Formulazione basata sull'integrale di percorso. Soluzioni approssimate dell'equazione di Boltzmann. Processi irreversibili e fluttuazioni. Equazione di Langevin. Analisi dettagliata dei moti Browniani. Teorema di fluttuazione e dissipazione. Derivazione dell'equazione di Fokker-Planck. Soluzione dell'equazione di Fokker-Planck.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (A)*Crediti didattici 3*

Prof. Emanuele Ortoleva

Durante il laboratorio verrà studiata mediante calcoli quantomeccanici una reazione chimica.

Verranno utilizzate le nozioni di punti stabili e punti di sella sulla superficie di Born-Oppenheimer, modi normali di vibrazione, coordinata intrinseca di reazione. Verranno utilizzati i principali concetti di termodinamica statistica per calcolare le costanti di equilibri e la costante cinetica mediante l'equazione di Eyring.

Verranno, inoltre fatte ipotesi di reattività a partire dal calcolo del potenziale elettrostatico..

CHIMICA FISICA (B)*Crediti Didattici: 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di esercitazioni)*

Prof. Gian Franco Tantardini

- Strutture periodiche e reticolo cristallino, operazioni di simmetria, indici di *Miller*, reticoli di *Bravais*, strutture cristalline semplici. Teoria generale della diffrazione, reticolo reciproco, condizioni di diffrazione di *von Laue*, interpretazione di *Bragg*, zone di *Brillouin*, fattori di struttura, metodi ed esperimenti di diffrazione.
- Dinamica atomica nei cristalli, energia potenziale, equazioni di moto, vibrazioni reticolari, catena lineare biatomica, relazioni di dispersione, fononi acustici e ottici, densità degli stati, energia termica di un oscillatore armonico, capacità termica fononica, modelli di *Einstein* e di *Debye*.
- Modello a elettroni liberi, funzione di distribuzione di Fermi, capacità termica del gas di elettroni. Simmetria traslazionale e teorema di *Bloch*, approssimazione dell'elettrone quasi libero, approssimazione Tight Binding, bande di energia, densità degli stati, superfici di Fermi.
- Struttura di superfici solide, ricostruzione, strutture di adsorbati, metodi sperimentali per lo studio di superfici (*STM*, *AFM*, *LEED*, *XPS*, *UPS*, *AES*, *EELS*).
- Processi molecolari su superfici solide, fisisorbimento, chemisorbimento molecolare e dissociativo, dinamica di adsorbimento (attivato, non attivato, diretto, mediato da stato precursore) e di desorbimento, *microscopic reversibility* e

detailed balance, topografia della superficie di energia potenziale, influenza delle diverse componenti dell'energia su adsorbimento e desorbimento, approccio molecolare ai meccanismi di reazione su superfici (*Langmuir-Hinshelwood* e *Eley-Rideal*), ruolo degli *Hot Atom*.

- Esercitazioni - Risoluzione di problemi ed esempi.

Testi di consultazione:

- H. Ibach, H. Luth, *Solid State Physics (An Introduction to Principles of Materials Science)*, Springer, 3a ed., 2003
- K.W. Kolasinski, *Surface Science - Foundations of Catalysis and Nanoscience*, John Wiley & Sons LTD, 2002

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA (B)

Crediti didattici 3

Dott. Marco Scavini

Classificazione dei difetti puntuali; loro influenza sulle proprietà fisiche dei solidi. Diagrammi di fase a uno due e tre componenti. Transizioni di fase: classificazione di Buerger e di Ehrenfest. Equazione di Avrami. Reattività dei solidi: reazioni solido-solido.

I concetti sopra descritti sono applicati allo studio di un numero limitato di sistemi solidi modello, evidenziando l'interdipendenza tra la struttura cristallina, la struttura dei difetti e le proprietà fisiche risultanti. In particolare sono studiati materiali superconduttori e conduttori ionici tipo FIC (Fast Ionic Conductors).

Tecniche sperimentali descritte ed utilizzate: sintesi allo stato solido, diffrazione di raggi-X su polveri, microscopia elettronica, spettroscopia di impedenza, calorimetria differenziale a scansione, termogravimetria, Risonanza Paramagnetica Elettronica.

CHIMICA INORGANICA (A)

Crediti didattici 6

Prof. Alessandro Pasini

Parte 1, Complementi di chimica degli elementi.

Idrogeno. Gruppi 1 e 2. Gruppo 13. Gruppo 14. Gruppo 15. Gruppo 16. Gruppo 17. Gruppo 18. Metalli di transizione.

Parte 2. Il sistema metallo-legante.

Definizioni e proprietà.

Aspetti termodinamici. Geometrie di coordinazione. Aspetti elettronici.

Stati di ossidazione e loro stabilizzazione.

Descrittiva di alcuni leganti: ossido di carbonio; fosfine; olefine; ciclopentadienili e sistemi aromatici; allili; idruri; sigma alchili; complessi eta 2 di legami sigma di-idrogeno e sistemi agostici; carbeni e carbeni di Arduengo.

Parte 3. Reattività dei composti di coordinazione e organometallici.

Molecole stereochimicamente non rigide.

Reazioni di sostituzione dei leganti.

Reazioni di trasferimento elettronico.

Reazioni di somma ossidativa. Reazioni con i substrati seguenti: legami multipli; protoni; alogenuri alchilici; di-idrogeno e sua attivazione; attivazione dei legami C-H.

Reazioni di eliminazione riduttiva.

Reazioni di migrazione-inserzione. Alchili su CO; idruri su olefine e beta eliminazione; alchili su olefine; oligomerizzazione di etilene.

Attivazioni elettrofile e nucleofile di leganti. Attacchi nucleofili a CO coordinato; a olefine e sistemi pi delocalizzati. Processo Wacker.

Esempi di cicli catalitici. Idrogenazioni; carbonilazione del metanolo; idroformilazione; processo SHOP; metatesi delle olefine.

Parte 4. Aspetti farmacologici.

Cisplatino. Cenni ad altri aspetti.

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (A)

Crediti didattici 3

Dott.ssa Emma Gallo

Il corso prevede la sintesi e la caratterizzazione di complessi di coordinazione. Le esercitazioni di laboratorio prevedono l'approfondimento di alcuni argomenti trattati nel corso di Chimica Inorganica (A):

1. Sintesi templata
2. Sintesi di complessi idrurici
3. Attivazione dell'azoto e dell'ossigeno molecolare
4. Reazioni di sostituzione dei leganti
5. Reazioni di somma ossidativa

Le esercitazioni sono precedute da un pre-laboratorio durante il quale verranno analizzate le problematiche teoriche e pratiche delle singole esperienze e verranno illustrati gli spettri IR, UV e NMR di tutti i composti da sintetizzare. Alcune sintesi prevedono più di un passaggio per studiare la reattività dei complessi intermedi. Le sintesi dei complessi sensibili all'umidità e/o all'ossigeno dell'aria sono eseguite in atmosfera inerte utilizzando la tecnica Schlenk (vuoto/azoto). Gli studenti in questa fase del corso utilizzeranno rampe e vetreria speciale.

L'obiettivo del corso è fornire agli studenti la manualità necessaria per la sintesi di complessi di coordinazione anche sensibili all'aria.

Testo consigliato:

- *Manuale di Laboratorio di Chimica Inorganica A* (Emma Gallo, Ed.: CUSL-Milano)

CHIMICA INORGANICA (B)

Crediti didattici 6

Prof. Angelo Sironi

Lo scopo primario del corso è quello di:

- i) mostrare l'importanza del concetto di struttura molecolare per la razionalizzazione della reattività e delle proprietà spettroscopiche;
- ii) discutere le principali metodologie (diffratometriche e spettroscopiche) usate per la determinazione (anche solo parziale) della struttura molecolare nei diversi stati di aggregazione, al fine di evidenziare le interconnessioni esistenti tra i procedimenti di modellazione e di determinazione strutturale;
- iii) fornire gli strumenti necessari per la ricerca, la valutazione dell'affidabilità e l'utilizzazione delle informazioni strutturali presenti nella letteratura scientifica;
- iv) descrivere il Principio di Correlazione di Struttura e le sue principali derivazioni ed implicazioni [dalle correlazioni distanza, ordine ed energia di legame all'Analisi Quantitativa degli Effetti dei Leganti (QALE)];
- v) descrivere alcuni modelli teorici (dai diagrammi di Walsh alla Meccanica Molecolare) utili per la razionalizzazione della stereochimica, della termochimica e della reattività dei composti organometallici e di coordinazione;

LABORATORIO DI CHIMICA INORGANICA (B)

Crediti didattici 3

Prof. Angelo Sironi

Gli studenti, suddivisi in gruppi, affronteranno una esperienza tra quelle qui di seguito elencate. Le lezioni del corso avranno carattere tutoriale e ciascun gruppo di studenti, durante l'espletamento dell'attività assegnatagli, riceverà suggerimenti sulle modalità operative e sulle letture necessarie all'approfondimento teorico di quanto messo in pratica. Le esperienze, che prevedono un impiego esteso di elaboratori elettronici, riguarderanno alcune tecniche fondamentali nell'ambito delle discipline Inorganico-Strutturali:

- i) determinazione della struttura cristallina e molecolare di un composto organometallico mediante diffrazione a Raggi X su monocristallo;
- ii) analisi qualitative e quantitative di fasi inorganiche utilizzando la diffrazione a raggi X su materiali policristallini;
- iii) valutazione dell'ingombro sterico medio di un legante mediante l'uso combinato di dinamica e meccanica molecolare (ER di Brown);
- iv) razionalizzazione della stereochimica di una classe di composti organometallici mediante l'uso della grafica e della meccanica molecolare;
- v) utilizzo delle banche dati cristallografiche nella razionalizzazione della stereochimica dei composti organometallici;

CHIMICA ORGANICA (A)

Crediti didattici 6 (48 ore)

Prof. Giovanni Russo

8 ore [1 CFU]

Stereochimica. Chiralità in assenza di carboni stereogenici. Conformazione assoluta. Reazioni stereoselettive e stereospecifiche. Topismo. Prochiralità. Reazioni enantioselettive e diastereoselettive. Induzione asimmetrica. Effetti conformazionali, sterici e stereoelettronici. Conformazioni delle molecole acicliche e cicliche. Effetto degli eteroatomi. Tensione di anello. Effetto della tensione angolare sulla reattività. Regola di Bredt. Regole di Baldwin. Effetti conformazionali, torsionali e stereoelettronici sulla reattività.

8 ore [1 CFU]

Meccanismi di reazione. Dati termodinamici. Dati cinetici. Ordini di reazione e costanti di velocità. Stadio lento. Stato stazionario. Teoria dello stato di transizione. Energia libera di attivazione. Principio di reversibilità microscopica. Equazione di Hammett. Reazioni a controllo cinetico e a controllo termodinamico. Postulato di Hammond. Principio di Curtin-Hammett. Isotopi e meccanismi di reazione. Modi di rilevazione. Caratterizzazione degli intermedi di reazione. Catalisi acida e basica. Catalisi specifica e catalisi generale. Legge della catalisi di Brønsted. Catalisi con acidi di Lewis. Effetti del solvente. Effetti strutturali in fase gassosa. Stereochimica e meccanismi di reazione.

8 ore [1 CFU]

Sostituzioni nucleofile. Solventi nucleofili e non nucleofili. Carbocationi. Nucleofilicità. Basicità termodinamica e cinetica. Nucleofilicità e solvatazione. Solventi polari protici e aprotici. Gruppo uscente. Effetto sterico sulla velocità di sostituzione e sulla velocità di ionizzazione. Effetti dei sostituenti sulla reattività. Stereochimica delle sostituzioni nucleofile. Partecipazione dei gruppi vicinali. Trasposizioni dei carbocationi. Il catione non classico. Il catione norbornile.

4 ore [0,5 CFU]

Reazioni di addizione. Cinetica. Stereochimica. Trasposizioni. Alcheni tensionati. Somma 1,2 e 1,4 ai dieni. Addizione elettrofila di ioni metallici. Addizione agli alchini. Addizioni agli alleni.

Reazioni di eliminazione. Teoria dello stato di transizione variabile. Diagramma di reazione tridimensionale. Effetti di orientamento. Stereochimica. Trasposizioni e competizione con le SN1. Eliminazioni di organometallici. Eliminazioni di derivati di Pb, Sn, Si. Reazioni di vinilsilani, vinilstannani, allilsilani e allilstannani.

20 ore [2,5 CFU]

PMO. FO. HOMO e LUMO. Reazioni pericicliche. Regole di Woodward e Hoffmann. Reazioni elettrocicliche. Reazioni sigmatropiche. Trasposizioni di Cope. Trasposizione di Claisen. Trasferimento di chiralità. Trasposizioni sigmatropiche [2,3]. Reazione di Diels-Alder.

Cicloaddizioni 1,3-dipolari. Cicloaddizioni [2+2]. Cicloaddizioni fotochimiche. Reazioni eniche. Reazioni di eliminazione termica unimolecolare.

Libro consigliato:

- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, IV Edition, Part B (Reactions and Synthesis)*, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.
- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, IV Edition, Part A (Structure and Mechanisms)* Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (A)

Crediti didattici 3

Paola Del Buttero

Il corso consiste in esercitazioni di laboratorio a banco singolo.

Obiettivo di questo laboratorio è quello di stimolare nello studente, che già dovrebbe aver acquisito con i Corsi precedenti oltre ad una solida conoscenza teorica anche una buona abilità manuale, la curiosità per le problematiche connesse con il lavoro di sintesi e di ricerca e di fornirgli, per quanto possibile, una metodologia per risolverle.

A tale scopo lo studente realizzerà delle sintesi in più step di prodotti racemi di interesse applicativo, seguendo una metodologia per la maggior parte guidata, senza però precludere una certa libertà di scelta da parte dello studente, in special modo riguardo alle tecniche di recupero dei prodotti ed alla loro purificazione. Inoltre lo studente si cimenterà sulla risoluzione negli enantiomeri dei prodotti ottenuti e sulla determinazione della loro purezza ottica.

CHIMICA ORGANICA (B)

Crediti didattici 6 (48 ore)

Prof: Cesare Gennari

- Carbanioni ed altre specie nucleofile al carbonio (acidità degli idrocarburi; carbanioni stabilizzati da gruppi funzionali; enoli ed enammine; carbanioni come nucleofili nelle reazioni SN2; problemi). [0.5 CFU]
- Alchilazione di carboni nucleofili. Enolati, enammine (generazione dei carbanioni per deprotonazione; regioselettività e stereoselettività della formazione degli enolati; alchilazione degli enolati; generazione ed alchilazione dei dianioni; effetto solvente nella alchilazione degli enolati; alchilazione al carbonio e all'ossigeno; alchilazione di aldeidi esteri, ammidi e

nitrili; gli analoghi azotati degli enoli e degli enolati: enammine ed anioni delle immine; alchilazione di nucleofili al carbonio attraverso reazioni di addizione coniugata; problemi). [2 CFU]

- Reazioni di nucleofili al carbonio con gruppi carbonilici (le reazioni di addizione aldolica e condensazione aldolica; studio del meccanismo; le condensazioni aldoliche miste con aldeidi aromatiche; controllo della regiochimica e della stereochimica delle reazioni aldoliche miste di aldeidi e chetoni alifatici; reazioni aldoliche intramolecolari ed anellazione di Robinson; reazioni di addizione ad immine e a ioni imminio; la reazione di Mannich; le reazioni di condensazione catalizzate dalle ammine; le reazioni di acilazione dei carbanioni; la reazione di Wittig e reazioni correlate; reazioni di composti carbonilici con carbanioni alfa-trimetilsilil; ilidi dello zolfo e nucleofili correlati; la reazione di Darzens; problemi). [2 CFU]
- Addizioni elettrofile a legami multipli C-C: addizione di acidi alogenidrici, idratazione, ossimercuriazione, addizione di alogeni, reazioni con elettrofilo a base di zolfo e selenio, sostituzione elettrofila in alfa al gruppo carbonilico. Addizioni ad alleni e ad alchini. Idroborazione. Reazione degli organoborani: trasformazioni in alcoli, ammine, alogenuri. Idroborazione enantioselettiva, idroborazione di alchini. Problemi. [1 CFU]
- Composti organometallici del I, II e III gruppo: preparazione e reazioni di composti di organomagnesio, di organolitio, di organozinco, di organomercurio, di organoindio e di organocerio. Problemi. [0.5 CFU]

Libro consigliato:

- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, IV Edition, Part B (Reactions and Synthesis)*, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.
- F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, IV Edition, Part A (Structure and Mechanisms)* Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.

LABORATORIO DI CHIMICA ORGANICA (B)

Crediti didattici 3

Dott. Luigi Lay

Il Corso prevede l'introduzione di tecniche di laboratorio non utilizzate nei precedenti corsi, con particolare enfasi sulle tecniche di manipolazione in atmosfera inerte e sull'esecuzione di sequenze sintetiche in piu' passaggi.

COMPLEMENTI DI MATEMATICHE (1° MODULO)

Crediti didattici 2

Prof.ssa Flavia De Tisi

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2004-2005

COMPLEMENTI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 5

Prof. Alberto Alesina

- Richiami di calcolo differenziale in piu' variabili: Derivate parziali e direzionali, Gradiente, Differenziale totale, Differenziazione di funzioni composte, Cambiamenti di coordinate (cilindriche, sferiche..) in espressioni differenziali.
- Forme differenziali, Integrale di linea di una forma differenziale, Potenziale.
- Richiami sulle equazioni differenziali ordinarie, soluzione per serie di potenze, cenni alle funzioni di Bessel.
- Cenni alle Equazioni alle Derivate Parziali, con discussione di esempi di interesse per la Chimica e l'Impiantistica.
- Ottimizzazione dei parametri; minimi quadrati non lineari. Il caso dei modelli espliciti e di quelli sotto forma differenziale.
- Uso di software matematico per la soluzione di alcuni dei problemi trattati teoricamente
- Se avanza tempo:
Cenni alla Serie e alla Trasformata di Fourier. Trasformata di Fourier Discreta, Algoritmo FFT.

INFORMATICA

Crediti didattici 3

Dott.ssa Anna Morpurgo

Il corso di Informatica si propone di avviare lo studente alla programmazione in Fortran.

A. Introduzione:

- Richiami sul calcolatore, hardware e software, sistemi operativi (Windows e Linux)
- Algoritmi e programmi

- Linguaggi: sintassi e semantica - Linguaggi di programmazione - Dal programma in linguaggio ad alto livello al programma eseguibile - Paradigmi di programmazione

B. Introduzione alla programmazione in Fortran:

- Struttura di un programma Fortran
- Tipi di dati
- Istruzioni e Strutture di controllo
- Iterazione e ricorsione
- Procedure e funzioni
- lettura e scrittura

C. Uso delle librerie

D. Aspetti relativi alla gestione di un esperimento

- raccolta dei dati
- software applicativi di visualizzazione
- Grapher
- Surfer

CHIMICA FARMACEUTICA

Crediti didattici 4

Dott.ssa Laura Belvisi

A) Parte generale

- Introduzione alla Chimica Farmaceutica
- Cenni di Farmacocinetica: assorbimento, distribuzione, metabolismo, escrezione.
- Cenni di Farmacodinamica. L'interazione farmaco-recettore. Aspetti quantitativi dell'azione di un farmaco. Definizione di agonista, agonista inverso, agonista parziale e antagonista.
- I recettori: struttura e funzionamento.
- La scoperta di un farmaco 'lead'.
- Manipolazione molecolare: Isosteria, semplificazione e complicazione molecolare.
- Effetto dei sostituenti sull'attività biologica; aspetti qualitativi delle relazioni struttura-attività; brevi cenni di QSAR (relazioni quantitative struttura-attività).
- Manipolazione molecolare in funzione del metabolismo.
- Stereochimica e attività biologica.

B) Parte sistematica

Nella seconda parte del corso saranno trattati argomenti monografici che illustreranno alcune problematiche affrontate nella parte generale. La scelta delle classi di farmaci da illustrare potrà essere concordata con gli studenti.

MINERALOGIA

Crediti didattici 4

Corso mutuato dal CL in Analisi e Gestione degli Ambienti Naturali.

Insegnamenti della tabella 2

CHIMICA FISICA (CRISTALLOCHIMICA)

Crediti didattici 6 (5 CFU di lezioni + 1 CFU di Esercitazioni)

Prof. Riccardo Destro

Fondamenti di cristallografia (5 ore)

Tecniche strutturali - Elementi di cristallografia - Metodi diffrattometrici - Impacchettamenti compatti di atomi rigidi: esagonale e cubico compatto - Cavità tetraedriche ed ottaedriche - Classificazione delle strutture cristalline - Strutture ioniche: energia del reticolo cristallino secondo l'approccio di Born e Madelung - Il ciclo di Born-Haber - Equazioni semiempiriche.

