UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

Dipartimento di Chimica

Principali informazioni sull'insegnamento	
Denominazione dell'insegnamento	**PROCESSI CHIMICI INDUSTRIALI ORGANICI e PROCESSI CHIMICI INDUSTRIALI INORGANICI** **Mod. A PROCESSI CHIMICI INDUSTRIALI ORGANICI**
Corso di studio	**SCIENZE CHIMICHE LM-54**
Anno di corso	**2°**
Crediti formativi universitari (CFU) / European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS):	**5**
SSD	**CHIM/06**
Lingua di erogazione	**ITALIANO**
Periodo di erogazione	**Primo semestre**
Obbligo di frequenza	**NO**

Docente	
Nome e cognome	Francesco Babudri
Indirizzo mail	francesco.babudri@uniba.it
Telefono	0805442075
Sede	Dipartimento di Chimica
Sede virtuale	
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	martedì 11-13; giovedì 12-13; venerdì 16-18 o in altro giorno diverso in ogni caso previo contatto e-mail per prenotazione. I colloqui potranno svolgersi anche a distanza, sempre previo accordo, sulla piattaforma TEAMS con codice 36a8bll.

Syllabus	
Obiettivi formativi	Conoscenza dei processi nell'industria chimica organica per l'ottenimento dalle materie prime di base (bulk chemicals) e commodity chemicals. Conoscenze basilari di chimica dei polimeri.
Prerequisiti	Conoscenze di base di Chimica Organica (insegnamenti di Chimica Organica I e II del corso di laurea di primo livello in Chimica)
Contenuti di insegnamento (Programma)	<u>Introduzione. Carbone, petrolio e gas naturale</u>. Carbon fossile: origine, costituzione. Torba, lignite, litantrace, antracite. Coking del carbon fossile. Petrolio: origine, costituzione. Cenni sull'estrazione del petrolio. Distillazione del petrolio e frazioni petrolifere. Fonti alternative di derivati petroliferi: sabbie bituminose, scisti oleosi. Gas naturale: origine, composizione. Fonti alternative di gas naturale: idrati di metano, coalbed methane, tight sands e shale gas. Cenni su energie alternative: energia nucleare. Cenni sulle problematiche ambientali connesse con l'uso dei combustibili fossili. <u>Syngas:produzione</u> Gas di di sintesi: composizione e materie prime di partenza. Gas di sintesi da carbon fossile: reazioni di formazione. Processi a letto fisso, mobile e fluido. Gas di sintesi da idrocarburi e gas naturale: processi autotermo ed allotermo (steam cracking e steam reforming). Pretrattamento delle cariche e processo catalitico. Purificazione del Syngas: desolforazione. Modifica del rapporto idrogeno/monossido di carbonio. <u>Impieghi del Syngas</u>. Sintesi di idrocarburi da Syngas (processo Fischer-Tropsch). Sintesi del metanolo: reazioni principali e secondarie; aspetti termodinamici. Processo BASF ad alta pressione. Processo ICI a bassa pressione. Processo in fase liquida (LPMEOH). Principali impieghi del metanolo: combustibile per motori ciclo Otto; processo MTG (methanol to gazoline). Cenni sulla struttura dei catalizzatori zeolitici. Sintesi

	della formaldeide per ossidazione e deidrogenazione del metanolo. Impieghi della formaldeide. Sintesi dell'acido formico e del formiato di metile da ossido di carbonio. Altri intermedi con una unità di atomi di carbonio Sintesi di metilammine da metanolo. Sintesi di alogenometani: clorurazione radicalica di metano e ossiclorurazione. Sintesi del cloroformio. Clorofluorometani e fluorometani (Freons, CFC). Bromofluorometani (Halons). Cenni sugli effetti dei CFC sullo strato di ozono. Olefine gassose Cenni sulla chimica dell'acetilene: produzione ed impieghi del gas. Energia libera di formazione dei principali idrocarburi in funzione della temperatura (diagramma di Francis). Cracking catalitico degli idrocarburi: catalizzatori e processi chimici coinvolti. Prodotti del cracking catalitico. Cracking catalitico a letto fluido. Hydrocracking. Cracking termico: processi coinvolti, aspetti termodinamici. Confronto tra processo termico e catalitico. Cracking termico ad alta e bassa severità: parametri dei processi e composizione dei prodotti a partire dalle differenti frazioni petrolifere. Separazione dei prodotti: etilene, propene, frazione C4. Trattamento della frazione C4: recupero del butadiene per distillazione estrattiva. Raffinato I: recupero dell'isobutene per idratazione o addizione di metanolo. Sintesi ed impieghi del Metil-t-Butil etere (MTBE). Olefine lineari e ramificate Frazione C5: recupero dell'isoprene e sintesi del metil- t-amil etere (TAME). Sintesi di olefine >C5: olefine lineari e ramificate. Sintesi di alfa olefine lineari (LAO) mediante oligomerizzazione dell'etilene (processo Ziegler). Olefine lineari da n-paraffine: steam cracking, deidrogenazione catalitica, deidrogenazione chimica. Impieghi delle olefine lineari: alchilbenzeni lineari solfonati (LAB), alpha olefin sulphonates (AOS). Sintesi di olefine ramificate: oligomerizzazione del propene. Metatesi di olefine: cenni sul meccanismo della reazione. Processo Shell Higher Olefins (SHOP). Dieni. Butadiene dalla frazione C4. Isoprene: sintesi da acetilene, processo Goodyear, processo Institut Francais du Petrole. Cloroprene: sintesi per alogenazione del butadiene. Sintesi coinvolgenti il monossido di carbonio. Idroformilazione delle olefine lineari: ciclo catalitico con complessi carbonilici del cobalto; stabilità dei catalizzatori, condizioni operative, cinetica del processo. Rapporto n-adeide/iso aldeide. Prodotti secondari: reazioni di idrogenazione dell'aldeide e dell'olefina, isomerizzazione di olefine interne in olefine terminali. Modifica del sistema catalitico: carbonil complessi del cobalto con fosfine. Ciclo catalitico con complessi del rodio. Catalizzatori del rodio con leganti fosfinici e fosfiti. Impiego dei prodotti oxo: aldeidi, alcoli ed acidi oxo. Aldoli oxo: 2-etilesanolo e plastificanti derivati (DOP). Carbonilazione delle olefine: sintesi dell'acido propionico. Carbonilazione di Koch: acidi carbossilici "terziari". Prodotti di ossidazione dell'etilene Ossido di etilene (EO) per ossidazione catalitica dell'etilene. Derivati del EO: glicole etilenico e polietilenglicoli (PEG); mono e dieteri del PEG. Eanolammine. Acetaldeide dall'ossidazione dell'etilene: processo Wacker-Hoechst. Processo a singolo e doppio stadio. Acido acetico da acetaldeide: ossidazione radicalica. Altri processi per l'acido acetico: ossidazione di idrocarburi, acetossilazione dei buteni, carbonilazione del metanolo (processo Monsanto-BASF). Impieghi dell'acido acetico. Sintesi dell'anidride acetica per ossidazione dell'acetaldeide. Anidride