Densità elettronica. (15 ore)

Il ruolo della densità di carica nello studio dei sistemi chimici - Sua determinazione sperimentale da dati di diffrazione di raggi X - Necessità della bassa temperatura soprattutto nel caso di cristalli molecolari organici - Aspetti strumentali: diffrattometri e criostati - Misura ed elaborazione dei dati - Modelli multipolari: il formalismo di Hansen-Coppens e quello di Stewart -

Proprietà elettrostatiche derivabili da dati di diffrazione, con particolare riferimento a: Laplaciano della densità elettronica, momento dipolare, potenziale elettrostatico, forze di interazione elettrostatica.

Approccio teorico alla densità elettronica (10 ore)

Definizioni - Panoramica dei metodi *ab initio* - Cenni ai metodi semiempirici ed ai metodi di campi di forza - Principio variazionale, metodo di Hartree-Fock, metodi correlati - Calcolo della densità elettronica per un solido cristallino: modello a cluster e modello periodico - Determinazione delle cariche atomiche - Procedure e problemi di partizionamento della densità elettronica - L'analisi topologica secondo la teoria quantistica degli atomi nelle molecole (QTAM) di Bader.

Forze intermolecolari (10 ore)

Contributi a lungo ed a corto raggio - Interazione elettrostatica: espressione dei termini carica-carica, carica-dipolo e dipolo-dipolo - Interazione di induzione: espressione del termine dipolo-dipolo indotto - Interazione di dispersione: formula di London - Contributi energetici dell'interazione a ponte di idrogeno - Influenza delle forze intermolecolari sull'impacchettamento delle molecole nei cristalli - Metodi computazionali per lo studio delle forze intermolecolari - Legame ad idrogeno: caratteristiche fondamentali ed esempi.

Esercitazioni (16 ore)

Calcoli su molecole isolate e su molecole in intorni di cariche puntuali - Utilizzazione del sistema di programmi VALRAY, con elaborazione di dati sperimentali misurati a 20 K - Confronto tra le densità elettroniche sperimentali e quelle provenienti da calcoli *ab initio*.

CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI

Crediti didattici 6

Prof.ssa Silvia Ardizzone

Termodinamica di sistemi contenenti una interfase. Descrizioni convenzionali della regione interfase e grandezze termodinamiche relative. Adsorbimento. Equazione di adsorbimento di Gibbs. Isoterme di adsorbimento ed equazioni di stato bidimensionali di monostrati ideali e reali.

Elettrificazione interfase. Origine della elettrificazione e componenti della differenza di potenziale interfase. Potenziali di superficie e Volta: misure al contatto liquido-gas. Componenti ioniche del doppio strato; relazioni tra parametri elettrici e chimici: modelli di Gouy-Chapman, Stern-Grahame e molecolari.

Interfasi solido-gas. Caratterizzazioni di superfici solide. Spettroscopie in UHV. Tensione superficiale ed energia libera di solidi. Fisisorbimento: tipi di isoterme. Equazioni BET. Adsorbimento su solidi porosi. Equazioni di Kelvin. Termodinamica dell'adsorbimento solido/gas.

Interfasi fluide. Equazioni di Young-Laplace e Kelvin. Misure di tensione superficiale e angolo di contatto. Energie di coesione ed adesione. Film fluidi di spandimento e adsorbimento. Sistemi colloidali liofili e liofobi di natura fluida (soluzioni micellari, emulsioni, microemulsioni, schiume).

Interfasi solido-liquido. Tensione superficiale critica e bagnabilità di superfici solide. Adsorbimento da miscele binarie di non elettroliti e da soluzioni elettrolitiche. Elettrificazione di interfasi metallo-soluzione e reversibili: accessibilità dei parametri elettrici/chimici e modelli classici e "ad hoc".

Sistemi colloidali. Classificazione e stabilità termodinamica. Preparazione di sistemi ad elevata suddivisione. Proprietà ottiche e reologiche. Proprietà elettriche e metodi sperimentali per la determinazione dei parametri relativi alle diverse regioni del doppio strato elettrico. Stabilità di sospensioni liofobe. Tipi di interazioni tra particelle. Teoria DLVO. Aspetti cinetici.

Testi consigliati

- A. W. Adamson, *Physical Chemistry of Surfaces*, 5th Ed., John Wiley & Sons, 1988.
- J. Lyklema, *Fundamentals of Interface and Colloid Science*, Academic Press, 1991.

CHIMICA FISICA DELLO STATO SOLIDO E DELLE SUPERFICI

Crediti didattici 6

Dott. Marco Scavini

I. Struttura e difetti nei solidi

Richiami di simmetria nei solidi. Strutture cristalline ed amorfe.

Tecniche sperimentali: diffrazione di polveri e di cristallo singolo, EXAFS. Sorgenti di luce di sincrotrone e di neutroni.

Classificazione dei difetti puntuali. Difetti in metalli, semiconduttori e composti. Diffusione nei solidi e conducibilità ionica. Difetti estesi.

Misure di trasporto: conducibilità in corrente continua e spettroscopia di impedenza.

II. Elettroni nei solidi

Modelli di Drude e di Sommerfeld. Teorema di Bloch: approssimazione Tight Binding; approssimazione di "elettroni quasi liberi". Struttura a Bande e densità degli stati. Metodi spettroscopici (PES e XANES).

Effetti di repulsione elettronica: modello di Hubbard. Distorsioni del reticolo governate dalla struttura elettronica nei solidi a bassa dimensionalità.

I Polaroni. Localizzazione tipo Anderson. Superconduttività: il fenomeno, la teoria BCS.

III. Magnetismo nei solidi

Introduzione: il momento magnetico. Momenti magnetici isolati. Interazioni di scambio e di dipolo magnetico. Ferromagnetismo, antiferromagnetismo, ferrimagnetismo. Ordine e rottura di simmetria: eccitazioni e domini. Competizione tra interazioni: frustrazione, spin glasses, magneti monodimensionali, magnetoresistenza

CHIMICA TEORICA

Crediti didattici 6

I modulo: dott. Rocco Martinazzo - II modulo: dott. Michele Ceotto

Introduzione: richiami di algebra lineare, funzioni ortogonali, operatori e autofunzioni, metodo variazionale.

Funzioni d'onda di sistemi a molti elettroni: il problema elettronico, orbitali, determinanti di Slater, funzioni di base, operatori ed elementi di matrice, configurazioni spin-adapted.

Approssimazione Hartree-Fock: equazioni H-F e interpretazione delle soluzioni, equazioni di Roothaan, basis set poliatomici, alcuni esempi illustrativi, unrestricted H-F per open-shell.

Metodo CI: funzioni d'onda multiconfigurazionali, matrice full CI, CI con doppiamente eccitate, alcuni esempi illustrativi, matrice densità ridotta e orbitali naturali, CI troncato e size-consistency, metodi MC-SCF e GBV.

Teoria del funzionale densità: teoremi di Hohenberg-Kohn, equazioni di Kohn-Sham, funzionali densità, approssimazione LDA, correzioni al gradiente, pseudopotenziali, esempi di applicazione del metodo DFT.

Molecolarità dei processi dinamici: introduzione alla molecolarità, processi adiabatici, dinamica classica e quantistica, processi chimici stato-a-stato, processi non adiabatici.

Testi di consultazione:

- A. Szabo, N.S. *Ostlund Modern Quantum Chemistry (Introduction to Advanced Electronic Structure Theory)*, Dover Pub. Inc., 1996

ELETTROCHIMICA (ORGANICA)

Crediti didattici 6

Prof. Paolo Longhi

Sistemi elettrochimici. Potenziali di ossido-riduzione; potenziale reversibile e potenziale standard; scale di potenziale in solventi diversi.

La regione interfase: trasferimento elettronico all'interfase elettrodo-soluzione e sua cinetica; fenomeni di adsorbimento. Step successivi elettrochimici e chimici e loro combinazioni nei processi ossidativi e riduttivi di substrati organici.

Trasferimento di massa e cinetica delle reazioni elettrochimiche sotto controllo di trasporto di materia.

Metodi per lo studio delle reazioni elettro-organiche: polarografia, voltammetria ciclica, cronopotenziometria, cronoamperometria; l'elettrodo a disco rotante ed a disco e anello.

Aspetti meccanicistici delle reazioni catodiche e anodiche su substrati organici. Schemi per la rottura o formazione elettrochimica di legami tra atomi di C, H, O, N, S, alogeni in composti organici. Comportamento elettrochimico di classi rappresentative di composti organici.

Celle di elettrolisi per lo studio dei processi elettro-organici e per la preparativa su scala di laboratorio. Scelta del materiale elettrodico, del solvente dell'elettrolito di supporto. Elettrodi di riferimento di uso pratico.

Cenni di reattoristica per i processi elettro-organici industriali: elettrodi mono- e bipolari, bi- e tridimensionali; i tipi di celle industriali impiegabili per processi elettro-organici, rendimento di corrente e resa di reazione, bilancio energetico della cella; separazione dei prodotti e riciclo dei reagenti. Criteri di scelta tra metodi elettrochimici e metodi tradizionali di chimica organica per l'ottenimento di un prodotto.

Processi elettro-organici di interesse industriale: sintesi dell'adiponitrile dell'ac. sebacico, di composti perfluorurati.

Polimerizzazione elettrochimica sull'elettrodo; polimeri conduttori ed elettrodi modificati chimicamente.

Testi di consultazione:

- "Organic Electrochemistry; an introduction and a guide". H. Lund and M.M. Baizer eds., M. Dekker, 1991.
- D. Pletcher, F.C. Walsh: "Industrial Electrochemistry" (cap. 6), Chapman and Hill, 1990

FOTOCHIMICA

Crediti didattici 6

Prof.ssa Elena Selli

- *Introduzione* (6 ore) - Reazioni termiche e fotochimiche. La natura della luce. Stati elettronici di molecole poliatomiche.

- *Produzione e proprietà di stati eccitati* (6 ore) - Assorbimento di luce. Tempi di vita, proprietà geometriche e acido-base di stati eccitati. Energie degli stati eccitati, effetto del solvente.
- *Cammini di decadimento di stati eccitati* (14 ore) - Rilassamento vibrazionale, transizioni radiative e non radiative. Cinetica di spegnimento di stati eccitati, eccimeri e ecciplessi. Rese quantiche, cinetica e meccanismi di reazioni fotochimiche.
- *Tecniche sperimentali* (6 ore) - Sorgenti di luce convenzionali, attinometria. Lasers. Spettroscopia di luminescenza. Tecniche pulsate: laser flash photolysis, luminescenza risolta nel tempo.
- *Processi fotochimici in natura* (4 ore) - Fotosintesi. Processo visivo. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera e nell'inquinamento dell'aria.
- *Fotochimica di polimeri* (4 ore) - Meccanismi di fotopolimerizzazione e fotoreticolazione. Fotoiniziatori. Fotoinnesto di monomeri per la modifica superficiale di polimeri. Fotodegradazione e fotostabilizzazione di polimeri.
- *Fotocatalisi* (4 ore) - Processi fotoelettrochimici su semiconduttori, aspetti termodinamici e cinetici. La fotocatalisi nella conversione di energia solare e nella degradazione di inquinanti.
- *Altre applicazioni* (4 ore) - Fotocromismo. Sintesi fotochimiche. Il processo fotografico.

Testi consigliati:

- A. Gilbert, J. Baggott, *Essentials of Molecular Photochemistry*, Blackwell, 1991
- R.P. Wayne, *Principles and Applications of Photochemistry*, Oxford Science Publications, 1988
- M. Klessinger, J. Michl, *Excited States and Photochemistry of Organic Molecules*, VCH, 1995

CHIMICA BIOINORGANICA

Crediti didattici 6

I modulo: prof. Michele Gullotti - II modulo: prof.ssa Tiziana Beringhelli

Il corso é sostanzialmente diviso in due parti: ad una parte generale sulle proprietà e reattività dei composti di coordinazione, soprattutto in relazione ai leganti e altre molecole di interesse biologico e sulle tecniche utilizzate per caratterizzare i siti metallici nei sistemi biologici, segue una seconda parte descrittiva in cui si evidenziano le relazioni tra struttura e funzioni di sistemi in cui i metalli hanno un ruolo determinante, in particolare i metalloenzimi e le metalloproteine.

Gli elementi essenziali in biologia.

I complessi metallici con amminoacidi, peptidi, proteine e altri chelanti naturali (nucleosidi e nucleotidi) e richiami sulle loro proprietà spettrali e magnetiche utilizzando tecniche spettroscopiche quali: risonanza magnetica nucleare per i sistemi paramagnetici, risonanza di spin elettronico, dicroismo circolare, spettroscopia Raman.

Coordinazione e attivazione dell'ossigeno, dell'azoto, dell'ossido di carbonio e di altre piccole molecole di interesse biologico.

I metalloenzimi: classificazione.

Porfirine e metalloporfirine: sintesi e proprietà spettroscopiche.

Le emoproteine: classificazione, struttura e funzioni. Emoglobina e mioglobina, citocromi b e c, citocromo c ossidasi, citocromo P-450, perossidasi e catalasi. Le ferroproteine non eminiche: ferritina, transferrine, fosfatasi acide, emeritina, proteine ferro-zolfo, nitrogenasi, ferro diossigenasi, ribonucleotide riduttasi, metano monossigenasi, lipossigenasi.

Le rameproteine: trasportatori di elettroni, emocianina, ritosinasi, superossido dismutasi, rame ossigenasi, rame ossidasi, dopamina- β -idrossilasi, rame nitrito riduttasi.

Proteine ed enzimi contenenti zinco.

La vitamina B₁₂ e i sistemi corrinoidi.

Cenni all'uso dei complessi metallici in farmacologia.

STEREOCHIMICA INORGANICA

Crediti didattici 6

Dott. Pierluigi Mercandelli

La chimica dei complessi dei metalli di transizione e delle specie organometalliche può essere studiata con successo impiegando metodi computazionali. Il corso si propone di presentare alcune di queste tecniche, soprattutto attraverso l'analisi di esempi particolarmente significativi. Verranno inoltre discusse le relazioni tra la struttura e le proprietà chimico-fisiche (reattività, proprietà spettroscopiche) delle specie prese in esame. Lo studente acquisirà le competenze necessarie per impostare l'esecuzione dei calcoli e per fornire una prima interpretazione dei risultati.

- Meccanica Molecolare: descrizione dei sistemi inorganici e organometallici; applicazioni all'analisi conformazionale; quantificazione degli effetti sterici dei leganti; applicazioni al design di catalizzatori omogenei.
- Metodi Quantomeccanici. Modelli qualitativi: costruzione degli orbitali molecolari a partire da frammenti; orbitali molecolari di frontiera e reattività; analogia isolobale.

- Metodi Quantomeccanici. Modelli basati sul funzionale della densità: accuratezza del metodo applicato a molecole inorganiche e organometalliche; calcolo della geometria ottimizzata, delle proprietà spettroscopiche e termodinamiche, degli indici di reattività; descrizione del legame metallo-legante: metodi basati sull'analisi degli orbitali, sulla distribuzione della densità elettronica e sulla decomposizione dell'energia.

Lecture consigliate:

- P. Comba & T.W. Hambley, *Molecular Modelling of Inorganic Compounds*, VCH (1995).
- T.R. Cundari, *Computational Organometallic Chemistry*, Dekker (2001).

CHIMICA INORGANICA (APPLICAZIONI)

Crediti didattici 6

Dott. Alessandro Caselli - Prof.ssa Emma Gallo

- 1) Introduzione.
- 2) Classificazione dei complessi organometallici.
- 3) Energia, polarità e reattività del legame M-C.
- 4) Composti organometallici del "main group": metodi di preparazione, caratterizzazione, struttura e reattività.
- 5) Complessi organometallici dei metalli di transizione.
- 6) Composti di organorame.
- 7) Metallo-alchili e metallo-arili: sintesi e applicazioni.
- 8) Complessi olefinici e allilici.
- 9) Metallo alchilidene e alchilidini: reazioni di metatesi e di polimerizzazione.
- 10) Applicazioni alle sintesi organiche: riduzione, ossidazione e controllo della stereochimica, protezione e deprotezione, eliminazione riduttiva, reazioni di accoppiamento, reazioni di inserzione, attacco nucleofilo su di un legante e reazioni dei metallo carbeni.

Testi consigliati

- Ch. Elschenbroic, A. Salzer, *Organometallics, a Concise Introduction*, 2nd. Edition, VCH, Weinheim, 1992.
- R. H. Crabtree, *The Organometallic Chemistry of the Transition Metals*, 3rd Edition, John Wiley e Sons, New York, 2000.
- Parte del materiale didattico verrà fornito dal docente.

CHIMICA INORGANICA (COMPLEMENTI)

Crediti didattici 6 (48 ore)

Prof. Luigi Garlaschelli

Il corso prenderà in esame uno degli aspetti della chimica organometallica che in questi ultimi anni ha avuto un grande sviluppo cioè la scoperta e l'evoluzione della chimica organometallica dei cluster molecolari. Il corso dovrebbe essere di particolare interesse per tutti gli studenti dell'indirizzo di chimica inorganica. Nel corso verranno discussi cluster molecolari carbonilici, cluster molecolari contenente metalli di transizione e zolfo (cubani), cluster dei metalli di transizione contenente alogeni e fosfine terziarie e cluster nudi.

Per le diverse categorie di cluster verranno trattati i seguenti argomenti:

- a) aspetti strutturali e di legame; (1 CFU, 8 ore)
 - b) sistematica di sintesi; (1 CFU, 8 ore)
 - c) reazioni di sostituzione dei leganti; (1 CFU, 8 ore)
 - d) riarrangiamento del poliedro dei metalli; (1 CFU, 4 ore)
 - e) reazioni di frammentazioni; (0,5 CFU, 4 ore)
 - f) cluster come catalizzatori o precursori catalitici per reazioni di catalisi in fase omogenea (1 CFU, 4 ore).
- Parte del corso verrà dedicato ad una ricerca bibliografica su un argomento di interesse per lo studente. (0,5 CFU, 4 ore)
 - Parte del materiale didattico verrà fornito dal docente.

Libri consigliati

- *The Chemistry of Metal Cluster Complexes*. D.F. Shriver, H.D. Kaesz, R.D. Adams. VCH.
- *Introduction to Cluster Chemistry*. D.M.P. Mingos, D.J. Wales. Prentice Hall.
- *Inorganometallic Chemistry*. T.P. Fehlner, Plenum.
- *Principles of Descriptive Inorganic Chemistry*. G. Wulfsberg; Brooks Cole.
- *Transition Metal Carbonyl Cluster Chemistry*. J. Dysin, J. Scott McIndoe; Gordon and Breach Science Publisher.

CHIMICA INORGANICA (CRISTALLOCHIMICA)

Crediti didattici 6 (3 + 3 CFU)

Prof. Davide Proserpio

Gli argomenti trattati in questo corso sono un approfondimento di argomenti accennati nel corso di Strutturistica Chimica, di cui si consiglia peraltro la precedenza.

I modulo: *Diffrazione a polveri.*

- a) Analisi qualitativa e uso del PDF.
- b) Analisi quantitativa: metodo dello Standard Interno (SI) e metodo del Rapporto delle Intensità di Riferimento (RIR).
- c) Fitting del profilo: "pulizia" dei dati raccolti ed eliminazione del rumore di fondo. Estrazione di tutte le informazioni contenute in un picco mediante metodi di convoluzione.
- d) Metodo di affinamento Rietveld e suoi vantaggi. Esempi di affinamento e di risoluzione col metodo Rietveld..

II modulo: *Topologia delle strutture cristalline..*

- Analisi della complessità delle strutture cristalline: impaccamenti di sfere e di oggetti 1, 2, 3-dimensionali.
- Classificazione topologica di reticoli 2D e 3D: simboli di Schläfli e notazioni più recenti
- Intrecci di motivi 1D, 2D e 2D nello stato solido : catenazione, interdigitazione, interpenetrazione e intrecci borromiani.
- Isomeri supramolecolari in sistemi estesi
- Relazione fra la topologia dell'intreccio con la natura del centro metallico, le dimensioni e flessibilità dei leganti, le dimensioni e capacità coordinative dei controioni, la presenza di molecole ospiti.
- Analisi topologica di alcune strutture mediante l'uso di opportuni programmi (TOPOS, PLATON, Schakal).

Testi consigliati

- J.I.Langford, D.Louer, Powder Diffraction, Rep. Prog. Phys. 59 (1996) 131-234
- D.L.Bisch, J.E.Post, Modern Powder Diffraction, Reviews in Mineralogy, vol.20 (1989), Mineralogy Society of America, Washington.

CHIMICA INORGANICA (REATTIVITÀ DEI COMPOSTI METALLORGANICI)

Crediti didattici 6

Prof.ssa Francesca Porta

Il corso è dedicato allo studio monografico di complessi di metalli di transizione contenenti legami M-H, M-N, e M-O. Verranno illustrate le proprietà chimiche, strutturali e spettroscopiche dei composti e la loro correlazione con la reattività, stechiometrica e/o catalitica. Verranno inoltre presentate le reazioni di tali complessi, e di altri composti inorganici, coinvolte nella formazione di soluzioni colloidali metalliche e di ossidi metallici. Verranno presentate le tecniche principali di caratterizzazione chimico-fisica e spettroscopica delle particelle costituenti i sistemi.

CHIMICA METALLORGANICA (CATALISI OMOGENEA)

Crediti didattici 6

Prof. Fabio Ragaini

Processi industriali e di laboratorio per la sintesi di prodotti chimici (fine chemicals e prodotti di base), che utilizzino complessi di metalli di transizione come catalizzatori in fase omogenea, con particolare attenzione ai processi industriali e alle reazioni enantioselettive.

Isomerizzazione delle olefine e loro polimerizzazione; idrogenazione (anche asimmetrica) di olefine, chetoni e immine; idrocianazione e idrosililazione (anche asimmetrica) di olefine; reazioni di alchini; carbonilazione di alogenuri organici; carbonilazione del metanolo ad acido acetico, anidride acetica e vinil acetato; reazioni di idroformilazione; reazioni di carbosilazione di olefine; reazioni di metatesi di olefine; ciclopropanazioni; copolimerizzazione CO-olefine; sintesi di dimetilcarbonato e dimetilossalato; carbonilazione riduttiva di nitroareni; cenni di reattività organometallica di lantanidi e attinidi.

Testo consigliato:

- Parshall e Iltel, *Homogeneous Catalysis*, 2^a Ed., Academic Press, 1992.

CHIMICA DELLO STATO SOLIDO

Crediti didattici 6

I modulo: Prof. Gianfranco Ciani - II modulo: Davide Proserpio

- *Introduzione.*

Tipi di solidi. Stato cristallino. Richiami di cristallografia: cella elementare, sistemi cristallini, reticoli di Bravais, piani e indici di Miller, simmetria cristallina, gruppi spaziali.

Chimica strutturale dei solidi inorganici.

Impacchettamenti di sfere e materiali close-packed (metalli, leghe, strutture ioniche). Networks covalenti. Strutture molecolari. Poliedri space-filling. Importanti tipi strutturali di riferimento. Perovskiti. Bronzi al tungsteno. Spinelli. Strutture di silicati e alluminosilicati. Fasi intermetalliche.

- *Legame nei solidi e struttura elettronica.*
Modelli di legame nei solidi. Legame ionico e strutture ioniche. Energia reticolare. Diagrammi Mooser-Pearson. Elettroni *d* e campo cristallino. CFSE e preferenze di sito. Elettroni nei solidi metallici. Livello di Fermi e energia di Fermi. Zone di Brillouin. Il solido come una molecola gigante e il modello a bande. Distorsioni di Pejerls. Struttura a bande nei metalli e composti intermetallici.
- *Cenni ai difetti cristallini e ai composti non-stoichiometrici.*
- *Proprietà elettriche, magnetiche e ottiche.*
Relazioni struttura-proprietà. Proprietà elettriche. Conduttività metallica. Metalli organici. Superconduzione. Semiconduzione. Conduttività ionica. Materiali dielettrici. Ferroelettricità, piroelettricità, piezoelettricità. Proprietà magnetiche. Magnetismo cooperativo. Ferro- e antiferromagnetismo. Proprietà ottiche. Luminescenza, laser.
- *Composti di intercalazione e zeolitici.*
Strutture di importanti classi di composti a strati. Reazioni di intercalazione. Zeoliti: struttura e composizione. Cavità e canali. Preparazione. Caratterizzazione strutturale. Applicazioni: scambio ionico, catalisi, setacci molecolari.
- *Metodi di sintesi e design di materiali.*
Cenni ai metodi di sintesi mirata di materiali solidi funzionali. Crescita di cristalli singoli. Sintesi di materiali policristallini.

Testi consigliati:

- L. Smart e E. Moore, *Solid state chemistry-An introduction*. Chapman & Hall.
- A. R. West, *Basic solid state chemistry*, 2° Edition, Wiley.

METODOLOGIE AVANZATE DI SINTESI ORGANICA

Crediti didattici 6 (ore totali 48)

Prof. Anna Bernardi (Modulo A); Prof. Cesare Gennari (Modulo B)

Modulo A (CFU 3; ore 24)

- interconversione di gruppi funzionali attraverso reazioni di sostituzione nucleofila (conversione degli alcoli in agenti alchilanti; introduzione di gruppi funzionali attraverso reazioni di sostituzione nucleofila al carbonio saturo; rottura nucleofila del legame carbonio-ossigeno negli eteri e negli esteri; interconversione dei derivati degli acidi carbossilici; problemi). [1 CFU]
- Formazione del legame C-C: preparazione e reazioni dei composti contenenti boro, silicio e stagno. [1 CFU]
- Reazioni coinvolgenti carbeni e nitreni. Reazioni coinvolgenti radicali liberi: preparazione di intermedi radicalici, funzionalizzazione mediante reazioni radicaliche, reazioni di addizione di radicali ad alcheni sostituiti, ciclizzazione di intermedi radicalici, reazioni di frammentazione e di riassetamento. [1 CFU]

Modulo B (CFU 3; ore 24)

- Reazioni coinvolgenti metalli di transizione: preparazione e reazioni di composti di organorame, di organocuprati, di organocianocuprati, di organozincorame e di organomagnesiorame. Reazioni coinvolgenti intermedi di organopalladio: alchilazione e sostituzione nucleofila catalizzata da palladio, reazione di Heck, reazioni di cross coupling catalizzate da palladio, reazione di carbonilazione. Reazioni coinvolgenti composti di organo-nickel, reazioni coinvolgenti rodio e cobalto, composti organometallici con legami π . [1.5 CFU]
- Le reazioni di metatesi: RCM (Ring Closing), ROM (Ring Opening), CM (Cross), RCM degli alchini, RCM degli enini, CM degli enini. Catalizzatori e meccanismo di reazione. Applicazioni sintetiche. [0.5 CFU]
- Esercizi di sintesi totale. [1 CFU]
- Testo consigliato F. Carey, R. Sundberg, *Advanced Organic Chemistry, IV Edition, Part B*, Kluwer Academic/Plenum Publishers 2001.

CHIMICA BIOORGANICA

Crediti didattici 6

Prof.ssa Giovanna Speranza

Introduzione alla chimica bioorganica

- Chimica dei peptidi e polipeptidi. Struttura terziaria delle proteine. Enzimi e sito attivo. Il complesso enzima-substrato: forze di "binding".

Aspetti peculiari della catalisi enzimatica e relative interpretazioni

- a. Specificità verso il substrato, selettività della reazione.
- b. Aumento della velocità di reazione.
- c. Strategie catalitiche: effetti di prossimità, catalisi covalente, catalisi generale acido-base, catalisi elettrostatica, tensioni e distorsioni di legami.
- Classificazione formale degli enzimi (regole IUBMB). Enzimi e coenzimi.

Classificazione degli enzimi secondo il meccanismo di reazione

- Reazioni di ossidazione e riduzione: reazioni con trasferimento formale di idruro, reazioni di enzimi flavino-dipendenti, ossidasi, mono-ossigenasi, di-ossigenasi.
- Reazioni con trasferimento di gruppo: idrolisi, amminazione e fosforilazione.
- Reazioni di eliminazione, isomerizzazione e riarrangiamento.
- Reazioni con rottura e formazione del legame carbonio-carbonio: decarbossilazioni, carbossilazioni, condensazioni aldoliche e di Claisen, reazioni catalizzate da enzimi piridossal-fosfato dipendenti.

Uso degli enzimi in sintesi organica

- Preparazione di sintoni chirali attraverso reazioni biocatalizzate: introduzione di centri stereogenici nel substrato, dissimmetrizzazione di composti meso, risoluzione di racemati.

Testi consigliati

- R.B. Silverman, *Organic Chemistry of Enzyme-Catalyzed Reactions*, 2nd edition, Academic Press, San Diego, 2002.
- K. Faber, *Biotransformations in Organic Chemistry : A Textbook*, 5th edition, Springer-Verlag, Heidelberg, 2004.

CHIMICA DEI COMPOSTI ORGANOMETALLICI

Crediti didattici 6

I modulo: prof.ssa Fulvia Orsini - II modulo: prof.ssa Paola Del Buttero

Scopo del corso e' di approfondire lo studio delle strutture e dei meccanismi che regolano l'utilizzo in sintesi organica di derivati organometallici sia della serie principale che di quella di transizione. Gli argomenti trattati sono:

- Introduzione e cenni storici.
- Struttura, natura del legame e tipi di reazioni organometalliche.
- Complessi di metalli della serie principale:
- Sintesi, caratterizzazione, utilizzo in sintesi organica
- Complessi di metalli di transizione:
- Tipi di leganti, sintesi e utilizzo dei complessi in sintesi organica.
- Applicazione dei composti organometallici alla sintesi di prodotti di base e di intermedi per l'industria farmaceutica.
- Cenni sulla chimica degli organolantanidi
- Applicazioni di composti organometallici in campo bio-medico.

In considerazione della rapida evoluzione della chimica organometallica, particolare attenzione sarà rivolta all'aggiornamento bibliografico.

Agli studenti verrà fornito materiale didattico sotto forma di fotocopie di lucidi utilizzati per le lezioni.

METODI FISICI AVANZATI IN CHIMICA ORGANICA

Crediti didattici 6 (5 CFU di lezione + 1 CFU di esercitazioni per un totale di 40 + 16 = 56 ore)

I modulo: Donatella Potenza - II modulo: prof. Bruno Danieli

I modulo: Spettroscopia NMR

NMR monodimensionale: sequenze di impulsi complesse. Esperimenti Spin Echo e J-mod Spin Echo. Esperimenti SPI, INEPT e DEPT

I principi della spettroscopia NMR bidimensionale: preparazione, evoluzione, mixing, acquisizione dei dati e rappresentazione grafica.

Tecniche bidimensionali di correlazione attraverso il legame chimico: Correlazioni omo- ed etero-nucleari: COSY, DQF-COSY, TOCSY. Esperimenti eteronucleari Reverse: HSQC, HMQC ed HMBC. Utilizzo di sequenze con gradienti di campo.

Effetto Overhauser: aspetti teorici ed applicazioni mono e bidimensionali (NOESY e ROESY).

Spettroscopia NMR in biochimica: esperimenti STD e TR-NOESY su recettori isolati ed *in vivo*.

Determinazioni strutturali di molecole organiche complesse.

Testi consigliati:

- H. Friebolin, *Basic One- and Two-Dimensional NMR Spectroscopy*, VCM.

- T. FD. W. Claridge, *High-resolution NMR Techniques in Organic Chemistry*, Pergamon.
- G. Lesma e B. Danieli, *Guida alla interpretazione degli spettri di RMN: esercizi e problemi*. Dispensa CUSL, 1992.

Il modulo: Moderna spettrometria di massa: la strumentazione.

Descrizione e caratterizzazione delle più importanti sorgenti di ioni (EI, SIMS, TS, ESI, DESI, DART, MALDI) e loro combinazioni con diversi analizzatori (B/E, Q, TQ, TI, TOF, ICR). Detenzione ed acquisizione digitale dei dati.

Identificazione di composti organici e biorganici complessi mediante la moderna spettrometria di massa. Ottenimento spettri di massa con strumenti VG-ASPECT, Bruker MALDI-TOF, HP-Q-ESI, e Bruker Daltonic APEX III.

Testi consigliati:

- J. R. Chapman, *Practical Organic Mass Spectrometry*, Wiley, London.
- M. E. Rose and R. A. W. Johnstone, *Mass Spectroscopy for Chemists and Biochemists*, Cambridge University Press, Cambridge.
- E. De Hoffmann, J. Charette, V. Stroobant, *Mass Spectrometry. Principles and Applications*, Wiley Masson, London.

CHIMICA ORGANICA (COMPLEMENTI)

Crediti didattici 6

Prof. Stefano Maiorana

Corso mutuato da "Chimica Organica (applicata)" del CL magistrale in Chimica Industriale e Gestionale. Vedi programma.

STEREOCHIMICA ORGANICA

Crediti didattici 6

Prof. Cozzi Franco

Chiralità e stereogenicità (8 ore)

Elementi di simmetria ed operazioni ad essi associate: determinazione della simmetria di una molecola; classificazione delle molecole e delle subunità molecolari in base alla simmetria; chiralità, prochiralità, chirotopicità; classi di prochiralità e desimmetrizzazioni.

Relazioni tra chiralità e stereogenicità; unità stereogeniche e prostereogeniche; classificazione degli stereoisomeri; descrittori di configurazione assoluta e relativa: paragone tra le varie nomenclature; descrittori di topicità.

Metodi per l'ottenimento di prodotti stereoisomericamente arricchiti (12 ore)

Manifestazioni fisiche della chiralità; caratteristiche dei racemi; racemizzazioni ed epimerizzazioni; risoluzioni spontanee e risoluzioni classiche; risoluzioni per inclusione e per cromatografia.

Classificazione delle sintesi stereoselettive con esempi pratici; discussione delle definizioni di: sintesi asimmetrica, induzione asimmetrica, stereospecificità, diastereo- ed enantioselezione. Riconoscimento enantiomerico e relazioni antipodali. Metodi per la valutazione della composizione stereoisomerica. Metodi per la determinazione della configurazione relativa ed assoluta.

Sintesi stereoselettive e loro razionalizzazione (28 ore)

La regola di Cram e la sua evoluzione come esempio di un modello di stereoselezione.

Esame di alcune classi di reazioni stereoselettive fondamentali con analisi del loro decorso stereochimico: alchilazioni e deracemizzazioni di enolati; condensazioni aldoliche via enolati ed acido-catalizzate; cicloaddizioni di Diels-Alder, etero Diels-Alder, ed 1,3-dipolari; epossidazioni; ossidrilazioni ed aminoossidrilazioni; reazioni di Michael; riarrangiamenti sigmatropici; altre sintesi stereoselettive promosse da complessi di metalli di transizione; doppia stereoselezione.

Testo consigliato:

- Eliel and Wilen, *Stereochemistry of Organic Compound*, Wiley Interscience, 1994.

CHIMICA ORGANICA SUPERIORE

Crediti didattici 6

Prof. Francesco Sannicolò

Stereochimica statica

Simmetria molecolare e proprietà: gruppi puntuali, momento dipolare e quadrupolare, enantiomorfismo, attività ottica, riconoscimento stereochimico

Stereogenicità: elementi stereogenici rigidi

Simmetria locale: achirotopicità e chirotopicità

Prochiralità: classi di prochiralità

Stereochimica dinamica

Stereoisomerismo in assenza di elementi stereogenici

Stereoisomerismo residuo sistemi a ingranaggio dinamico, stereoisomeri residui chirali e achirali, diastereoisomeri ed enantiomeri residui, sistemi triarilboranici, triarilfosfinici e triarilmelanici; bistrifticilmetani e bistrifticleteri

Stereoisomerismo topologico

- relazioni tra stereoisomerismo euclideo e stereoisomerismo topologico, dissimmetria topologica, legami topologici
- cenni sui grafi molecolari: grafi $k_3,3$ e k_5
- sistemi a un circuito (nodi) e sistemi a circuiti multipli (catenani)

Strategie sintetiche di stereoisomeri topologici flessibili:

- sintesi statistiche, semistatistiche, template, attraverso strisce di möbius
- sintesi significative di [2]- e [3]-catenani, nodi a trifoglio e strisce di möbius

Stereoisomeri "traslazionali"

sintesi e proprietà di rotassani

Origini della omogeneità chirale in natura

Teorie biotiche e abiotiche

Meccanismi casuali

- modelli generali di rottura spontanea della simmetria
- modelli di rottura spontanea della simmetria nella cristallizzazione di racemi
- risoluzione spontanea totale di racemi
- reazioni controllate dal lattice in cristalli chirali
- reazioni in fasi colesteriche
- adsorbimento enantioselectivo su quarzo e polimerizzazione su argille

Meccanismi determinati

- Violazione della parità: ipotesi di Webster-Ulbricht
 - radionuclidi naturali
 - decadimento β e cristallizzazione

Effetti diretti di radiazioni chirali

elettroni protoni e muoni positroni

Violazione di parità e proprietà degli enantiomeri

interazioni deboli, correnti neutre e differenze di energia tra enantiomeri: enantiomeri veri e falsi

Campi elettrici magnetici e gravitazionali

Luce circolarmente polarizzata

fotorisoluzione parziale di racemi;
sintesi asimmetrica fotochimica;
fotolisi asimmetrica;
sorgenti naturali di luce circolarmente polarizzata

Amplificazione di piccoli eccessi enantiomerici

- durante evaporazione e precipitazione
- durante reazioni incomplete
- durante processi di autocatalisi stereoselettiva
- sintesi asimmetrica assoluta
- durante processi di polimerizzazione

Chimica e applicazioni dei cristalli liquidi

struttura e proprietà dei cristalli liquidi, relazione tra struttura chimica e fase liquida cristallina, interazioni tra campi elettrici e magnetici e cristalli liquidi, applicazioni dei cristalli liquidi: sistemi visivi e a memoria ottica, spettroscopia, amplificatori di chiralità.

MECCANISMI DELLE REAZIONI ORGANICHE

Crediti didattici 6

Dr. Giorgio Molteni – Dr. Dario Perdicchia

Scopo di questo corso è lo studio delle relazioni esistenti tra reattività chimica e meccanismi di reazione. Si vedrà come l'analisi dei parametri cinetici/termodinamici e del decorso stereochimico di una reazione permette di formulare ipotesi ragionevoli sul suo cammino. Viceversa, noto il meccanismo di una reazione, si esamineranno le previsioni che si possono fare in termini di reattività e stereoselettività.

Il contenuto del corso si articola sui seguenti capitoli:

- Cinetica chimica
- Teoria perturbativa ed HSAB
- Correlazioni struttura-reattività
- Effetto solvente
- Acidi e basi, elettrofili e nucleofili
- Fotochimica
- Radicali liberi

Ogni argomento trattato nel ciclo di lezioni teoriche sarà affiancato da esercitazioni che ne illustreranno il contenuto da un punto di vista applicativo e/o numerico.

NUOVI VETTORI ENERGETICI

Crediti didattici 3

Prof. Giorgio Fiori

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2004-05

- Fonti e vettori di energia.
- Termodinamica della conversione di energia: la macchina termica e il generatore elettrochimico.
- Tipi di generatori elettrochimici: pile, batterie e celle a combustibile.
- Produzione, trasporto, accumulo e distribuzione dell'idrogeno.

CHIMICA SUPRAMOLECOLARE

Crediti didattici 6

I Modulo Prof.ssa Francesca Porta - II Modulo (3 CFU): Dott.ssa Lucia Carlucci

I Modulo: Sintesi

Il modulo è inteso a fornire allo studente i concetti basilari della chimica supramolecolare ed esempi di strategie da adottare nella sintesi dei composti.

Origini e concetti fondamentali della chimica supramolecolare. Eteri a corona, sferandi, criptandi, ciclodestrine, calixareni, cavitandi e carcerandi (classificazione ed aspetti sintetici). Tipi di interazioni supramolecolari. Interazioni donatore-accettore: assemblaggi molecolari (quadrati, catenani e rotaxani). Cenni sull'utilizzo in congegni molecolari e supramolecolari. Fili molecolari ed interruttori. Cenni su sensori. Catalisi. Self-assembly e self-organizzazione. Replicazione. Self-assembly attraverso la coordinazione di ioni metallici. Self-assembly attraverso legame d'idrogeno. Cristalli liquidi e polimeri supramolecolari. Arrangiamenti self-organizzativi di tensioattivi.

Testo consigliato:

J.-M. Lehn, *Supramolecular Chemistry*, VCH, Weinheim, 1995

II Modulo: Applicazioni

- Concetti fondamentali. Interazioni deboli in solido e aspetti strutturali delle interazioni host-guest. Applicazioni dei composti host-guest fra i cationi metallici e eteri corona e criptandi.
- Composti clatrati inorganici (clatrati idrati, zeoliti, materiali a strati e intercalati, intercalati di grafite, composti di Hoffman e clatrati del Werner).
- Composti clatrati con Host organici (clatrati tipo urea). Complessi intracavità.

- Self-assembly e crystal engineering. Architetture supramolecolari di coordinazione: principi costruttivi, poligoni, gabbie e poliedri molecolari. Caratterizzazione e applicazioni di superstrutture molecolari a base metallica.
- Networks di coordinazione: elementi di classificazione topologica, classificazione in base al tipo di legante. Fenomeni di interpenetrazione e catenazione. Applicazioni e tecniche di caratterizzazione di proprietà host-guest dei polimeri di coordinazione (scambio ionico, assorbimento di gas e vapori).