	acetica da chetene. Prodotti di condensazione aldolica dell'acetaldeide: aldeide crotonica e sintesi dell'acido sorbico. Sintesi dell'acetato di etile. Derivati della piridina da acetaldeide. Intermedi vinil alogeno e vinil ossigeno Cloruro di vinile (VCM): sintesi da dicloroetano (EDC). Sintesi dell'EDC da etilene (clorurazione ed ossiclorurazione). Impieghi del VCM: sintesi del vinil fluoruro. Acetato di vinile (VAM). Processo Wacker-Hoechst modificato, processo in fase eterogenea. Impieghi del vinilacetato. Vinileteri: vinilazione di Reppe. Prodotti di ossidazione del propilene Ossidazione del propilene a ossido di propilene: processo via cloridrina ed ossidazione indiretta (processo oxirane). Epossidazione elettrochimica del propilene. Impieghi dell'ossido di propilene: propilene glicole e polipropileneglicoli. Acetone: ossidazione del propene mediante il processo Wacker-Hoechst. Deidrogenazione dell'isopropanolo. Metilmetacrilato (MMA) da acetone. MMA da acetone mediante il processo Mitsubishi. MMA da isobutene (ossidazione diretta). Acroleina, acido acrilico per ossidazione del propene. Acrilonitrile per ammossidazione del propene. Monomeri per poliammidi Classificazione delle poliammidi (nylons). Principali monomeri per poliammidi: acido adipico. Sintesi dell'acido adipico dal cicloesano: miscela olo/one ed ossidazione con acido nitrico. Sintesi dell'acido adipico da carbonilazione del butadiene. Altri acidi dicarbossilici: acido dodecandioico e decandioico. Esametilendiammina da idrogenazione di adiponitrile. Sintesi dell'adiponitrile da acido adipico, da butadiene (via diclorobutadieni e idrocianazione). Sintesi elettrochimica dell'adiponitrile da acrilonitrile (processo EHD). Poliammidi da amminoacidi: acido 11-amminoundecanoico. Poliammidi da amminoacidi: caprolattame. Sintesi del caprolattame per trasposizione di Beckmann della cicloesanonossima: sintesi dell'idrossilammina (processo Raschig), sintesi dell'ossima, trasposizione. Modifiche del processo: sintesi dell'ossima mediante il processo HPO in tampone fosfato; processo Toray; processo Nixan. Sintesi alternative del caprolattame: processo SNIA Viscosa; processo UCC. Altri lattami: lauril lattame. Composti aromatici Benzene, Toluene, Xileni (BTX) da carbon fossile, benzina di reforming e benzina di pirolisi. Recupero aromatici mediante distillazione azeotropica, distillazione estrattiva, estrazione con solvente. Conversione di aromatici: idrodealchilazione, isomerizzazione, transalchilazione e disproporzione. Derivati del benzene: etilbenzene, cumene, fenolo (fusione alcalina, processo Dow, processo Hock), anilina. Sintesi di disocianati: MDI, TDI. Prodotti di ossidazione di naftalene e xileni: anidride ftalica, metil tereftalato, acido tereftalico. Polimeri: Generalità, definizioni, pesi molecolari e diagrammi di distribuzione dei pesi molecolari. Processi di polimerizzazione per crescita a catena Monomeri vinilici. Polimerizzazione radicalica: meccanismo di reazione, tecniche di polimerizzazione. Trasferimento di catena nelle polimerizzazioni radicaliche. Copolimerizzazione, diagramma Q-e. Polimerizzazioni ioniche (cationica ed anionica). Polimerizzazione con complessi di metalli di transizione: catalisi eterogenea ed omogenea. Principali classi di polimeri derivanti da monomeri vinilici: polietilene, polipropilene, PVC, PTFE, polimeri acrilici, PVA, polimeri da monomeri dienici.

	Polimerizzazione per crescita a stadi. Influenza della conversione sul grado di polimerizzazione. Equazione di Carothers. Principali polimeri di poli-condensazione: poliesteri, poliammidi, policarbonati e resine epossidiche, polisilossani. Polimeri termoindurenti: resine fenoliche.
Testi di riferimento	K. Weissermel, H.-J. Arpe Industrial Organic Chemistry (third edition) Wiley Presentazioni power point delle lezioni
Note ai testi di riferimento	Solo alcuni capitoli e/o sezioni del testo indicato**.**

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
125	40		85
CFU/ETCS			
5	5		

Metodi didattici	
	Didattica frontale svolta con l'ausilio di presentazioni power point. Il corso di insegnamento non è erogato in modalità e-learning.

Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	○ Conoscenza dei principali processi industriali per la sintesi di prodotti chimici di base (bulk chemicals) ○ Conoscenze di base della chimica dei polimeri, dei processi di polimerizzazione e delle principali classi di polimeri.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	○ Il corso è finalizzato alla sola acquisizione di conoscenze
Competenze trasversali	• *Autonomia di giudizio* *Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di* ○ Il corso è finalizzato alla sola acquisizione di conoscenze • *Abilità comunicative* *Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di* ○ dialogare con l'appropriata terminologia in uso nella comunità scientifica con interlocutori specialisti e non sugli aspetti chimici dei processi industriali per la produzione di bulk chemicals e dei polimeri. • *Capacità di apprendere in modo autonomo* *Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di* ○ proseguire autonomamente, con le conoscenze di base maturate in questo corso, studi più approfonditi ed affrontare eventuali colloqui e selezioni per posizioni nell'industria chimica.