Esercitazione:

- ricerca bibliografica su uno degli argomenti trattati durante il corso.

CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 3

Prof. Dario Landini

Corso parzialmente mutuato dal CL Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale. Vedi programma del corso omonimo

RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORGANICA E METALLORGANICA

Crediti didattici 3

Prof.ssa Tiziana Beringhelli

Spettroscopia NMR.

I nuclei NMR attivi nella tavola periodica: nuclei a spin $\frac{1}{2}$ e quadrupolari; abbondanza isotopica, sensibilità.

I non metalli: deuterio-2; boro-11; fluoro-19; azoto-14/azoto-15; ossigeno-17; fosforo-31.

I metalli: argento-107/109; cadmio-113; rodio-103; platino-195.

Influenza di questi nuclei sugli spettri di ^1H e ^{13}C (isotopomeri, satelliti). Shift di coordinazione. Correlazioni scalari e dipolari eteronucleari. Rilassamento. Non rigidità stereochimica.

Specie paramagnetiche.

Magnetismo e sua misura. Sistemi a spin $\frac{1}{2}$. NMR paramagnetico protonico. Spettri di risonanza di spin elettronico.

ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE

insegnamento	docente
Chimica Fisica (A)	Mario Raimondi
Laboratorio di Chimica Fisica (A)	Emanuele Ortoleva
Chimica Fisica (B)	Gian Franco Tantardini
Laboratorio di Chimica Fisica (B)	Marco Scavini
Chimica Inorganica (A)	Alessandro Pasini
Laborat.di Chimica Inorganica (A)	Emma Gallo
Chimica Inorganica (B)	Angelo Sironi
Laborat. di Chimica Inorganica (B)	Angelo Sironi
Chimica Organica (A)	Giovanni Russo
Laboratorio di Chimica Organica (A)	Paola Del Buttero
Chimica Organica (B)	Cesare Gennari
Laboratorio di Chimica Organica (B)	Luigi Lay
Complementi di matematiche	Alberto Alesina
Informatica	Anna Morpurgo
Chimica Farmaceutica	Laura Belvisi
Mineralogia	Corso mutuato dal Corso di Laurea in Analisi e Gestione degli Ambienti Naturali
Chimica Fisica (Cristallochimica)	Riccardo Destro
Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi	Silvia Ardizzone
Chimica Fisica dello Stato Solido e delle Superfici	Marco Scavini
Chimica Teorica	Rocco Martinazzo Michele Ceotto
Elettrochimica (Organica)	Paolo Longhi
Fotochimica	Elena Selli
Chimica Bioinorganica I, II e III modulo	Michele Gullotti Tiziana Beringhelli (mod. II e III)
Stereochimica Inorganica	Pierluigi Mercandelli
Chimica Inorganica (Applicazioni)	Alessandro Caselli Emma Gallo
Chimica Inorganica (Complementi)	Luigi Garlaschelli
Chimica Inorganica (Cristallochimica)	Davide Proserpio
Chimica Inorganica (Reattività dei composti metallorganici)	Francesca Porta
Chimica Metallorganica (Catalisi omogenea)	Fabio Ragaini
Chimica dello Stato Solido - I e II modulo	Gianfranco Ciani Davide Proserpio
Metodologie avanzate di sintesi organica mod. A e B	Anna Bernardi Cesare Gennari
Chimica Bioorganica	Giovanna Speranza
Chimica dei Composti Organometallici I e II mod.	Fulvia Orsini Paola Del Buttero
Metodi Fisici Avanzati in Chimica Organica	Bruno Danieli Donatella Potenza
Chimica Organica (complementi) (Corso mutuato da F73)	Stefano Maiorana
Stereochimica Organica	Franco Cozzi
Chimica organica superiore	Francesco Sannicolò
Meccanismi delle reazioni organiche.	Giorgio Molteni Dario Perdicchia
Chimica supramolecolare	Francesca Porta Lucia Carlucci

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

Premessa

Il Corso biennale di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche Applicate ed Ambientali vuole formare chimici specializzati nello svolgere ad alto livello attività di ricerca di base ed applicata nel campo delle metodologie analitiche per la salvaguardia dell'ambiente e del territorio, avendo tra l'altro acquisito le conoscenze specifiche necessarie per una valutazione analitica dell'impatto ambientale e delle metodologie chimiche di bonifica, con particolare riguardo applicativo verso i materiali biodegradabili.

D'altra parte la figura formata sarà in grado di svolgere analisi chimiche e controlli di qualità che richiedono la padronanza di tecniche chimiche e strumentali di ultima generazione e successivamente di elaborare con competenza i risultati ottenuti. Di conseguenza potrà svolgere consulenze e pareri in campo ambientale che in materia di chimica applicata e controllo di qualità.

Obiettivi formativi generali e specifici

I laureati nel corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche Applicate ed Ambientale avranno una formazione intesa a fornire:

- una solida preparazione culturale approfondita nei diversi settori della chimica, nei suoi aspetti teorici e sperimentali;
- una perfetta padronanza del metodo scientifico di indagine;
- una alta professionalità nella caratterizzazione spettroscopica e strutturale dei composti chimici, e di tutti quei materiali usualmente impiegati nel campo dei beni culturali;
- l'acquisizione delle metodologie analitiche necessarie per la valutazione dell'impatto ambientale sul territorio e delle metodologie chimiche utili per la bonifica ambientale;
- l'acquisizione di conoscenze nel campo del controllo di qualità e delle applicazioni ai materiali biodegradabili.

Abilità e competenze acquisite

Il laureato magistrale in Scienze Chimiche Applicate ed Ambientali sarà in grado di predisporre e supervisionare le procedure di analisi per il controllo qualità della produzione industriale, nonché di campioni biologici, farmaceutici, cosmetici, dietetico-alimentari o ambientali, garantendo la correttezza dei metodi utilizzati e il rispetto dei sistemi di certificazione.

In campo ambientale può sviluppare metodi analitici per il rilevamento e l'abbattimento di sostanze o miscele potenzialmente inquinanti, anche finalizzato al loro recupero e riutilizzo in sicurezza a scopi civili o industriali. Ha esperienza nella definizione delle procedure d'intervento e di contenimento di sostanze o miscele, nonché dei protocolli di bonifica di siti contaminati.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

Tra le attività che i laureati magistrali svolgeranno si indicano in particolare: le attività di promozione e sviluppo dell'innovazione scientifica e tecnologica, nonché di gestione e progettazione delle tecnologie, e l'esercizio di funzioni di elevata responsabilità nei settori dell'industria, dell'ambiente, della sanità, dei beni culturali e della pubblica amministrazione.

Conoscenze per l'accesso

Per essere ammesso al corso di laurea magistrale il laureato deve possedere i seguenti requisiti curriculari:

- per quanto riguarda le attività formative di base, almeno un totale di 10 CFU nelle discipline degli ambiti matematico, informatico e fisico;
- per quanto riguarda le attività formative caratterizzanti, almeno 34 CFU complessivi.

ORGANIZZAZIONE DEL CORSO DI LAUREA.

La durata del corso di laurea magistrale è di due anni.

Le attività formative saranno costituite da corsi di insegnamento, esercitazioni numeriche e di laboratorio, seminari, attività didattiche a piccoli gruppi, corsi liberi, partecipazione a seminari, conferenze, convegni, tirocinio/stage (svolto in strutture universitarie e/o all'esterno), attività di ricerca relative alla tesi di laurea, attività di ricerca bibliografica.

I corsi di insegnamento potranno essere organizzati per moduli.

L'apprendimento delle competenze e delle professionalità da parte degli studenti è computato in crediti formativi (CFU), corrispondenti a 25 ore di lavoro per lo studente.

La frazione dell'impegno orario complessivo riservata allo studio personale o alle altre attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico è così determinata:

- nel caso di lezioni, 8 ore di insegnamento e 17 ore di studio personale;
- nel caso di esercitazioni numeriche e di laboratorio, 16 ore di attività pratica e 9 ore di studio personale;
- nel caso del lavoro di tirocinio e di tesi, 25 ore di lavoro.

Per conseguire la laurea magistrale lo studente deve avere acquisito 120 crediti.

Attività formativa.

Le attività formative nelle diverse aree scientifico-disciplinari, e i corrispondenti crediti (CFU), sono specificati nella tabella che segue.

Insegnamenti obbligatori	a) fondamentali:	- CHIM/06 (n° 11) (6 CFU) - CHIM/01 (n°12) (6 CFU)
	b) affini o integrativi:	- MAT/01-09 (7 CFU) - FIS/01-06 (6 CFU)
Insegnamenti opzionali	- CHIM/02 e/o CHIM/03 (21 CFU) - CHIM/06 (6 CFU) - CHIM/04 (3 CFU)	
Insegnamenti a scelta libera dello studente:	- 6 CFU	
Tirocinio	- 9 CFU	
Laboratorio di tesi magistrale e prova finale	- 50 CFU	

Organizzazione didattica

PRIMO ANNO

codice	insegnamento	esame o prova	crediti (CFU)	attività formativa	SSD
1° semestre					
F84010	Fondamenti di calcolo numerico	<1>	2	c	MAT/08
F84017	Complementi di matematica *	<2>	5	c	MAT/05
F84008	Metodologie analitiche per l'ambiente e il territorio	<3>	6	b	CHIM/01
F84001	Caratterizzazione strutturale di composti organici	<4>	6	b	CHIM/06
	Insegnamenti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali per un totale di 12 CFU	<6>	12	b	
2° semestre					
F84007	Fisica dell'atmosfera	<5>	6	c	FIS/06
	Insegnamenti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali per un totale di 18 CFU		18	b	
	Insegnamento a libera scelta		6	d	

* in comune con il CL magistrale in Scienze Chimiche

Gli insegnamenti scelti dalla Tabella degli insegnamenti opzionali dovranno essere compatibili con la distribuzione, nelle diverse aree scientifico-disciplinari, dei CFU più sopra indicati per la attività formativa. A tale scopo gli studenti si avvarranno dei suggerimenti della Commissione Piani di Studio.

SECONDO ANNO

	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>attività formativa</i>
Tirocinio		9	f
Laboratorio di tesi	<prova finale>	50	e

Il Tirocinio è rivolto all'apprendimento e/o approfondimento della conoscenza delle tecniche sperimentali che verranno utilizzate nel laboratorio di tesi. Lo studente deve:

- Presentare sull'apposito modulo domanda indicando l'argomento del tirocinio e il nome del tutor responsabile.
- Al termine del tirocinio compilare l'apposito modulo che, sottoscritto dal tutor responsabile, sarà consegnato alla Segreteria Didattica per l'acquisizione dei CFU.

Tutor per il tirocinio sono tutti coloro che possono svolgere la funzione di relatore di tesi.

Gli studenti possono discostarsi dal curriculum previsto e presentare un piano di studio individuale, nel rispetto delle norme del Regolamento Didattico della Facoltà di Scienze MM. FF. NN. Ogni piano di studio individuale verrà vagliato dalla Commissione piani di studio e sarà sottoposto al CCD, che lo potrà approvare o respingere.

Tabella degli insegnamenti opzionali

n.	codice	insegnamenti	CFU	SSD	semestre
1.	F84009	Tecnologie elettrochimiche di bonifica ambientale	3	CHIM/02	1°
2.	F84011	L'idrogeno come vettore energetico	3	CHIM/02	2°
3.	F84005	Chimica supramolecolare, 1° modulo: sintesi	3	CHIM/03	2°
4.	F84006	Chimica supramolecolare, 2° modulo: applicazioni	3	CHIM/03	2°
5.	F84004	Chimica Organica Industriale	3	CHIM/04	2°
6.	F84012	Risonanze magnetiche: applicazioni in chimica inorganica e metallorganica	3	CHIM/03	2°
7.	F84003	Chimica degli elementi e qualità della vita	3	CHIM/03	2°
8.	F83016	Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi *	6	CHIM/02	2°
9.	F83020	Fotochimica *	6	CHIM/02	1°
10.	F83021	Chimica Bioinorganica *	6	CHIM/03	1°
11.	F83028	Chimica dello Stato Solido *	6	CHIM/03	2°
12.	F83020	Chimica Bioorganica *	6	CHIM/06	1°
13.	F83042	Stereochimica organica *	6	CHIM/06	1°

* in comune con il CL magistrale in Scienze Chimiche

Insegnamenti disattivati

Poiché alcuni insegnamenti potranno essere attivati ad anni alterni, dall'a.a. 2006-2007 non viene attivato il seguente insegnamento opzionale

- F84002 Chemiometria CFU 3 CHIM/02

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PRIMO ANNO

FONDAMENTI DI CALCOLO NUMERICO

Crediti didattici 2

Prof. Claudio Verdi

Premessa: Il corso, che prevede lezioni ed esercitazioni in aula, è dedicato a una introduzione dei principali argomenti del calcolo numerico, vale a dire:

Numeri f-p ed errori di arrotondamento

Rappresentazione in floating-point dei numeri reali, errori di arrotondamento.
Condizionamento di problemi e algoritmi.

Sistemi lineari

Metodi diretti (eliminazione di Gauss, pivoting). Condizionamento di un sistema lineare.
Metodi iterativi (Jacobi e Gauss-Seidel).

Approssimazione polinomiale di funzioni e dati

Interpolazione polinomiale.
Metodo dei minimi quadrati (regressione lineare).

Equazioni non lineari

Metodi di bisezione, di Newton, delle secanti.

Integrazione numerica

Formule del punto medio, trapezi, Simpson; formule composite.

Equazioni differenziali ordinarie (problema di Cauchy)

Metodi a un passo (Eulero esplicito, Eulero implicito, Crank-Nicolson, Heun).
Metodi Runge-Kutta.

Testi consigliati

- A.Quarteroni, F.Saleri, *Introduzione al Calcolo Scientifico*, Springer, Milano, 2006
- G.Naldi, L.Pareschi, G.Russo, *Introduzione al Calcolo Scientifico. Metodi e applicazioni con Matlab*. Mc Graw-Hill, 2001 ogramma

COMPLEMENTI DI MATEMATICA*

Crediti didattici 5

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche. Vedi programma del corso omonimo.

METODOLOGIE ANALITICHE PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO

Crediti didattici 6

Modulo A: dott.ssa Paola Fermo - Modulo B: dott.ssa Maria Grassi

Modulo A

- Introduzione: la chimica analitica e dell'ambiente, il ruolo e l'importanza delle analisi chimiche ambientali. La scelta del metodo analitico. Il campionamento ed il trattamento del campione. L'interpretazione dei dati analitici: applicazione della statistica al trattamento e alla valutazione dei dati.
- Applicazioni delle seguenti tecniche analitiche con particolare riferimento al monitoraggio dell'atmosfera ed alla determinazione di inquinanti a livelli di traccia ed ultra traccia.
- Tecniche spettroscopiche: determinazione dei metalli mediante AAS, ETAAS, ICP-OES, ICP-MS, XRF e PIXE. Metodi spettroscopici per il monitoraggio dell'aria.
- Tecniche cromatografiche: determinazione degli inquinanti organici mediante GC-MS, determinazione di cationi e anioni mediante cromatografia ionica.
- Metodi termici per l'analisi della frazione carboniosa all'interno di campioni di particolato atmosferico.

Modulo B

- La Speciazione: definizione ed approccio teorico sperimentale. Principali tecniche analitiche atte alla sua definizione: ASV, ultrafiltrazione, dialisi, elettroforesi etc.
- Gli indicatori biologici nel monitoraggio ambientale: biosensori, elettrodi a base enzimatica, test di tossicità etc.

- Misura di radiazioni ed utilizzo di radionuclidi (cenni).
- Caratteristiche ed analisi del suolo: granulometria, pH, contenuto di materiale organico, capacità di scambio cationico, contaminazione.
- Analisi dell'acqua: pH, durezza, COD, BOD, TOC, salinità, macro e micro elementi, principali contaminanti presenti di natura organica ed inorganica.

Laboratorio: il corso sarà completato con alcune tra le seguenti esperienze di laboratorio:

- Visita presso laboratori ARPA dove verrà in particolare illustrato il sistema di campionamento delle polveri.
- Analisi di un filtro di particolato: determinazione degli anioni con cromatografia ionica ed analisi della frazione carboniosa mediante metodi termici; esame delle polveri al microscopio elettronico.
- Analisi tramite ASV del contenuto di metalli pesanti in acqua reflua e/o sedimento.
- Analisi tramite cromatografia ionica degli anioni presenti in un'acqua di fiume.

Tra i possibili testi di riferimento si propongono: "Environmental Analytical Chemistry", Eds. F.W. Fifield, P.J.Haines, Blackie Academic Professional, oltre ai più tradizionali testi di Chimica Analitica e Analitica Strumentale. Data la specificità di alcune tematiche trattate, verranno inoltre forniti riferimenti bibliografici e/o dispense a cura dei docenti.

CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI

Crediti didattici 6

Prof.ssa Rita Annunziata

La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) e la Spettroscopia di Massa (MS) sono le più moderne tecniche spettroscopiche per l'analisi strutturale: le applicazioni e le novità tecniche più recenti vengono illustrate ed approfondite dando ampio spazio alla lettura ed interpretazione degli spettri relativi.

1. La Risonanza Magnetica Nucleare (NMR) (4CFU)

- L' NMR e la tavola periodica: applicazioni della RMN a eteronuclei. Parametri spettrali. Correlazione tra costante d'accoppiamento J_{XH} , spostamento chimico e struttura.

Esperimenti pulsati monodimensionali

- Spin Echo, SPT, SPI, SEFT, Inept, Depti, Inadequate 1D. Effetto Overhauser (NOE). Spettroscopia dinamica (DNMR). Reagenti di shift

La spettroscopia multidimensionale

- Quando l' NMR diventa a più dimensioni: Spettroscopia di correlazione, J-Resolved e di scambio

2. La Spettrometria di Massa (MS) (2CFU)

Tecniche sperimentali e strumentazione

- Lo strumento: sistemi d'introduzione del campione, le sorgenti, gli analizzatori, i rivelatori, sistemi di acquisizione dati ed elaborazione degli spettri; viene data particolare attenzione alle tecniche più moderne.

Lo spettro di massa e la frammentazione

- Informazioni deducibili da uno spettro di massa. Fattori che influenzano la frammentazione degli ioni e la loro stabilità. Frammentazioni a più centri.

Frammentazioni delle più comuni classi di composti organici

Analisi sistematica dei più importanti gruppi funzionali: idrocarburi, alcoli e fenoli, composti carbonilici, acidi e derivati, amine, derivati aromatici.

FISICA DELL'ATMOSFERA

Crediti didattici 6

Corso mutuato dal CL Magistrale in Fisica

TECNOLOGIE ELETTROCHIMICHE DI BONIFICA AMBIENTALE

Crediti didattici 3

Prof.ssa Sandra Rondinini

Sistemi elettrochimici:

principi di cinetica elettrochimica ed elettrocatalisi, principi di disegno di cella, tipologie dei reattori elettrochimici

Tecnologie elettrochimiche per il recupero dell'ambiente:

processi di degradazione e rimozione di inquinanti, processi di recupero e trasformazione di materiali, processi elettrochimici innovativi. Fotoelettrochimica.

Materiale didattico e Testi Consigliati:

Durante il corso viene fornito il materiale didattico usato per le lezioni frontali, sotto forma di fotocopie o presentazioni al computer. Si suggeriscono inoltre, a titolo consultivo, i seguenti testi:

- *Modern Electrochemistry: Electrode in Chemistry, Engineering, Biology, and Environmental Science* by John O'm Bockris, Amulya K. N. Reddy, J. O'M Bockris, Maria Gamboa-Aldeco, Plenum Press, 2000
- *Industrial Electrochemistry* by Derek Pletcher, Frank C. Walsh, Chapman and Hall, 1990

L'IDROGENO COME VETTORE ENERGETICO

Crediti didattici 3

Prof. Giorgio Fiori

- Consumi mondiali di energia primaria [combustibili fossili; biomasse; energia elettrica idraulica, nucleare e rinnovabile]
- Idrogeno come vettore di energia
- Efficienza termodinamica ed efficienza effettiva
- Macchine termiche e generatori elettrochimici
- Tipi di generatore elettrochimico [pile; accumulatori; celle a combustibile]
- Caratteristiche delle celle a combustibile e aree di applicazione
- Impatto ambientale delle celle a combustibile
- Produzione di idrogeno [reforming di idrocarburi; pirolisi diretta di acqua e scissione di acqua con cicli termochimici; elettrolisi dell'acqua; elettrolisi cloro – soda; fermentazione di biomasse]
- Stoccaggio di idrogeno
- Riferimenti bibliografici.

CHEMIOMETRIA

Crediti didattici 3

Prof. Maurizio Sironi

Insegnamento disattivato dall'a.a. 2006-2007

CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 1° MODULO: SINTESI

Crediti didattici 3

Prof.ssa Francesca Porta

Il modulo è inteso a fornire allo studente i concetti basilari della chimica supramolecolare ed esempi di strategie da adottare nella sintesi dei composti.

Origini e concetti fondamentali della chimica supramolecolare. Eteri a corona, sferandi, criptandi, ciclodestrine, calixareni, cavitandi e carcerandi (classificazione ed aspetti sintetici). Tipi di interazioni supramolecolari. Interazioni donatore–accettore: assemblaggi molecolari (quadrati, catenani e rotaxani). Cenni sull'utilizzo in congegni molecolari e supramolecolari. Fili molecolari ed interruttori. Cenni su sensori. Catalisi. Self-assembly e self-organizzazione. Replicazione. Self-assembly attraverso la coordinazione di ioni metallici. Self-assembly attraverso legame d'idrogeno. Cristalli liquidi e polimeri supramolecolari. Arrangiamenti self-organizzativi di tensioattivi.

Testo consigliato:

J.-M. Lehn, *Supramolecular Chemistry*, VCH, Weinheim, 1995

CHIMICA SUPRAMOLECOLARE, 2° MODULO: APPLICAZIONI

Crediti didattici 3

Dott.ssa Lucia Carlucci

- Concetti fondamentali. Interazioni deboli in solido e aspetti strutturali delle interazioni host-guest. Applicazioni dei composti host-guest fra i cationi metallici e eteri corona e criptandi.
- Composti clatrati inorganici (clatrati idrati, zeoliti, materiali a strati e intercalati, intercalati di grafite, composti di Hoffman e clatrati del Werner).
- Composti clatrati con Host organici (clatrati tipo urea). Complessi intracavità.
- Self-assembly e crystal engineering. Architetture supramolecolari di coordinazione: principi costruttivi, poligoni, gabbie e poliedri molecolari. Caratterizzazione e applicazioni di superstrutture molecolari a base metallica.

- Networks di coordinazione: elementi di classificazione topologica, classificazione in base al tipo di legante. Fenomeni di interpenetrazione e catenazione. Applicazioni e tecniche di caratterizzazione di proprietà host-guest dei polimeri di coordinazione (scambio ionico, assorbimento di gas e vapori).

Esercitazione:

- ricerca bibliografica su uno degli argomenti trattati durante il corso.

CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 3

Prof. Domenico Albanese

- Fonti di energia e materie prime per l'industria chimica: carbone, gas naturale e petrolio.
- Estrazione e distillazione del petrolio.
- Processi di conversione di idrocarburi: cracking, steam-cracking, reforming.
- Produzione industriale di olefine
- Diolefine coniugate: butadiene, isoprene, cloroprene
- Processi di desolforazione: processo Claus e biodesolforazione.
- Produzione di gas di sintesi e metanolo.
- Processo Fischer-Tropsch.
- Produzione di alchilbenzensolfonati.
- Idroformilazione.
- Processi di produzione di acido adipico e caprolattame.
- Prodotti e usi dei derivati dell'etilene: acetaldeide, ossido di etilene, cloruro di vinile.

RISONANZE MAGNETICHE: APPLICAZIONI IN CHIMICA INORGANICA E METALLORGANICA

Crediti didattici 3

Prof.ssa Tiziana Beringhelli

In attesa di programma

CHIMICA DEGLI ELEMENTI E QUALITÀ DELLA VITA

Crediti didattici 3

Prof. Alessandro Pasini

Verrà descritta la chimica di alcuni elementi in rapporto alle condizioni di vita dell'uomo. Per ogni elemento discusso verranno analizzati: chimica di base, applicazioni pratiche, applicazioni industriali, eventuali possibili alternative, aspetti tossici o benefici, eventuali usi in campo biomedico.

Gli elementi che verranno discussi sono:

- Idrogeno
- Litio
- Alluminio
- Selenio
- Rodio
- Platino

CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E INTERFASI

Crediti didattici 6

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche.

FOTOCHIMICA

Crediti didattici 6

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche.

CHIMICA BIOINORGANICA

Crediti didattici 6

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche.

CHIMICA DELLO STATO SOLIDO

Crediti didattici 6

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche.

CHIMICA BIOORGANICA

Crediti didattici 6

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche.

STEREOCHIMICA ORGANICA

Crediti didattici 6

Insegnamento in comune con il CL Magistrale in Scienze Chimiche.

ELENCO DOCENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE APPLICATE E AMBIENTALI

insegnamento	docente
Fondamenti di Calcolo Numerico	Claudio Verdi
Complementi di matematiche	Alberto Alesina
Metodologie analitiche per l'ambiente e il territorio	Paola Fermo - Maria Grassi
Caratterizzazione strutturale di composti organici	Rita Annunziata
Fisica dell'atmosfera	Corso mutuato
Tecnologie elettrochimiche di bonifica ambientale	Sandra Rondinini
L'idrogeno come vettore energetico	Giorgio Fiori
Chemiometria	Maurizio Sironi
Chimica supramolecolare I mod.: sintesi	Francesca Porta
Chimica supramolecolare II mod.: applicazioni	Lucia Carlucci
Chimica Organica Industriale	Domenico Albanese
Risonanze magnetiche: applicazioni in chimica inorg. e metallorg.	Tiziana Beringhelli
Chimica degli elementi e qualità della vita	Alessandro Pasini
Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e Interfasi	Silvia Ardizzone
Fotochimica	Elena Selli
Chimica Bioinorganica I e II modulo	Michele Gullotti
	Tiziana Beringhelli
Chimica dello Stato Solido	Gianfranco Ciani
	Davide Proserpio
Chimica Bioorganica	Giovanna Speranza
Stereochimica organica	Franco Cozzi

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE

NOTE ILLUSTRATIVE DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE

Premessa

Il Corso biennale di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale vuole formare un chimico che possieda un'elevata preparazione scientifica e operativa nelle tematiche connesse alla produzione industriale nei diversi settori chimici, con speciale riferimento alle connessioni prodotto-processo. Questa figura professionale deve avere delle buone conoscenze di economia e gestione aziendale ed essere in grado di lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità di progetti e strutture.

Questi obiettivi generali sono articolati in modo specifico per i tre diversi curricula:

- Processi chimici ed elettrochimici
- Chimica fine e biotecnologica
- Materiali

Obiettivi formativi generali e specifici

Gli obiettivi formativi del corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale sono articolati in modo specifico nei tre diversi curricula:

1. Processi chimici ed elettrochimici

L'obiettivo è di far conoscere allo studente lo sviluppo dei processi chimici industriali, dalla scala di laboratorio all'impianto pilota; le tecnologie elettrochimiche nei vari campi di applicazione: analitici, di sintesi, energetici, di trattamento ambientale; i problemi di preparazione e impiego dei materiali metallici, con particolare riguardo ai fenomeni di corrosione e degrado ambientale.

2. Chimica fine e biotecnologica

Obiettivo di questo curriculum è la preparazione di laureati che siano specialisti nell'analisi, progettazione e produzione di molecole di grande interesse applicativo, utilizzando metodologie e strategie di sintesi avanzate e innovative. Queste tecnologie trovano sviluppo anche nell'individuazione di processi biotecnologici innovativi e nella messa a punto di metodologie più economiche e meno inquinanti nel campo della chimica fine, che è uno dei settori di punta dell'industria chimica.

3. Materiali

Questo indirizzo è volto alla formazione di laureati interessati a svolgere attività produttiva o di ricerca nel settore dei materiali inorganici, organici e polimerici, con particolare riferimento alla loro preparazione e caratterizzazione. Il contenuto dell'indirizzo è finalizzato a soddisfare le necessità di industrie e centri di ricerca operanti nei più diversificati campi dei materiali tradizionali e innovativi.

Abilità e competenze acquisite

Il laureato magistrale in Chimica Industriale e Gestionale è in grado di occuparsi con alta competenza di produzione e ricerca chimica, di sviluppo di nuovi prodotti e nuovi processi d'innovazione tecnologica, di marketing e commercializzazione, applicando il metodo scientifico di raccolta, gestione e analisi dei dati.

Quindi esamina e gestisce i procedimenti produttivi ottimali per la produzione di nuovi prodotti e/o materiali, migliora i processi produttivi esistenti, analizza e migliora le caratteristiche dei composti realizzati. Sa inoltre proporre, in linea con i piani strategici dell'azienda, gli investimenti e formulare i relativi budget di costo e garantire la sistematica finalizzazione industriale della ricerca e dei relativi risultati.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

I laureati Magistrali in Chimica Industriale e Gestionale saranno in possesso di conoscenze idonee a svolgere in modo qualificato attività professionali come la progettazione e sintesi di nuovi prodotti industriali per gli usi più svariati e successivamente di seguirne la realizzazione nelle aziende; di organizzare e gestire il collaudo ed il controllo di impianti chimici di produzione, nonché di impianti di depurazione e disinquinamento, garantendone la sicurezza.

Egli potrà svolgere la sua attività o presso aziende chimiche e petrolchimiche, chimico-farmaceutiche, metalmeccaniche, di materie plastiche, coloranti, detersivi, adesivi o operanti in campo ambientale.

Conoscenze per l'accesso

Per essere ammesso al corso di laurea magistrale il laureato deve possedere i seguenti requisiti curriculari, con riferimento all'Ordinamento Didattico del Corso di Laurea in Chimica industriale:

- per quanto riguarda le attività formative di base, almeno un totale di 12 crediti formativi nelle discipline degli ambito matematico-informatico e fisico;
- per quanto riguarda le attività formative caratterizzanti, almeno 40 CFU complessivi.

Percorso formativo della Laurea Magistrale in CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE

In relazione ai propri obiettivi formativi, il Corso di Laurea Magistrale in Chimica Industriale e Gestionale definisce tre curricula diversi, ma stabilisce un gruppo di insegnamenti fondamentali, comuni a tutti i curricula (per un totale di 26 C FU). I curricula sono precisati nelle pagine seguenti, con gli specifici obiettivi formativi e i conseguenti obblighi didattici.

Curriculum "Processi chimici ed elettrochimici"

Obiettivi Formativi Qualificanti

Questo curriculum ha l'obiettivo di far conoscere allo studente:

- 1) lo sviluppo dei processi chimici industriali, in particolare dei processi catalitici, dalla scala di laboratorio all'impianto pilota ai principi per il passaggio alla scala industriale;
- 2) le tecnologie elettrochimiche nei vari campi di applicazione: analitici, di sintesi, energetici, di trattamento ambientale;
- 3) i problemi di preparazione e impiego dei materiali metallici, con particolare riguardo ai fenomeni di corrosione e degrado ambientale.

Con un'opportuna scelta degli insegnamenti opzionali, lo studente ha la possibilità di dare al proprio piano di studi l'orientamento culturale più aderente alle proprie inclinazioni.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

- reparto di ricerca e sviluppo delle industrie chimiche ed elettrochimiche;
- progettazione e produzione di generatori e sensori elettrochimici;
- progettazione e gestione di impianti pilota;
- conduzione di impianti chimici industriali;
- specialisti dei problemi di corrosione;
- uffici brevettazione.

Organizzazione didattica per il curriculum (a):

PRIMO ANNO

	<i>insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	SSD	attività formativa	
1° semestre						
F73001	Chimica industriale (approfondimento)	<1>	6	CHIM/04	b	
	Laboratorio di Chim. ind. (approfondim.)		4			
F73003	Processi e Impianti ind. chimici (approfondimento)	<2>	6	ING-IND/25	b	
F73004	Ottimizzazione delle Risorse aziendali	<3>	5	SECS-P/08	c	
F84017	Complementi di Matematiche	<4>	5	MAT/05	c	
2° semestre						
F73011	Elettrochimica	<5>	5	CHIM/02	b	
	Laboratorio di Elettrochimica		5			
<i>Oppure</i>						
F73013	Chimica fisica della Catalisi	<5>	5	CHIM/02	b	
	Laboratorio di Chim.fis.della Catalisi		5			
<i>tre corsi da scegliere tra i seguenti</i>						
F73022	Corrosione e Protezione dei Materiali metallici	<6>	5	ING-IND/23	b	
F83047	Chimica fisica dei Sistemi dispersi e delle Interfasi ⁽¹⁾		5	CHIM/02	b	
F73023	Termodinamica e Cinetica chimica applicate		5	CHIM/02	b	
F73024	Catalisi industriale		<7>	5	CHIM/02	b
F73025	Passaggi di Scala nei Processi chimici		<8>	5	ING-IND/26	b
F73026	Elettrochimica industriale		5	CHIM/02	b	
F73027	Metallurgia		5	ING-IND/21	b	

<i>e inoltre</i>					
F73041	Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	<prova 1>	4		f
	Ricerca bibliografica	<prova 2>	5		f

⁽¹⁾ parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche

SECONDO ANNO

	<i>insegnamento</i>	<i>esami e prove</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
1° semestre					
F73042	Gestione dell'Innovazione	<9>	5	SEC S-P/08	c
	Corso a libera scelta dello studente	<10>	5		d
<i>e inoltre, distribuito tra 1° e 2° semestre:</i>					
	Laboratorio di tesi di laurea magistrale	<prova finale>	50		e

b) *Curriculum "Chimica fine e biotecnologica"*

Obiettivi Formativi Qualificanti

E' obiettivo di questo curriculum la preparazione di laureati che siano specialisti nell'analisi, progettazione e produzione di molecole di grande interesse applicativo, utilizzando metodologie e strategie di sintesi avanzate e innovative. Queste tecnologie trovano sviluppo anche nell'individuazione di processi biotecnologici innovativi e nella messa a punto di metodologie più economiche e meno inquinanti nel campo della chimica fine, che è uno dei settori di punta dell'industria chimica.

Competenze acquisite

Competenze per presiedere alle fasi di progettazione delle molecole e di ottimizzazione della loro sintesi in vista della produzione industriale e per interagire in maniera non subalterna con altre funzioni aziendali (ingegneria, marketing, ecc.) coinvolte nell'iter di ricerca, sviluppo, produzione e commercializzazione di principi attivi, in particolare quelli ad elevato valore aggiunto.

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

Accesso ai più svariati settori industriali quali il farmaceutico, l'alimentare, l'agrochimico, i settori degli additivi, degli ausiliari, dei materiali per l'elettronica e dell'ecologia, oltre che al campo delle proprietà industriali (brevetti) e della gestione aziendale.

Organizzazione didattica per il curriculum (b):

PRIMO ANNO

	<i>Insegnamento</i>	<i>esame o prova</i>	<i>crediti (CFU)</i>	SSD	attività formativa
1° semestre					
F73001	Chimica industriale (approfondimento)	<1>	6	CHIM/04	b
	Laboratorio di Chim.ind. (approfondim.)		4		
F73003	Processi e Impianti ind.chimici(approfondimento)	<2>	6	ING-IND/25	b
F73004	Ottimizzazione delle Risorse aziendali	<3>	5	SECS-P/08	c
<i>un corso da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73006	Concetti e Metodologie di Sintesi organica	<4>	5	CHIM/06	b
F84020	Caratterizzazione strutturale di Composti organici		5	CHIM/06	b
F73008	Chimica bioinorganica ⁽¹⁾		5	CHIM/03	b
2° semestre					
F73015	Chimica organica applicata	<5>	6	CHIM/06	b
	Laboratorio di Chim.organica applicata		3		
F73016	Fermentazioni e Biotrasformazioni industriali con Laboratorio	<6>	6	CHIM/11	b
<i>un corso da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73029	Chimica organica industriale	<7>	5	CHIM/04	b
F73030	Chimica dei Prodotti naturali di Interesse industriale		5	CHIM/06	b
F73031	Chimica dei Processi biotecnologici		5	CHIM/11	b
F73032	Sintesi e Tecniche speciali inorganiche		5	CHIM/03	b
F73033	Chimica metalloorganica		5	CHIM/03	b
<i>un corso a scelta tra i seguenti:</i>					
F73034	Biochimica industriale	<8>	5	BIO/10	c
F73035	Biologia molecolare		5	BIO/11	c
<i>e inoltre</i>					

F73041	Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	<prova 1>	4		f
	Ricerca bibliografica	<prova 2>	5		f

⁽¹⁾ parzialmente mutuato dal Corso di Laurea Magistrale in Scienze Chimiche.

SECONDO ANNO

	<i>insegnamento</i>	<i>esami e prove</i>	<i>crediti (C FU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
1° semestre					
F73042	Gestione dell'Innovazione	<9>	5	SECS-P/08	c
	Corso a libera scelta dello studente	<10>	5		d
<i>e inoltre, distribuito tra 1° e 2° semestre:</i>					
	Laboratorio di tesi di laurea magistrale	<prova finale>	50		e

c) *Curriculum "Materiali "*

Obiettivi Formativi Qualificanti

Questo indirizzo è volto alla formazione di laureati interessati a svolgere attività produttiva o di ricerca nel settore dei materiali inorganici, organici e polimerici, con particolare riferimento alla loro preparazione e caratterizzazione. Il contenuto dell'indirizzo è finalizzato a soddisfare le necessità di industrie e centri di ricerca operanti nei più diversificati campi dei materiali tradizionali e innovativi.

Allo scopo di assicurare una preparazione la più ampia possibile, è consigliabile che gli studenti dell'orientamento "Materiali polimerici" scelgano, nell'ambito dei corsi opzionali, anche insegnamenti relativi ai materiali inorganici, e, viceversa, che gli studenti dell'orientamento "Materiali inorganici" scelgano, nell'ambito dei corsi opzionali, anche insegnamenti relativi ai materiali organici.

Organizzazione didattica per il curriculum (c):

PRIMO ANNO

	<i>insegnamento</i>	<i>esam e o prov a</i>	<i>crediti (CFU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
1° semestre					
F73001	Chimica industriale (approfondimento)	<1>	6	CHIM/ 04	b
	Laboratorio di Chim.ind.(approfondim.)		4		
F73003	Processi e Impianti ind.chimici (approfondimento)	<2>	6	ING- IND/25	b
F73004	Ottimizzazione delle Risorse aziendali	<3>	5	SECS- P/08	c
<i>un corso da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73009	Polimeri per applicazioni mediche	<4>	5	CHIM/ 04	b
F83049	Fotochimica ⁽¹⁾		5	CHIM/ 02	b
F73040	Scienza dei metalli		5	CHIM/ 02	b
2° semestre					
F73018	Chimica delle Macromolecole	<5>	6	CHIM/ 04	b
	Laboratorio di Chim.delle Macromolecole		4		
<i>Oppure</i>					
F73020	Chimica fisica dei Materiali	<5>	6	CHIM/ 02	b
	Laboratorio di Chim.fisica dei Materiali		4		
<i>due corsi da scegliere tra i seguenti:</i>					
F73036	Chimica e Tecnologia dei Polimeri	<6> <7>	5	CHIM/ 04	b
F73037	Chimica inorganica dei Materiali con Laboratorio		5	CHIM/ 03	b
F83047	Chimica Fisica dei Sistemi Dispersi e delle Interfasi		5	CHIM/ 02	b
F73022	Corrosione e Protezione dei Materiali metallici		5	ING- IND/23	b
F73027	Metallurgia			ING- IND/21	b
<i>un corso a scelta tra i seguenti:</i>					
F73039	Fisica dello stato solido	<8>	5	FIS/03	c
F73038	Chimica dell'ambiente e dei beni culturali	<8>	5	CHIM/ 12	c
<i>e inoltre</i>					
F73041	Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	<prova 1>	4		f

	Ricerca bibliografica	<prova 2>	5		f
--	-----------------------	-----------	---	--	---

⁽¹⁾ parzialmente mutuato dal CL Magistrale in Scienze Chimiche

SECONDO ANNO

	<i>insegnamento</i>	<i>esami e prove</i>	<i>crediti (C FU)</i>	<i>SSD</i>	<i>attività formativa</i>
1° semestre					
F73042	Gestione dell'Innovazione	<9>	5	SECS- P/08	c
	Corso a libera scelta dello studente	<10>	5		d
<i>e inoltre, distribuito tra 1° e 2° semestre:</i>					
	Laboratorio di tesi di laurea magistrale	<prova finale>	50		e

Per la “ricerca bibliografica” lo studente dovrà rivolgersi al relatore di tesi o ad un altro docente per l'assegnazione del tema della ricerca, nell'ambito del curriculum scelto, e svolgere il lavoro sotto la sua guida. I risultati della ricerca saranno raccolti in un elaborato che verrà valutato da una apposita commissione presieduta dal docente responsabile.

Piani di studio individuali

Gli studenti possono discostarsi dai curricula sopra proposti, presentando propri piani di studio individuali, nel rispetto delle norme del Regolamento didattico della Facoltà. Ogni piano di studio individuale sarà esaminato da una commissione del CCD e sarà sottoposto al Consiglio stesso, che lo potrà approvare o respingere. Si consiglia a coloro che intendono presentare un piano di studi individuale di rivolgersi a uno dei responsabili dell'orientamento.

PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI

PRIMO ANNO

CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO)

Crediti Didattici 6 (48 ore di lezioni frontali)

Prof. Dario Landini

Fonti di energia e materie prime per l'industria chimica: carbone, gas naturale, petrolio. Composizione e lavorazione del petrolio: cracking termico, steamcracking, cracking catalitico, reforming catalitico, alchilazione. Gas di sintesi. Processo SASOL Fischer-Trops. Unità C1: metanolo, formaldeide, acido formico, formammidi, acido cianidrico. Produzione industriale delle olefine: etilene, propilene, buteni e omologhi superiori. Metatesi delle olefine. Diolefine coniugate: butadiene, isoprene, cloroprene e ciclopentadiene. Acetilene: produzione e applicazioni. Idroformilazione: processi di carbonilazione e carbossilazione delle olefine. Prodotti di ossidazione dell'etilene: ossido di etilene, glicole etilenico, polietilenglicoli. Acetaldeide. Acido acetico, acetato d'etile, anidride acetica. Produzione industriali degli alcoli: etanolo, isopropanolo, butanoli e omologhi superiori. Dioli e polioli. Derivati degli xileni e del naftalene: acido ftalico, anidride ftalica ed esteri ftalici.

Testi consigliati:

- K. Weissmehl, H. I. Arpe, *Industrial Organic Chemistry*, 3rd. Ed. VHC, Weinheim, 1997; alternativamente, *Chimica organica Industriale* (Traduzione italiana della I ed. tedesca e aggiornamento ricavato dalla III ed. tedesca a cura di C. Botteghi, Piccin ed. Padova, 1981, 1991);
- C. Giavarini, *Guida allo Studio dei Processi di Raffinazione e Petrochimici*, Ed. Scien. , Siderea, Roma, 1999.

LABORATORIO DI CHIMICA INDUSTRIALE (APPROFONDIMENTO)

Crediti didattici 4 (64 ore di esercitazioni in laboratorio)

Prof. Domenico Albanese

Il programma del corso prevede l'esecuzione a banco singolo di esperimenti di laboratorio, riguardanti la preparazione di intermedi e di prodotti finiti di interesse industriale tramite sintesi a uno stadio o a più stadi. I prodotti ottenuti verranno caratterizzati tramite tecniche spettroscopiche e analitiche.

In particolare verranno eseguite le seguenti esperienze:

- sintesi del 2-etilesanolo a partire da aldeide butirrica e suo impiego per la preparazione dell'adipato di 2-etilesile
- sintesi di cloroprene per deidroclorurazione di 3,4-dicloro-1-butene in condizioni di catalisi per trasferimento di fase
- detergenti anionici: sintesi di dodecilbenzensolfonato di sodio

Testi consigliati:

- Materiale didattico riguardante gli esperimenti, che verrà fornito dal docente all'inizio del corso di laboratorio

PROCESSI E IMPIANTI IND. CHIMICI (APPROFONDIMENTO)

Crediti didattici 6

Prof. Vittorio Ragaini

Cinetica applicata

Richiami di cinetica chimica. Reazioni a stadi.

Catalisi acido-basica. Autocatalisi. Catalisi enzimatica. Catalisi eterogenea. Adsorbimento fisico e chimico. Modelli cinetici per le reazioni catalitiche. Limitazioni diffusive, efficacia dei catalizzatori.

Processi e reattori chimici

Schemi di processo. Simboli e sigle. Bilanci di massa e di energia.

Reattori discontinui. Reattori semicontinui. Reattori continui tubolari ideali. Reattori continui a completo mescolamento. Conversione e selettività nei diversi reattori. Effetti termici. Reattori continui non-ideali. Distribuzione dei tempi di residenza nei reattori continui. Reattori trifasici.

Processi di combustione per il trattamento di rifiuti solidi urbani e di emissioni di sostanze organiche volatili. Trattamento di acque reflue.

Testo consigliato

- O. Levenspiel, *Chemical Reaction Engineering*, 3rd edit., Wiley, New York, 1999.
- S. Metcalfe: *Chemical Reaction Engineering- A First Course*. Oxford Science Publications, 1997.

OTTIMIZZAZIONE DELLE RISORSE AZIENDALI

Crediti didattici 5

Dott. Luigi Cattini

In sintesi il corso si propone di fare comprendere ai giovani, alternando teoria ed esame di bilanci aziendali, come l'equilibrio economico delle aziende sia oggi molto teso, data l'elevatissima competitività internazionale, per cui l'uso delle risorse aziendali vada deciso con molta oculatezza.

Il corso dà per acquisiti gli strumenti base della gestione, della organizzazione e del controllo economico-finanziario aziendale.

Più in particolare il piano delle lezioni si svolgerà seguendo queste linee:

- Richiamo e approfondimento sui fattori di successo della attività aziendale: prodotto/mercato, costi/prezzi, valore aggiunto/costi delle risorse, capacità di produrre, vendere, ricercare, decidere, con efficacia ed efficienza. (6 ore)
- Le risorse aziendali: capitale umano, tecnologico, finanziario e quote di mercato possedute; la loro funzione prioritaria: mantenere e possibilmente migliorare l'equilibrio economico-finanziario dell'azienda. Verifiche della redditività e della salute finanziaria dell'azienda. (4 ore)
- L'analisi delle tendenze tecnologico/produttive (offerta), dei consumi e delle necessità (domanda), dei cicli economico/finanziari come scenario in cui opera l'Azienda e come base della pianificazione aziendale. (4 ore)
- I conseguenti punti di forza e di debolezza aziendali e gli obiettivi offensivi e difensivi dell'azienda, nel breve e nel medio termine. La necessità di concentrare l'attenzione e l'uso delle risorse disponibili verso quegli obiettivi che mostrano maggiore probabilità di generare un risultato di valore superiore al costo necessario a conseguirlo. (10 ore, di cui 6 per analisi e discussione bilanci)
- Il dispiegamento delle risorse aziendali nello spazio (mercati geografici) e nel tempo (fasi di sviluppo) (10 ore, di cui 6 di esame di analisi tendenziali pluriennali)
- Tecniche di pianificazione strategica in funzione di scenari alternativi. Idea di budget/business plan (4 ore con esempi)
- Sintesi dei parametri economico/finanziari tipici per diverse tipologie di attività industriali. (2 ore)
- Esercitazioni di gruppo (4 ore)

COMPLEMENTI DI MATEMATICHE

Crediti didattici 5

Prof. Alberto Alesina

insegnamento mutuato dal CL Magistrale in Scienze Chimiche e in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

ELETTROCHIMICA

Crediti didattici 5

Prof. Sergio Trasatti

- Introduzione (Impatto tecnologico, elettrolizzatori, generatori, potenzialità in campo energetico, ambientale, analitico, medico-biologico, auto elettriche, fonti rinnovabili, ecc.)
- Energia di particelle in fasi condensate
- Elettroni nei metalli
- Struttura e termodinamica delle soluzioni elettrolitiche
- Equilibrio tra fasi immiscibili (metallo/elettrolita)
- Trasformazioni elettrochimiche reversibili
- Stechiometria elettrochimica
- Diffusione e trasporto nelle soluzioni elettrolitiche
- Termodinamica delle interfasi elettrochimiche
- Cinetica elettrochimica
- Meccanismi di reazione
- Elettrocatalisi
- Tecniche sperimentali per lo studio dei fenomeni elettrochimici

LABORATORIO DI ELETTROCHIMICA

Crediti didattici: 5

Prof.ssa Patrizia Mussini

Lezioni

Richiami di termodinamica e cinetica elettrochimica, descrizione delle apparecchiature e delle modalità operative.

Esercitazioni: Trasporto elettrico in soluzione: confronto del comportamento di elettroliti forti e deboli (eq. di Onsager, Kraus e Bray, Kohlrausch). Termodinamica: preparazione di elettrodi a AgCl (con metodo bielettrolitico) e a Hg₂Cl₂, e costruzione di pile per determinazioni di energia libera ed entropia di reazione, e di numeri di trasporto ionico. Potenziometria: costruzione di

un elettrodo ionoselettivo (a partire dalla membrana) e sua caratterizzazione operativa. Cinetica: determinazione di coefficienti di diffusione e costanti cinetiche di trasferimento elettronico mediante elettrodo a disco rotante; relazioni potenziale/corrente per l'evoluzione di O₂ su elettrodi di ossidi catalitici: verifica dell'eq. di Tafel, correzione delle cadute ohmiche. Voltammetria ciclica e polarografia: studio di trasferimenti elettronici reversibili ed irreversibili a/da molecole organiche e complessi metallici: effetti della struttura molecolare, della concentrazione, della velocità di scansione; adsorbimenti specifici e superficie attiva dell'elettrodo: il caso dell'evoluzione catalitica di H₂ e O₂ su Pt; *underpotential deposition* di un monostrato di atomi metallici; voltammetria di *stripping* anodico. Energetica: termodinamica e cinetica di una pila a combustibile PEM a H₂ e O₂. Materiali innovativi: sintesi e caratterizzazione elettrochimica di un polimero conduttore. Corrosione: curve di passivazione di un acciaio inossidabile in dipendenza dalla composizione dell'acciaio e dall'aggressività dell'ambiente.

CHIMICA FISICA DELLA CATALISI

Crediti didattici 5

Prof. ssa Antonella Gervasini

- *Funzione e struttura del catalizzatore (0.5 CFU)*: Catalizzatore e Processo catalitico. Stadi della reazione catalitica. Adsorbimento. Diffusione. Shape selectivity. Composizione e struttura del catalizzatore. Polifunzionalità. Equilibrio tra i componenti.
- *Sviluppo del processo catalitico (0.5 CFU)*: Definizione del problema e degli obiettivi. Progetto e ricerca del catalizzatore. Prove sul catalizzatore, in laboratorio e in impianto pilota. Progetto del processo.
- *Materiali catalitici (0.5 CFU)*: Tipi di materiali catalitici: Metalli. Semiconduttori. Isolanti. Solidi acidi. Zeoliti. Supporti e promotori.
- *Preparazione del catalizzatore (1.5 CFU)*: Tecniche preparative: Precipitazione, Tecnica sol-gel, Impregnazione, Spray-drying, Tecniche speciali. Produzione industriale dei catalizzatori. Formatura. Resistenza meccanica. Passaggi di scala: Impianto pilota, Reattore industriale. Copertura brevettuale. Responsabilità legali.
- *Caratterizzazione del catalizzatore (1.5 CFU)*: Proprietà di massa. Proprietà di particella. Proprietà di superficie. Misura dell'attività catalitica. Spettroscopia IR e tecniche di desorbimento a temperatura programmata (TPD) applicate alla caratterizzazione dei catalizzatori.
- *Disattivazione del catalizzatore (0.5 CFU)*: Tipi e cause di disattivazione. Effetti della disattivazione. Rigenerabilità del catalizzatore.

Gli argomenti verranno illustrati anche con esempi applicativi (case histories).

Testi consigliati:

- J.T.Richardson, *Principles of Catalyst Development*, Plenum Press, New York, 1989.
- J.M.Thomas, W.J.Thomas, *Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*, VCH, Weinheim, 1997.
- R.J.Farrauto, C.H.Bartholomew, *Fundamentals of Industrial Catalytic Processes*, Blackie Academic & Professional, London, 1997.

LABORATORIO DI CHIMICA FISICA DELLA CATALISI

Crediti didattici 5

Dott.ssa Ilenia Rossetti

La finalità del presente insegnamento è l'approfondimento applicativo dei concetti illustrati nell'insegnamento istituzionale ad esso abbinato. Particolare attenzione verrà dedicata alla catalisi ambientale (catalizzatori per la depurazione degli effluenti gassosi, marmitte catalitiche) ed ai recenti sviluppi catalitici in ambito ambientale ed energetico (catalizzatori per la combustione senza fiamma del metano, catalizzatori per la scissione fotoelettrocatalitica dell'acqua – water splitting).

L'insegnamento si articolerà in una parte descrittiva (2 CFU, 16 ore) in cui verranno illustrate le proprietà e le applicazioni catalitiche di ossidi misti a struttura perovskitica, una famiglia di catalizzatori estremamente versatile ed utile per le applicazioni sopra citate. I successivi 3 CFU, corrispondenti a 48 ore di esercitazioni pratiche in laboratorio, saranno dedicati alle seguenti attività:

- Preparazione mediante una tecnica di sintesi innovativa di una serie di catalizzatori perovskitici in forma nanostrutturata;
- Preparazione di un catalizzatore "formato" per deposizione su monoliti a nido d'ape (passaggio di scala per applicazione industriale);
- Caratterizzazione dei materiali preparati mediante alcune tecniche strumentali (BET, SEM-EDX, XRD, TGA, XRF, TPD-TPR, EPR);
- Misura dell'attività catalitica per la combustione senza fiamma del metano mediante impianto micropilota;
- Misura della resistenza alla disattivazione termica (per scopi applicativi);
- Interpretazione dei risultati sperimentali e stesura dell'elaborato finale.

La valutazione, nell'ambito dell'esame unico con l'insegnamento istituzionale, avverrà sulla base di una relazione individuale sul lavoro svolto.

Testi di riferimento:

visto il carattere applicativo delle esperienze, verrà fornita una raccolta aggiornata di materiale bibliografico sul tema ed una dispensa a cura della docente.

CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI METALLICI

Crediti didattici 5

Prof. Enrico Sivieri

Parte I

Generalità: Definizioni. Velocità di corrosione. Andamento della corrosione nel tempo. Significato tecnico ed economico della corrosione.

Parte II

Corrosione in ambiente acquoso: Generalità. Natura elettrochimica dei fenomeni di corrosione. Termodinamica dei processi di corrosione. Diagrammi potenziale-pH. Cinetica dei processi di corrosione. Riduzione catodica dell'ossigeno. Evoluzione d'idrogeno. Passività. Teoria dei potenziali misti. Teoria degli elementi galvanici in corto circuito. Misura della velocità di corrosione con metodi elettrochimici. Resistenza di polarizzazione. Processi controllanti. Polarizzazione chimica, di concentrazione. Fattori termodinamici e cinetici di localizzazione della corrosione umida.

Parte III

Morfologia della corrosione: Corrosione per contatto, per vaiolatura, intestiziale, per fatica, sotto sforzo, per sfregamento, intergranulare. Danneggiamento da idrogeno. Corrosione delle strutture interrato. Corrosione biologica. Corrosione marina. Corrosione atmosferica. Corrosione per correnti disperse. Corrosione nelle acque naturali ed industriali.

Parte IV

Metodi di protezione: inibitori anodici, catodici, di adsorbimento, da imballaggio, in fase vapore, metodi di protezione con strati ricoprenti, protezione passiva, protezione mista. Strati di conversione, *ossidazione, anodica, fosfatizzazione*.

Parte V

Corrosione ad alta temperatura: Generalità. Aspetti termodinamici e cinetici. Teoria di Wagner. Conduttori ionici ed elettronici. Semiconduttori. Fattori di velocità. Corrosione secca delle leghe. Ossidazione interna. Corrosione da sali fusi.

Testi consigliati

- G. Bianchi, F. Mazza, *Corrosione e protezione dei metalli*, Ed. Masson s.p.a., Milano, 1989.

CHIMICA FISICA DEI SISTEMI DISPERSI E DELLE INTERFASI

Crediti didattici 5

Prof.ssa Silvia Ardizzone

Corso parzialmente mutuato dal CL Magistrale in Scienze Chimiche ed in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

TERMODINAMICA E CINETICA CHIMICA APPLICATE

Crediti didattici 5

Prof. Paolo Carniti

Termodinamica

- Richiami e approfondimenti sul primo e secondo principio della termodinamica e sulle varie funzioni termodinamiche.
- Calcolo delle variazioni delle funzioni termodinamiche partendo da dati teorici e di letteratura, e da dati sperimentali.
- Termodinamica dei gas reali e delle miscele gassose reali. Equazioni di stato per i gas reali. Principio degli stati corrispondenti. Fugacità. Metodi per la valutazione dei coefficienti di fugacità.
- Termodinamica delle soluzioni. Proprietà generali delle soluzioni e equazione di Gibbs-Duhem. Relazione tra tensione di vapore parziale e composizione. Soluzioni ideali e non ideali. Coefficienti di attività. Convenzioni per i coefficienti di attività. Determinazione sperimentale dei coefficienti di attività. Funzioni di eccesso. Equazioni per esprimere i coefficienti di attività in funzione della composizione della soluzione. Energia libera di eccesso e miscibilità parziale.
- Equilibrio di reazione in fase gassosa e in soluzione. Costanti di equilibrio per reazioni in miscele non ideali. Metodi per la stima di dati termochimici. Impiego dei contributi di gruppo.
- Cenni di termodinamica statistica. Relazione tra funzioni di partizione e grandezze termodinamiche. Costanti di equilibrio espresse per mezzo delle funzioni di partizione.

Cinetica chimica

- Richiami di cinetica chimica elementare.

- Teorie cinetiche. Teoria delle collisioni e dello stato stazionario.
- Reazioni complesse: reazioni parallele, consecutive, opposte, ecc.
- Catalisi omogenea. Meccanismi catalitici. Catalisi acido-basica generale e specifica.
- Catalisi enzimatica.
- Modelli matematici in cinetica chimica. Impostazione del modello. Metodi di integrazione numerica. Metodi di ottimizzazione. Significatività dei parametri ottenuti. Discriminazione tra modelli possibili.

CATALISI INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

Prof.ssa Antonella Gervasini

Il corso verte essenzialmente sugli aspetti principali della catalisi eterogenea ed intende fornire le informazioni di base per comprendere la strada che si deve percorrere per lo sviluppo dei catalizzatori industriali e dei relativi processi catalitici. Vengono illustrati esempi di rilievo nella catalisi industriale.

- Generalità. Definizione di catalizzatore e di reazione catalitica. Concetti di attività, selettività, e resa di un catalizzatore.
- Cinetica e stadi elementari. Diffusione, adsorbimento, reazione superficiale e desorbimento. Limitazioni all'azione catalitica dovuti a diffusione interna ed esterna.
- Sviluppo del catalizzatore industriale. Proprietà e caratteristiche del catalizzatore. Operazioni elementari per la preparazione di catalizzatori massivi e supportati, compresa la loro formatura.
- Determinazione delle proprietà dei catalizzatori. Proprietà catalitiche e loro misura in reattori sperimentali, proprietà meccaniche, proprietà chimico-fisiche.
- Invecchiamento dei catalizzatori. Disattivazione, avvelenamento ed interventi per la rigenerazione di catalizzatori spenti.
- Fondamenti per lo sviluppo di scala di catalizzatori eterogenei e dei relativi processi catalitici.
- La proprietà intellettuale. Importanza, significato ed interpretazione dei brevetti industriali.
- Esempi di processi catalitici di rilevanza industriale ed applicazioni catalitiche nel disinquinamento.

Testi consigliati:

- J.-F. Le Page et al., «*Applied Heterogeneous Catalysis: Design, Manufacture, Use of Solid Catalysts*», Institut Francais du Pétrole Publications, Editions Technip, 1987.
- J. Lynch, «*Physico-Chemical Analysis of Industrial Catalysts, a Practical Guide to Characterization*», Institut Francais du Pétrole Publications, Editions Technip, 2003.
- J.M. Thomas, W.J. Thomas, «*Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis*», VCH, Weinheim, New York, 1997.
- J.T. Richardson, «*Principles of Catalyst Development*», Plenum Press, New York, 1989.

PASSAGGI DI SCALA NEI PROCESSI CHIMICI

Crediti didattici 5

Dott. Giovanni Carvoli

In attesa programma

ELETTROCHIMICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

Prof. Sandra Rondinini

Introduzione

L'industria elettrochimica: sviluppi e prospettive

Valutazioni di processo

Costi. Parametri di merito. Parametri dei reattori elettrochimici

Principi di disegno di cella

Fenomeni di trasporto, distribuzione di corrente, connessione di celle. Tipologia dei reattori elettrochimici: processi continui e discontinui, PFR, CSTR, elettrodi convenzionali e tridimensionali

Pile e batterie primarie e secondarie

Processi elettrochimici di interesse industriale

Questa parte del corso, più che fornire una descrizione sistematica di tutti i processi elettrochimici realizzati su scala industriale, è dedicata all'approfondimento di alcuni processi di rilevante interesse industriale che siano significativi anche dal punto di vista didattico, quali, ad esempio:

- Processi per la protezione ambientale (trattamento reflui, recupero e rigenerazione reagenti, fotoelettrochimica, ecc.)
- Processi per i materiali metallici: estrazione, raffinazione, trattamenti superficiali, lavorazione
- Processi industriali per la produzione di cloro e soda, alluminio, adiponitrile.

La scelta del tema è concordata anno per anno con gli studenti.