Valutazione	
Modalità di verifica	Esame orale convenzionale (con solo uso della lavagna). Verranno fissate su ESSE3

dell'apprendimento	dai docenti prove parziali relative a ciascuno dei due moduli.
Criteri di valutazione	• *Conoscenza e capacità di comprensione:* ○ Livello minimo per il superamento dell'esame: Conoscenza degli aspetti di base relativi ai materiali fossili ed ai processi fondamentali della chimica industriale (*e.g.*cracking termico, idroformilazione, processo Wacker-Hoechst). Conoscenze elementari della chimica dei polimeri (monomeri e struttura dei polimeri derivanti, definizione di masse molari, generalità sui processi di polimerizzazione) ○ Livello intermedio: rispetto al livello precedente è richiesta una conoscenza più ampia dei vari processi industriali anche se a livello non approfondito. E' inoltre richiesta la conoscenza dei processi di polimerizzazione e delle principali classi di polimeri. ○ Livello superiore: Conoscenza dettagliata dei processi industriali (catalizzatori, condizioni, meccanismi delle reazioni coinvolte, cicli catalitici) oltre ad un'analisi comparativa dei vari processi esistenti per la sintesi dello stesso prodotto finale. Conoscenza dettagliata dei vari processi di polimerizzazione anche finalizzati all'ottenimento di materiali polimerici con particolari aspetti strutturali (*e.g*. sintesi di copolimeri a blocchi, ad innesto, living polymerization). • *Conoscenza e capacità di comprensione applicate:* Questo descrittore non è previsto per il corso. • *Autonomia di giudizio*: Questo descrittore non è previsto per il corso. • Abilità comunicative: ○ Per tutti i livelli: dimostrare la conoscenza della corretta terminologia scientifica, relativa alle conoscenze richieste per i tre livelli, ed esporre in maniera logicamente coerente gli argomenti delle domande di esame. • Capacità di apprendere: ○ Nello svolgimento dell'esame, gli argomenti proposti avranno un grado di approfondimento crescente al fine di stabilire a quale livello di conoscenze, fondamentale, intermedio e superiore, sia pervenuta la capacità di apprendimento dello studente.
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Il voto finale è unico e comprende le valutazioni relative ai due moduli in cui il corso è suddiviso. Tale voto è costituito dalla media delle votazioni riportate dallo studente per ciascun modulo nelle prove parziali. Per il di processi industriali organici il voto finale sarà formulato sulla base dei criteri di valutazione precedentemente esposti.
Altro	

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

Dipartimento di Chimica

General information	
Academic subject	**INDUSTRIAL ORGANIC CHEMICAL PROCESSES and INDUSTRIAL INORGANIC CHEMICAL PROCESSES** **Mod. A INDUSTRIAL ORGANIC CHEMICAL PROCESSES**
Degree course	**CHEMICAL SCIENCES LM-54**
Academic Year	**2nd**
European Credit Transfer and Accumulation System (ECTS)	**5**
Language	**ITALIAN**
Academic calendar (starting and ending date)	**First semester**
Attendance	**NO**

Professor/ Lecturer	
Name and Surname	Francesco Babudri
E-mail	francesco.babudri@uniba.it
Telephone	0805442075
Department and address	Dipartimento di Chimica
Virtual headquarters	
Tutoring (time and day)	Tuesday 11-13, Thursday 12-13, Friday 16-18. The teacher is also available in other days by e-mail appointment. Tutoring can be also done in remote way on the TEAMS platform using the access code 36a8 bll

---

Syllabus	
Learning Objectives	Knowledge of the processes of the industrial organic chemistry to produce bulk and commodity chemicals. Grounding in the chemistry of organic polymers
Course prerequisites	Organic chemistry developed in the first cycle course of Chemistry
Contents	<u>Introduction. Coal, oil, and natural gas</u> Coal: origin and composition: peat, brown coal, hard coal. Coal cocking. Oil: origin and composition. Outline of oil drilling. Oil topping and products. Other sources of oil products: tar sands and shale oil. Natural gas: origin and composition. Methane hydrates, coalbed methane, tight sands and shale gas. Outline of alternative sources of energy: nuclear energy. Outline of the environmental issues related to the use of fossil fuels. <u>Syngas production.</u> Syngas composition and starting raw materials for its production. Syngas from coal: reactions and fixed-, mobile- and fluidized-bed processes. Syngas from hydrocarbons and natural gas: steam cracking and steam reforming. Treating of the feed, purification of syngas and hydrogen/carbon monoxide ratio modification. <u>Syngas uses</u> Hydrocarbons from syngas: Fischer-Tropsch process. Methanol synthesis: main and collateral reactions. High pressure BASF process. Low pressure ICI process. Liquid phase (LPMEOH) process. Uses of methanol: fuel for internal combustion engines, methanol to gasoline (MTG) process. Outline of zeolite catalysts. Formaldehyde production by oxidation and dehydrogenation of methanol. Uses of formaldehyde. Formic acid and methyl formiate synthesis from carbon monoxide. <u>Other chemical intermediate with single carbon atom</u> Methyl amines from methanol. Halogenomethanes: chloromethanes from radical halogenation and oxychloruration. Chloroform synthesis. Chlorofluoromethanes