METALLURGIA

Crediti didattici 5

Prof. Enrico Sivieri

La metallurgia di processo:

materie prime, trattamenti preliminari, pirometallurgia, idrometallurgia, elettrometallurgia, colata del metalli e solidificazione.

Cenni di fisica dei metalli:

il legame nei metalli, reticoli cristallini e metodi per il loro studio, imperfezioni reticolari, metalli e leghe allo stato liquido, solidificazione, meccanismi di rafforzamento.

Diagrammi di stato delle leghe metalliche:

la fase vapore, la fase liquida, le fasi solide, trasformazioni di fase, regole generali per l'interpretazione dei diagrammi di stato, diagramma ferro-carbonio, raffreddamenti in condizioni di non-equilibrio.

Trattamenti termici:

generalità sui trattamenti termici, punti critici, esperienza di Bain, curve anisotenne, temprabilità degli acciai, strutture metallografiche degli acciai, trattamenti termici di interesse applicativo, trattamenti termici non tradizionali.

Metodi di studio e controllo dei metalli:

caratteristiche meccaniche, prove di resistenza a trazione, a compressione, a flessione, a scorrimento a caldo, di durezza, di resistenza all'urto, a fatica; microscopia ottica, elettronica, analisi EDS-WDS, analisi delle superfici, controlli non distruttivi.

Proprietà del ferro ed influenza di eteroatomi:

gli acciai, acciai da costruzione, per utensili, inossidabili, per usi particolari, superleghe, le ghise.

CONCETTI E METODOLOGIE DI SINTESI ORGANICA

Crediti didattici 5

Prof.ssa Emanuela Licandro

Il corso si propone di fornire allo studente un metodo per la migliore organizzazione delle conoscenze (anche di quelle già acquisite) di chimica organica, localizzando l'attenzione su 1) *concetti*, 2) *metodi*, 3) *reagenti* di partenza necessari alla progettazione di molecole che hanno un importante ruolo nella moderna sintesi organica.

1. I *concetti* esposti nel corso includono:
 - metodi per realizzare la formazione del legame carbonio-carbonio in modo regio- e stereoselettivo; interconversione e protezione di gruppi funzionali
 - strategie per favorire la termodinamica di reazioni sfavorevoli
2. I *metodi* sintetici che verranno presentati sono stati scelti considerando aspetti di:
 - a) *applicabilità*: il metodo è stato utilizzato per sintesi complesse
 - b) *semplicità*: il metodo non è eccessivamente lungo e tedioso
 - c) *selettività*: il metodo tiene conto di alcuni principi per il controllo della selettività.
3. *Reagenti di partenza*: si utilizzerà una lista di reagenti poco costosi e commercialmente disponibili come presupposto per la progettazione di sintesi di molecole organiche.

Testi consigliati:

- Fuhrhop J., Penzlin G. *Organic Synthesis*, 1994, VCH Verlag: Weinheim, Germany (II edizione).
- Norman R., Coxon j. M. *Principi di Sintesi Organica*, 1997, Piccin editore (II edizione italiana).

CARATTERIZZAZIONE STRUTTURALE DI COMPOSTI ORGANICI

Crediti didattici 5

Prof.ssa Rita Annunziata

Corso parzialmente mutuato dal CL Magistrale in Scienze Chimiche ed in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

CHIMICA BIOINORGANICA

Crediti didattici 5

I modulo: prof. Michele Gullotti - II modulo: prof.ssa Tiziana Beringhelli

Corso parzialmente mutuato dal CL Magistrale in Scienze Chimiche ed in Scienze Chimiche Applicate e Ambientali. Vedi programma del corso omonimo.

CHIMICA ORGANICA APPLICATA

Crediti didattici 6

Prof. Stefano Maiorana

Si prendono in esame classi di prodotti biologicamente attivi di grande importanza pratica e commerciale, per ciascuna classe vengono date notizie sul meccanismo di azione, sui metodi di valutazione dell'attività biologica in vitro ed in vivo con notizie riguardanti le correlazioni struttura-attività.

Vengono descritte le più comuni vie di accesso (fermentazione, sintesi) facendo emergere le problematiche connesse.

Particolare rilievo viene dato ai criteri che indirizzano, a livello industriale, le scelte riguardanti la ricerca e sviluppo di nuovi prodotti oltre ad illustrare l'iter di sviluppo di un nuovo farmaco compresi i problemi brevettuali e di sicurezza delle reazioni e dei prodotti.

La sintesi in fase solida ed i principi della chimica combinatoria vengono discussi come nuove metodologie per la scoperta di nuovi prodotti con attività biologica.

Esperti dell'industria contribuiranno con lezioni su argomenti specifici allo svolgimento del corso.

Durante il corso potranno anche tenersi esercitazioni di vario tipo (ricerca bibliografica, progettazione di sintesi di prodotti industriali ecc.). Parte integrante del corso sarà una visita ad una Azienda chimica di chimica fine.

Anti-infiammatori non steroidei

- Derivati dell'acido benzoico
- Derivati degli acidi arilacetici
- Derivati degli acidi arilpropionici
- Derivati oxicam.

Derivati con attività antibatterica

- Antibiotici -lattamici:
 - Penicilline e Penicilline semisintetiche
 - Cefalosporine e Cefalosporine semisintetiche
 - Penem e derivati
 - Tienamicina
 - Monobattami
- Antibiotici macrolidici
 - Eritromicina: sviluppo del processo biotecnologico di produzione. Sintesi di derivati di interesse industriale.
- Nuovi antibatterici di sintesi: derivati chinolonici
 - Chinoloni di I generazione
 - Chinoloni di II generazione
 - Nuovi antibiotici di sintesi

Fitofarmaci

- Caratteristiche generali, classificazione, cenni su meccanismi di azione.
- Vengono esaminati in particolare i principi attivi in relazione al loro utilizzo ed ai metodi di sintesi.
 - Fungicidi
 - Insetticidi
 - Erbicidi

LABORATORIO DI CHIM. ORGANICA APPLICATA

Crediti didattici 3

Prof.ssa Emanuela Licandro

Parte prima (svolta nelle lezioni del mattino)

Verranno insegnati i principi base della ricerca bibliografica, la logica della catalogazione di tutta la letteratura scientifica, la definizione di letteratura primaria e letteratura secondaria, una rassegna delle riviste più significative e utili per il chimico organico.

Si illustrerà l'utilizzo di databases specificamente elaborati ed organizzati per rendere agevole e mirata la ricerca di molecole. Si organizzeranno quindi esercitazioni pratiche di ricerca bibliografica.

Parte seconda (svolta in laboratorio nel pomeriggio)

Esercitazioni in laboratorio a banco singolo, si effettuerà la sintesi, a più stadi di una molecola ad attività biologica, la scelta dei reagenti e delle condizioni di reazione (solvente, temperatura, pressione, atmosfera inerte), nonché dell'isolamento dei prodotti, verrà fatta conto della fattibilità della sintesi stessa su scala industriale.

FERMENTAZIONI E BIOTRASFORMAZIONI INDUSTRIALI CON LABORATORIO

Crediti didattici 5

Dott.ssa Concetta Compagno

- Microorganismi di interesse industriale, miglioramento genetico e conservazione
- Tecnologie di coltivazione dei microorganismi: configurazione dei bioreattori, allestimento dei terreni colturali per fermentazioni industriali
- Tecniche fermentative: coltura batch, coltura continua, coltura in fed-batch, cellule ed enzimi immobilizzati
- Monitoraggio e controllo del processo: parametri aggregati e segregati
- Processi biotecnologici per la produzione di metaboliti di interesse industriale: produzione di solventi, acidi organici, aminoacidi, antibiotici.
- Produzione di proteine da organismi geneticamente modificati: scelta dell'ospite, sistemi di espressione e secrezione, strategie fermentative.
- Ingegneria metabolica come strumento per lo studio e il miglioramento del processo produttivo.
- Produzioni avanzate: prodotti commerciali da microorganismi ricombinanti

Laboratorio:

- Selezione e identificazione di microorganismi
- Analisi della crescita
- Trasformazione di microorganismi
- Bioconversioni
- Prodotti da DNA ricombinante

CHIMICA ORGANICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

Prof. Dario Landini

Il corso riguarda la sintesi organica, vista in chiave industriale. In particolare i processi di sintesi organica (scelta dei reagenti, dei solventi, delle condizioni operative e delle operazioni per l'isolamento e la purificazione dei prodotti) sono trattati dal punto di vista dell'applicazione industriale. Il corso comprende lo studio approfondito dei principali processi organici, *Processi Unitari*, quali nitrificazione, solfonazione, solfatazione, amminazione riduttiva, amminazione per ammonolisi e idroammonolisi. Per ognuno di questi processi vengono presentati e discussi gli aspetti generali relativi al chimismo, alla cinetica e alla termodinamica, e, per alcune delle sintesi industriali più significative, vengono presentati e discussi in dettaglio i relativi diagrammi di flusso. In tutte le operazioni di processo viene dato un rilievo particolare ai problemi relativi alla sicurezza e all'igiene. Il corso comprende anche almeno una visita agli impianti di produzione di un'industria chimica.

Testi consigliati

- Materiale didattico fornito dal docente all'inizio del corso
- Fonti di consultazione disponibili presso la biblioteca chimica: Kirk-Othmer, *Encyclopedia of Chemical Technology*, IV ed., 1992; *Ullmann's encyclopedia of Industrial Chemistry*, VHC, V ed., 1998.

CHIMICA DEI PRODOTTI NATURALI DI INTERESSE INDUSTRIALE

Crediti didattici 5

I modulo (3 CFU): dr. Carlo Morelli – II modulo (2 CFU): Dr.ssa Alessandra Silvani

I Modulo: Metaboliti primari

- *Proteine* – Struttura primaria, secondaria, terziaria e quaternaria delle proteine.
- *Carboidrati* – Monosaccaridi: classificazione e struttura; mutarotazione; reazione dei gruppi ossidrilici; reazioni al centro anomero. Disaccaridi: saccarosio, maltosio, lattosio. Oligosaccaridi: ciclodestrine. Polisaccaridi: amido e cellulosa.

- *Nucleotidi* – RNA e DNA: struttura, biosintesi e trasmissione dell'informazione.
- *Lipidi* – Acidi grassi saturi, insaturi e di struttura insolita. Fosfolipidi. Prostaglandine, tromboxani e leucotrieni: struttura e rilevanza biologica.

Metaboliti secondari

- *Terpeni* – Classificazione. Regola isoprenica strutturale. Regola isoprenica biogenetica. Isoprene attivo. Acido mevalonico ed emiterpeni. Monoterpeni cicloesani ed iridoidi. Sesquiterpeni. Diterpeni. Triterpeni. Carotenoidi.
- *Steroidi* – Trasformazione del lanosterolo in colesterolo. Steroidi naturali. Fitosteroli. Saponine. Corticosteroidi. Progestinici. Androgeni. Estrogeni.
- *Fenilpropanoidi* – Derivati della fenilalanina via acido cinnamico. Fenilpropanoidi. Lignani. Lignine. Flavonoidi.
- *Polichetidi* - Naftochinoni e antrachinoni. Antibiotici.

II Modulo: Utilizzo della spettroscopia NMR per la determinazione strutturale di metaboliti primari e secondari

- Esperimenti monodimensionali ^1H e ^{13}C -NMR: interpretazione dei parametri spettrali (chemical shifts e costanti di accoppiamento) per la caratterizzazione di amminoacidi, piccoli peptidi, mono e disaccaridi.
- Interpretazione di spettri bidimensionali omo ed eteronucleari ^1H e ^{13}C -NMR (COSY, TOCSY, HETCOR) per la determinazione strutturale di metaboliti secondari.
- Determinazione della configurazione assoluta di molecole di origine naturale mediante spettroscopia NMR: reagenti chirali di shifts e reagenti derivatizzanti chirali.

Testi consigliati:

- P. M. Dewick, *Medicinal Natural Products. A Biosynthetic Approach*, Wiley, Chichester, 1997
- P. Manitto, G. Speranza, *Elementi di Chimica delle Sostanze Organiche Naturali*, Libreria CLUED, Milano, 2001.
- H. Friebolin, *Basic one and two-dimensional NMR spectroscopy*, VCH Publishers, New York, 2001

CHIMICA DEI PROCESSI BIOTECNOLOGICI

Crediti didattici 5

Prof. Pierfausto Seneci

Il corso tratterà di alcune metodologie avanzate chimiche o ad alto contenuto chimico, sia nel campo della ricerca di nuovi farmaci che dei processi biotecnologici, partendo da una illustrazione chiara e semplice dei principi base ed esemplificandone gli aspetti di maggiore rilevanza.

Fra i processi biotecnologici esamineremo in dettaglio il processo di scoperta di nuovi prodotti naturali, discutendo delle fonti di nuovi prodotti, delle tecniche di fermentazione ed isolamento da brodi di coltura, della determinazione di struttura e di attività dei principi attivi, delle nuove tendenze in ambito industriale per quanto riguarda la gestione e lo sviluppo dei processi biotecnologici stessi. Discuteremo anche del processo di scoperta di nuovi farmaci, evidenziando come e dove i processi biotecnologici aiutano a migliorare la qualità del processo di ricerca. Di nuovo, alcuni esempi saranno essenziali nel rendere più comprensibile l'intero processo e nel farne apprezzare l'importanza.

SINTESI E TECNICHE SPECIALI INORGANICHE

Crediti didattici 5

Prof. Guido Banditelli

Prodotti inorganici di largo consumo: materie prime, sintesi e produzioni industriali, raffinazione, sottoprodotti, proprietà, applicazioni, mercato e prospettive.

Catalizzatori inorganici in produzioni industriali su vasta scala. Applicazioni e sviluppi di catalizzatori omogenei in chimica fine.

Classi selezionate di complessi di metalli di transizione di potenziale interesse applicativo.

Durante il corso è prevista la visita a impianti industriali.

Principali riferimenti bibliografici:

- W Büchner, R. Schliebs, G. Winters, K.H. Büchel, *"Industrial Inorganic Chemistry"*, 2nd Ed. 1989 VCH, Weinheim (Federal Republic of Germany); Id., *"Chimica Inorganica Industriale"*, 1 Ed. Ital., 1996 PICCIN (Padova).
- *"The Modern Inorganic Chemicals Industry"*, R. Thompson Ed., 1977 Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- *"Industrial Inorganic Chemicals: Production and Uses"*, R. Thompson Ed., 1995 Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- B.C. Gates, *"Catalytic Chemistry"*, 1992 J. Wiley & Sons, New York.
- G.W. Parshall and S.D. Ittel, *"Homogeneous Catalysis"*, 2nd Ed., 1992 J. Wiley & Sons, New York.
- *"Insights into Speciality Inorganic Chemicals"*, D. Thompson Ed., 1995 Royal Society of Chemistry, Cambridge.

CHIMICA METALLOORGANICA

Crediti didattici 5

Prof.ssa Maddalena Pizzotti

Il Corso intende fornire gli strumenti indispensabili per una piena comprensione dei diversi processi in cui i metalli risultano attivi (sintesi stechiometriche, cicli catalitici, composti modello, specie ad attività bio e/o farmacologia). Valutando i contenuti e gli obiettivi dell'orientamento in cui si inserisce questo corso, nonché le attuali prospettive delle produzioni industriali, un accento particolare verrà dato alle interazioni metallo carbonio e quindi alla reattività al carbonio in molecole organiche. Verranno considerati anche semplici casi di interazione metallo-idrogeno, metallo-azoto e metallo-ossigeno.

1. Generalità sul legame Metallo-Carbonio. Stabilità termodinamica e cinetica.
2. Litio, Magnesio e Alluminio alchili
3. Silicio, Stagno e Piombo alchili.
4. Il legame Metallo-carbonio nei metalli di transizione. Cenni alla teoria degli orbitali molecolari. Complessi σ e π .
5. Tipi di leganti: σ donatori, π donatori e π accettori.
6. Regola dei 18 elettroni
7. Complessi idrurici
8. Complessi con olefine, dieni e acetilenici.
9. Complessi con fosfine. Angolo conico.
10. Complessi carbonilici
11. Complessi ciclopentadienilici. Complessi arenici.
12. Complessi allilici, carbenici e nitrenici.
13. Complessi con diossigeno. Perosso, superosso e osso composti
14. Complessi con i Lantanidi
15. Legame Metallo-Metallo. Clusters di metalli di transizione.
16. Reazioni di scambio dei leganti.
17. Somme ossidative ed eliminazioni riduttive.
18. Reazioni di inserzione-migrazione e di trasferimento elettronico.
19. Applicazioni. Ruolo dei complessi nella catalisi omogenea, nella modellistica e nell'ottica non lineare.

BIOCHIMICA INDUSTRIALE

Crediti didattici 5 (lezioni frontali)

Prof.ssa Vanoni Maria Antonietta

Corso parzialmente mutuato dal CL in Scienze Biologiche NB: il programma si riferisce all'a.a. 2004-2005

- 1) Introduzione alle diverse tecniche di DNA ricombinante.
- 2) Gli enzimi industriali e la loro applicazione nei settori dell'industria alimentare, nell'industria tessile e nella preparazione di detersivi.
- 3) Bioconversioni e biosensori
- 4) Biotecnologia nell'industria diagnostica.
- 5) Approcci ad ampio campo per lo screening e l'identificazione di nuovi farmaci

BIOLOGIA MOLECOLARE

Crediti didattici 5

Corso mutuato dal CL Triennale in Scienze Biologiche

POLIMERI PER APPLICAZIONI MEDICHE

Crediti didattici 5

Prof.ssa Elisabetta Ranucci

Introduzione, cenni storici, definizioni fondamentali e requisiti generali. Classificazione in base al tipo di materiale polimerico e all'applicazione specifica. Biomateriali strutturali, interventi di riparazione o sostituzione di tessuti corporei, e organi artificiali. Ingegneria tissutale. Sistemi per il rilascio controllato di farmaci. Addotti polimerici solubili di farmaci. Aumento della selettività dei farmaci mediante direzionamento ("targeting") e localizzazione preferenziale in organi o cellule bersaglio, con riferimento particolare ai tumori.

FOTOCHIMICA

Crediti didattici 5

Prof.ssa Elena Selli (Corso parzialmente mutuato dal CL Magistrale in Scienze Chimiche)

- *Introduzione (6 ore)* - Reazioni termiche e fotochimiche. La natura della luce. Stati elettronici di molecole poliatomiche.
- *Produzione e proprietà di stati eccitati (4 ore)* - Assorbimento di luce. Tempi di vita, proprietà geometriche e acido-base di stati eccitati. Energie degli stati eccitati, effetto del solvente.

- *Cammini di decadimento di stati eccitati* (10 ore) - Rilassamento vibrazionale, transizioni radiative e non radiative. Cinetica di spegnimento di stati eccitati, eccimeri e ecciplessi. Rese quantiche, cinetica e meccanismi di reazioni fotochimiche.
- *Tecniche sperimentali* (4 ore) - Sorgenti di luce convenzionali, attinometria. Lasers. Spettroscopia di luminescenza. Cenni su tecniche pulsate.
- *Processi fotochimici in natura* (4 ore) - Fotosintesi. Processo visivo. Reazioni fotochimiche nell'atmosfera e nell'inquinamento dell'aria.
- *Fotochimica di polimeri* (4 ore) - Meccanismi di fotopolimerizzazione e fotoreticolazione. Fotoiniziatori. Fotoinnesto di monomeri per la modifica superficiale di polimeri. Fotodegradazione e fotostabilizzazione di polimeri.
- *Fotocatalisi* (4 ore) - Processi fotoelettrochimici su semiconduttori, aspetti termodinamici e cinetici. La fotocatalisi nella conversione di energia solare e nella degradazione di inquinanti.
- *Altre applicazioni* (4 ore) - Fotocromismo. Sintesi fotochimiche. Il processo fotografico.

Testi consigliati:

- A. Gilbert, J. Baggott, *Essentials of Molecular Photochemistry*, Blackwell, 1991
- R.P. Wayne, *Principles and Applications of Photochemistry*, Oxford Science Publications, 1988
- M. Klessinger, J. Michl, *Excited States and Photochemistry of Organic Molecules*, VCH, 1995

SCIENZA DEI METALLI

Crediti didattici 6

Prof. Sergio Trasatti

Introduzione

Tipi di solidi. Curve dell'energia. Solidi ionici. Solidi molecolari. Forze di dispersione. Solidi covalenti e metallici.

Concetti di meccanica quantistica

Esperienze fondamentali. Natura dualistica della materia. Heisenberg. Schrodinger. Funzione d'onda. Metodo LCAO. Molecola idrogeno.

Teoria dell'elettrone libero

Modello di Sommerfeld. Quantizzazione. Livello Fermi. Densità degli stati. Lavoro di estrazione elettronica. Potenziali di elettroni in una fase. La superficie. Effetto orientazione cristallografica. Potenziale di contatto. Statistica di Fermi-Dirac. Calore specifico elettronico.

Teoria delle bande

Zone di Brillouin. Sovrapposizione. Densità degli stati. Teoria del legame di valenza. Massa effettiva dell'elettrone.

Conducibilità elettrica

Interazione elettrone-fotone. Numero effettivo elettroni liberi. Classi di conduttori. Semiconduttori estrinseci ed intrinseci. Buche elettroniche. Calcolo portatori di carica. Effetto T su livello Fermi. Contatto semiconduttore-metallo. Curvatura delle bande. Stati superficiali. Polarizzazione. Effetto rettificante.

Cristalli ionici

Struttura elettronica. Difetti. Centri di colore. Stechiometrici e non stechiometrici. Descrizione con la teoria delle bande.

Magnetismo

Classi di sostanze magnetiche. Energia di scambio e di promozione elettronica. Interpretazione. Teoria dei domini. Teorie empiriche.

Diffusione

Entropia di mescolamento. Termodinamica di formazione di vacanze. Meccanismi di diffusione. Equazioni di Fick. Effetto Kirkendall. Equazioni di Darken. Autodiffusione. Trattazione teorica coefficienti di diffusione.

Proprietà termiche

Calore specifico reticolare. Calore specifico elettronico. Conducibilità termica. Meccanismi. Dipendenza della conducibilità termica della T.

Leghe

Definizioni. Tipi di leghe. Descrizione generale. Teoria elettronica. Termodinamica. Energia libera e composizione. Diagrammi di stato. Relazioni con i diagrammi di energia libera. Diagrammi a miscibilità totale, con eutettico e peritettico. Variazioni della solubilità allo stato solido con la T.

Testi consigliati per la consultazione:

- A.J. Dekker, *Solid State Physics*, Mac Millan.
- C. Kittel, *Introduction to Solid State Physics*, Wiley.
- R.E. Reed-Hill, *Physical Metallurgy Principles*, Van Nostrand.
- A.H. Cottrel, *Scienza dei Metalli*, Trad. Spinedi, Paron, Bologna.

CHIMICA DELLE MACROMOLECOLE

Crediti didattici 6

Prof. Paolo Ferruti

Richiamo delle definizioni e dei concetti fondamentali sui polimeri. Metodi di sintesi dei polimeri. Polimerizzazione radicalica e controllo dei pesi molecolari. Polimerizzazione a stadi e per apertura di cicli. Polimerizzazione stereospecifica. Proprietà in soluzione dei polimeri. Metodi per la determinazione dei pesi molecolari dei polimeri. Degradazione e stabilizzazione dei polimeri. Polimeri allo stato solido e proprietà termiche dei polimeri. Proprietà meccaniche di polimeri. Polimeri d'interesse industriale. Polimeri per usi speciali

LABORATORIO DI CHIM.DELLE MACROMOLECOLE

Crediti didattici 4

Prof. Paolo Ferruti

Polimerizzazione radicalica dello stirene mediante processo in massa, soluzione ed emulsione. Sintesi del polibutilenadipato mediante polimerizzazione a stadi di acido adipico con butandiolo. Sintesi del policaprolattame mediante polimerizzazione per apertura di cicli da ϵ -caprolattame. Polimerizzazione a stadi multifunzionale e determinazione del punto di gelazione. Determinazione dei pesi molecolari dei polimeri sintetizzati mediante cromatografia SEC. Analisi termica dei polimeri sintetizzati mediante DSC.

CHIMICA FISICA DEI MATERIALI

Crediti didattici 6

I modulo: dott.ssa Claudia Bianchi - II modulo: dott. Stefano Trasatti

I modulo (3 CFU)

Il corso di Chimica Fisica dei Materiali verte sulla preparazione e sulle proprietà dei materiali più comuni in uso attualmente, con un occhio di riguardo alle nuove tecnologie e ai materiali avanzati.

Argomenti trattati:

- Metodi preparativi tradizionali e non
- Materiali semiconduttori
- Materiali ceramici
- Materiali vetrosi
- Cementi
- Refrattari
- Cenni sulle tecniche di caratterizzazione dei materiali solidi.

II modulo (3 CFU)

Cenni di fisica dei metalli

Metalli e leghe di solidificazione. Reticoli cristallini: celle elementari di interesse pratico e difetti reticolari. Soluzioni solide. Composti intermetallici e interstiziali. Fenomeni di diffusione. Teoria delle dislocazioni. Trasformazioni allo stato solido: polimorfismo; ricristallizzazione; ingrossamento del grano.

Diagrammi di stato

Regole generali per l'interpretazione dei diagrammi di stato. Diagrammi di stato delle leghe binarie: completa e parziale miscibilità allo stato solido; formazione di composti intermetallici. Diagrammi di stato a più componenti. Tracciamento dei diagrammi di stato. Diagrammi di stato di interesse metallurgico. Diagramma ferro-carbonio: descrizione dei fenomeni al raffreddamento; fasi e costituenti delle leghe Fe-C.

Trattamenti termici

Generalità sui trattamenti termici: punti critici; influenza della velocità di raffreddamento; curve di Bain; temprabilità degli acciai; strutture degli acciai. Trattamenti termici di interesse applicativo: trattamenti che prevedono un riscaldamento a temperature superiori ai punti critici; trattamenti che avvengono senza variazioni di fase; trattamenti termici particolari.

Metodi di studio e controllo dei materiali metallici

Proprietà chimiche: composizione chimica; corrosione. Proprietà fisiche. Caratteristiche meccaniche: prova di resistenza alla trazione; prova di durezza. Esami metallografici: esami macroscopici; microscopia ottica; microscopia elettronica. Diffrazione ai raggi X.

LABORATORIO DI CHIM.FISICA DEI MATERIALI

Crediti didattici 4

I modulo: dott.ssa Claudia Bianchi - II modulo: dott. Stefano Trasatti

I modulo (2 CFU)

Gli studenti sono impegnati nella preparazione di una serie di ossidi utilizzando sia metodi tradizionali per via umida, sia tecniche avanzate quali il metodo sol-gel e l'utilizzo di ultrasuoni e microonde. I campioni preparati sono poi caratterizzati mediante BET (area superficiale), XRD (grado di cristallinità), SEM (microscopio elettronico ad elevati ingrandimenti), XPS (analisi chimica superficiale).

II modulo (2 CFU)

Il corso si propone di fornire un supporto di laboratorio alle tematiche sviluppate nell'insegnamento di Chimica Fisica dei Materiali: modulo II, a cui è integrato. L'obiettivo è quello di acquisire nozioni fondamentali sulle caratteristiche metallurgiche e di comportamento a corrosione di leghe ferro-carbonio.

Il corso comprende esercitazioni pratiche di laboratorio, che includono l'uso di strumentazione scientifica per il riconoscimento della microstruttura di una lega e la valutazione di alcune sue proprietà, tra le quali resistenza a corrosione, livello di deformazione e microdurezza. I risultati del lavoro sono discussi in laboratorio, e vengono riportati da ciascun studente in relazioni scritte che costituiscono il quaderno di laboratorio.

Esperienze di laboratorio: *Trattamento termico - Deformazione plastica a freddo - Corrosione uniforme e localizzata.*

CHIMICA E TECNOLOGIA DEI POLIMERI

Crediti didattici 5

Prof. Giuseppe Di Silvestro

Scopo del corso

Lo studente alla fine del corso dovrebbe conoscere:

- gli aspetti chimici (meccanismo e controllo delle masse molecolari in funzione delle proprietà richieste);
- gli aspetti tecnologici dei processi industriali di produzione di polimeri (polimerizzazione in massa, in soluzione, in sospensione, ecc.);
- le proprietà e gli usi finali dei materiali polimerici più importanti;
- i processi di trasformazione.

Il corso utilizza le conoscenze date nell'insegnamento di chimica delle macromolecole anche se verranno ricordati, ove necessario, i concetti principali di scienza delle macromolecole.

Programma del corso

Saranno illustrati i processi industriali di produzione di polimeri tenendo conto del chimismo coinvolto (radicalico, ionico, ecc.) del meccanismo di crescita delle macromolecole (policondensazione, poliaddizione) e della tecnologia di produzione.

La maggiore attenzione sarà per i processi produttivi e di trasformazione dei polimeri e delle miscele di più elevato consumo; saranno illustrati esempi di polimeri per usi speciali (polimeri per applicazioni biomediche, per rivestimenti protettivi anticorrosione ecc.).

Principale tecniche di trasformazione dei polimeri.

Morfologia dei materiali polimerici, relazione con le proprietà per effetto dei processi di trasformazione e di compatibilizzazione.

Stabilizzazione e degradazione dei materiali e loro riciclo.

Ove possibile, saranno organizzati sia interventi di responsabili di gestione di impianti di produzione o la visita agli impianti stessi.

CHIMICA INORGANICA DEI MATERIALI CON LABORATORIO

Crediti didattici 5

Prof.ssa Laura Prati

- Argille e materiali strutturali :strutture ed applicazioni (1 credito)
- Ossidi metallici e non metallici: metodi di preparazione, caratteristiche ed applicazioni. Sonda lambda e marmitte catalitiche. Modificazioni allotropiche del carbonio: carboni attivi e modificazioni superficiali (2 crediti)
- Metalli nobili: estrazioni, proprietà e usi. Nanoparticelle. Terre rare: fonti, estrazione, separazione ed utilizzo (1 credito)

Laboratorio (1 credito)

Lo scopo delle esperienze di laboratorio sarà quello di applicare le nozioni acquisite durante le lezioni in aula attraverso la preparazione di alcuni materiali e la loro caratterizzazione superficiale. Le principali tecniche di indagine verranno poi utilizzate per il riconoscimento di un materiale incognito.

CHIMICA DELL'AMBIENTE E DEI BENI CULTURALI

Crediti didattici 5

I modulo: Dott.ssa Luisella Verotta - II modulo: Prof.ssa Silvia Bruni

I modulo

Green Chemistry: il contenuto del corso riguarda lo studio delle risorse naturali rinnovabili e il loro utilizzo sostenibile.

1) Ecologia biochimica.

- Mediatori chimici tra gli organismi: tossine, feromoni, fitoalessine

2) Trasformazioni chimiche di rilevanza ambientale: ox, redox, biotrasformazioni.

3) Coloranti organici naturali: tessuti, pigmenti, additivi alimentari.

- Fonti naturali: richiami biosintetici.
- Metabolismo e degradazione.

4) metodologie analitiche e spettroscopiche applicate (GC, HPLC, tecniche ifenate)

II modulo:

Il corso consiste in lezioni frontali (2.5 crediti) che trattano gli effetti degli inquinanti chimici su alcune classi di materiali nell'ambito dei beni culturali, dal punto di vista della formazione di tali inquinanti, della natura dei fenomeni e dei prodotti di degrado e delle tecniche utilizzate per lo studio di questi ultimi.

Definizione di ambiente e descrizione dei cicli biogeochimici dei principali elementi

Formazione dei principali inquinanti atmosferici e loro impatto sui materiali storico-artistici

Tecniche per l'analisi dei prodotti di degrado (XRF, SEM, XRD, colorimetria)

Il degrado dei materiali lapidei: effetto dell'inquinamento atmosferico, effetto dei sali e biodeterioramento

Il degrado delle malte da costruzione ad opera degli inquinanti chimici

Effetto dell'inquinamento "indoor" sui materiali conservati in musei

FISICA DELLO STATO SOLIDO

Crediti didattici 5

Corso mutuato dal Corso di Laurea in Fisica (sper.)

PROVA DI ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE

Crediti didattici 4

Prof.ssa Patrizia Mussini

Prova a scelta tra le seguenti modalità:

- Conversazione in inglese scientifico
- Traduzione di un testo scientifico in tedesco o francese, a scelta del candidato.

RICERCA BIBLIOGRAFICA

Crediti didattici 5

Lo studente dovrà rivolgersi al relatore di tesi o ad un altro docente per l'assegnazione di un tema di ricerca, nell'ambito del curriculum scelto, e svolgere il lavoro sotto la sua guida. I risultati della ricerca saranno raccolti in un elaborato che verrà valutato da una apposita commissione presieduta dal docente responsabile.

GESTIONE DELL'INNOVAZIONE

Crediti didattici 5

Dott. Bruno Ferrario

Obiettivo del corso:

Descrivere e analizzare gli elementi su cui si basa l'innovazione scientifico-tecnologico in ambito industriale, dalla nascita delle idee innovative alla gestione delle attività atte a sviluppare tali idee e a trasformarle in risultati concretamente applicati e introdotti nel mercato.

L'analisi delle modalità e degli strumenti di gestione dell'innovazione (insieme all'uso del linguaggio e dei concetti specifici) mira a fornire allo studente elementi concreti e utili per favorire un suo più rapido e proficuo avvicinamento alle attività finalizzate all'innovazione tecnologica in ambito industriale.

Programma

Parte introduttiva: definizioni e concetti fondamentali (ricerca fondamentale, ricerca applicata, sviluppo, ricerca e sviluppo, sviluppo precompetitivo, sviluppo sostenibile; innovazione: radicale, incrementale, il processo di innovazione, il contesto socio-economico dell'innovazione, rapporto tra ricerca scientifico-tecnologica e innovazione, missione e "visione" delle industrie orientate all'innovazione).

Motivazioni dell'innovazione e sorgenti delle idee innovative: market push, market pull, creatività, technology monitoring and Road Map, benchmarking, knowledge discovery e data mining, i mezzi informatici da Internet a programmi specifici per facilitare e ottimizzare le ricerche delle informazioni, gestione delle conoscenze.

Incanalamento e valutazione preliminare delle idee alla base dei progetti di innovazione: check list, congruità con strategie e missione dell'ente innovatore, organizzazione per la valutazione, scoring (vari metodi di scoring), livello di attrattiva dell'idea.

Esercitazione relativa all'applicazione di check e scoring list per determinare il livello di attrattiva di un'idea

Impostazione e gestione del progetto di innovazione:

- definizione degli obiettivi (richieste di mercato, specifiche di progetto ecc.), valutazione dei rischi e delle opportunità (SWOT Analysis)
- costruzione del "Business and Technology Plan" ; analisi degli elementi che lo compongono: aspetti tecnologici e di mercato, indici finanziari di valutazione (NPV, ROI, ecc), pianificazione operativa, ecc.

Esercitazione relativa alla stesura di un esempio concreto di "Business and Technology Plan"

- strumenti di pianificazione
- scelta del responsabile del progetto e del gruppo di lavoro
- modalità di implementazione del progetto e metodologie di gestione, in particolare Stage-GateR (fasi di attività e momenti di decisione),
- la fase di ricerca e sviluppo e quella di ingegnerizzazione, interazione tra ricerca e sviluppo e ingegnerizzazione (concurrent engineering)
- trasferimento dei risultati del progetto dalla fase di ricerca e sviluppo a quella di ingegnerizzazione e produzione
- rapporti tra addetti allo sviluppo dell'innovazione, i responsabili commerciali e il mercato.

Il portafoglio progetti: costituzione (valutazione e selezione dei progetti), progetti attivi, progetti in stand-by, gestione.

Organizzazione operativa per la gestione dell'innovazione: centri di ricerca e sviluppo centralizzati e decentralizzati, ricerca e sviluppo corporate, gruppi di lavoro multifunzionali, strutture di ricerca di tipo funzionale, a matrice, per progetto.

Le risorse umane e loro gestione: caratteristiche del personale addetto all'innovazione, selezione, valutazione, formazione, incentivi e carriera.

Spese e finanziamenti per l'innovazione: budget di progetto, controllo delle spese, finanziamenti interni all'ente innovatore o esterni: pubblici (nazionali o comunitari europei) e privati (ad es. venture capital).

La proprietà intellettuale: know-how, brevetti (quando, se e come brevettare), gestione strategica dei brevetti (difesa, cessioni di licenze, scambi di licenze), segreti di fabbrica, "prior art".

Aspetti dell'innovazione legati alla qualità: la qualità nasce già nella fase di ricerca e sviluppo, aspetti di sicurezza e rispetto ambientale, ISO 9000:Vision2000, ISO 14000, FMEA.

Collaborazioni (industria con industrie, università, centri di ricerca pubblici e privati). Accordi di sviluppo congiunto (joint development agreements – JDA), accordi di segretezza (non disclosure agreements – NDA), sfruttamento della proprietà intellettuale.

Spin-off, Start-up, Incubatori

Tendenze tecnologiche e organizzative: analisi delle (macro)tendenze tecnologiche utili ai fini di individuare idee per future innovazioni sulla base, a titolo di esempio, del VI Programma Quadro dell'Unione Europea. Indicazioni sugli indirizzi organizzativi (competenze multidisciplinari, remote teaming, R&S virtuale).

Bibliografia di riferimento

- *Managing Global Innovation*, Roman Boutellier, Oliver Gassmann e Maximilian von Zedtwitz, Springer, 1998
 - *Technology Management* 1999, Robert Szakonyi, Editor, CRC Press LLC, 1999
 - *Fourth Generation R&D*, William L. Miller e Langdon Morris, John Wiley & Sons Inc, 2000
 - *Winning at new Products*, R. Cooper, Perseus Publishing, 2001
 - *La gestione dell'innovazione* - a cura di Maurizio Sobrero, Carrocci Editore, 2003
 - *L'impresa dell'innovazione*, Roberto Verganti, Mario Calderini, Paola Garrone, Stefania Palmieri, Sole 24 Ore, 2004
 - *Gestione dell'innovazione*, Melissa A. Schilling, Mc Graw Hill, 2005
 - *Ricerca, Sviluppo, Innovazione nell'industria (Elementi introduttivi)*, Bruno Ferrario e Sergio Carella (dispense), 2004
- Inoltre:
- Letteratura specifica (articoli, rapporti) a seconda degli argomenti trattati.

ELENCO DEI DOCENTI E DEGLI INSEGNAMENTI DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN CHIMICA INDUSTRIALE E GESTIONALE

insegnamento	docente
Chimica industriale (approfondimento)	Dario Landini
Laboratorio di Chim. ind.(approfondim.)	Domenico Albanese
Processi e Impianti ind. chimici (approfondimento)	Vittorio Ragaini
Ottimizzazione delle Risorse aziendali	Luigi Cattini
Complementi di Matematiche	Alberto Alesina
Elettrochimica	Sergio Trasatti
Laboratorio di Elettrochimica	Patrizia Mussini
Chimica fisica della Catalisi	Antonella Gervasini
Laboratorio di Chim.fis.della Catalisi	Ilenia Rossetti
Corrosione e Protezione dei Materiali metallici	Enrico Sivieri
Chimica fisica dei Sistemi dispersi e delle Interfasi	Silvia Ardizzone
Termodinamica e Cinetica chimica applicate	Paolo Carniti
Catalisi industriale	Antonella Gervasini
Passaggi di Scala nei Processi chimici	Giovanni Carvoli
Elettrochimica industriale	Sandra Rondinini
Metallurgia	Enrico Sivieri
Concetti e Metodologie di Sintesi organica	Emanuela Licandro
Caratterizzazione strutturale di Composti organici	Rita Annunziata
Chimica bioinorganica	Michele Gullotti
	Tiziana Beringhelli
Chimica organica applicata	Stefano Maiorana
Laboratorio di Chim.organica applicata	Emanuela Licandro
Fermentazioni e Biotrasformazioni industriali con Laboratorio	Concetta Compagno
Chimica organica industriale	Dario Landini
Chimica dei Prodotti naturali di Interesse industriale	Carlo Morelli
	Alessandra Silvani
Chimica dei Processi biotecnologici	Pierfausto Seneci
Sintesi e Tecniche speciali inorganiche	Guido Banditelli
Chimica metalloorganica	Maddalena Pizzotti
Biochimica industriale	Maria Antonietta Vanoni (parz. mutuato da Scienze Biologiche)
Biologia molecolare	Mutuato da Scienze Biologiche
Polimeri per Applicazioni mediche	Elisabetta Ranucci
Fotochimica	Elena Selli
Scienza dei metalli	Sergio Trasatti
Chimica delle Macromolecole	Paolo Ferruti
Laboratorio di Chim.delle Macromolecole	Paolo Ferruti
Chimica fisica dei Materiali	Claudia Bianchi
	Stefano Trasatti
Laboratorio di Chim.fisica dei Materiali	Claudia Bianchi
	Stefano Trasatti
Chimica e Tecnologia dei Polimeri	Giuseppe Di Silvestro
Chimica inorganica dei Materiali con Laboratorio	Laura Prati
Chimica dell'Ambiente e dei Beni culturali	Luisella Verotta
	Silvia Bruni
Fisica dello Stato solido	Mutuato dal Corso di Laurea in Fisica (sper.)
Prova di ulteriori conoscenze linguistiche	Patrizia Mussini
Gestione dell'Innovazione	Bruno Ferrario