	and fluoromethanes (CFC) Bromofluoromethanes (Halons). Outline of the CFC effects on the ozone layer. Gaseous olefines Outlines of the acetylene production and uses. Free formation energy of hydrocarbons: the Francis plot. Catalytic cracking of hydrocarbons: catalysts, chemical processes, products. Fluid catalytic cracking and hydrocracking. Thermal cracking of hydrocarbons: thermodynamic aspects. Comparison between the catalytic and the thermal process. High and low severity thermal cracking: process conditions and products using as starting materials oil fractions from topping. Products separation: ethylene, propylene, C4 fraction. Recovery of butadiene from C4 fraction. Refined I: recovery of isobutene by hydrolysis or methanolysis (synthesis of MTBE). Linear and branched olefins C5 fraction of the thermal cracking: recovery of isoprene and synthesis of TAME. Synthesis of olefins more than C5. Linear alpha-olefins (LAO) by ethylene oligomerization (Ziegler process). Linear olefins from n-paraffins: steam cracking, catalytic dehydrogenation, chemical dehydrogenation. Uses of linear olefins: sulfonated linear alkylbenzenes (LAB), alpha olefin sulfonates (AOS). Synthesis of branched olefins: propylene oligomerization. Olefin metathesis: Shell Higher Olefins process (SHOP). Dienes. Butadiene from C4 fraction. Isoprene synthesis: from acetylene, Goodyear process, Institut Francaise du Petrole process. Chloroprene: synthesis from butadiene. Industrial processes involving carbon monoxide. Hydroformilation of linear olefins: catalytic cycle with cobalt carbonyl complexes as catalyst; catalyst stability, operative conditions, kinetic aspects, n/iso ratio, Secondary products: hydrogenation reaction of aldehyde and olefin, olefin isomerization. Hydroformilation with phosphine carbonyl cobalt complexes as catalyst. Catalysts based on rhodium complexes with phosphines and phosphites. Uses of oxo products: aldehydes, alcohols and acids. Oxo aldols: 2-ethylhexanol (DOP) and plasticizers. Synthesis of propionic acid by ethylene carbonylation. Koch carbonylation: “tertiary” carboxylic acids. Products of ethylene oxidation. Direct catalytic oxidation of ethylene to ethylene oxide (EO). EO derivatives: ethylene glycol and polyethyleneglycols (PEG), mono and diethers of PEG. Ethanolamines. Acetaldehyde from Wacker-Hoechst oxidation of ethylene: single and double step process. Acetic acid from acetaldehyde: radical oxidation. Other processes to acetic acid: hydrocarbon oxidation, butene acetoxylation, methanol carbonylation (Monsanto-BASF process). Use of acetic acid. Synthesis of Acetic anhydride: acetaldehyde oxidation, synthesis via ketene. Aldol condensation of acetaldehyde: crotonic acid, sorbic acid. Ethyl acetate synthesis via Tischenko reaction. Pyridine derivatives from acetaldehyde. Vinyl-oxygen and vinyl-halogen derivatives. Vinyl chloride monomer (VCM): synthesis from dichloroethane (EDC). Ethylene synthesis of EDC by chloruration or oxychloruration. Uses of VCM: synthesis of vinyl fluoride. Modified heterogeneous Wacker-Hoechst process to vinyl acetate monomer (VAM). Vinyl ethers: Reppe vinylation. Products of propylene oxydation Propylene oxide: the chlorhydrine way and the direct oxidation (oxirane process). Electrochemical epoxidation of propylene. Uses of propylene oxide: propylene

	glycol and polypropyleneglycols. Acetone production from propylene by Wacker-Hoechst oxidation and from isopropanol dehydrogenation. Methyl methacrylate (MMA) synthesis from acetone (Mitsubishi process). Direct oxidation of isobutene to methacrylic acid. Oxydation of propylene to acrolein and acrylic acid. Ammoxydation of propylene to acrylonitrile. Monomers for polyamides Polyamide (nylons) classification. Adipic acid by oxidation of cyclohexane: KA mixture and oxidation by nitric acid. Carbonylation of butadiene to adipic acid. Other dicarboxylic acids: decandioic and dodecandioic acids. Hexamethylene diamine by adiponitrile hydrogenation. Synthesis of adiponitrile from butadiene (hydrocyanation) and by acrylonitrile electrochemical hydrodimerization (EHD process). Aminoacid monomers for polyamides: 11-aminoundecanoic acid. Sinthesis of caprolactam by the Beckmann rearrangement of cyclohexanone oxyme: hydroxylamine synthesis (Raschig process), synthesis of cyclohexanone oxime, Beckmann rearrangement. Process modification: HPO process for hydroxylamine synthesis, Toray process, Nixan process. Synthesis of caprolactam by alternative processes to Beckmann rearrangement: SNIA-Viscosa process, UCC process. Other lactams: Lauryl lactam. Aromatic compounds. BTX (benzene, toluene, xylenes) from coal, reformed gasoline, pyrolysis gasoline. Azeotropic distillation, extractive distillation, and solvent extraction for aromatics recovery. Aromatics conversion: hydrodealkylation, isomerization, Transalkylation and disproportion. Benzene derivatives: ethylbenzene, cumene, phenol (alkaline fusion, Dow process, Hock process) aniline. Diisocyanate synthesis: MDI, TDI. Oxidation products of naphthalene and xylenes: phthalic anhydride, methyl terephthalate, terephthalic acid. Polymers. General considerations and definitions. Molecular weight of polydisperse materials, molecular weight distribution. Chain-growth polymerization. Vinyl monomers. Radical polymerization: reaction mechanism, polymerization techniques. Chain transfer in radical polymerization. Copolymerization: Q-e diagram. Ionic polymerizations (anionic, cationic). Etherogeneous and homogeneous transition metal catalysed polymerization. Main vinyl polymers: polyethylene, polypropylene, PVC, PTFE, acrylic polymers, PVA, diene polymers. Step-growth polymerization. Polymerization degree and conversion: Carothers equation. Main step-growth polymers: polyesters, polyamides, polycarbonates epoxydic resins, polysiloxanes. Thermosetting polymers: phenolic resins.
Books and bibliography	K. Weissermel, H.-J. Arpe Industrial Organic Chemistry (third edition) Wiley Slides of the lectures contents.
Additional materials	Only some chapters of the above text.

Work schedule			
Total	Lectures	Hands on (Laboratory, working groups, seminars, field trips)	Out-of-class study hours/ Self-study hours
Hours			
125	40		85
ECTS			
	5	.	

Teaching strategy	Lectures with the aid of power-point presentations. E-learning is not available.
Expected learning outcomes	
Knowledge and understanding on:	○ Knowledges of the main industrial organic processes for the synthesis of bulk chemicals. ○ Basic knowledges of polymer chemistry, polymerization processes and of the main classes of organic polymers.
Applying knowledge and understanding on:	○ This course is directed only to knowledges acquisition.
Soft skills	• *Making informed judgments and choices* ○ This course is directed only to knowledges acquisition. • *Communicating knowledge and understanding* *At the end of the course the student will be able to* ○ talk with suitable terms used in the scientific community with expert or unskilled persons on the chemical aspects of the industrial processes for the bulk chemical and polymers production. • *Capacities to continue learning* *At the end of the course the student will be able to* ○ continue, using the basic knowledges acquired in this course, a deeper study and to face up a personnel selection for a position in a chemical industry

Assessment and feedback	
Methods of assessment	Conventional oral examination. On ESSE3 platform partial tests will be scheduled for both modules of the course
Evaluation criteria	• *Knowledge and understanding* ○ <u>Lowest level of knowledges required for passing the examen</u> Basic knowledges of fossil fuels and the main processes of the industrial organic chemistry (e.g. thermic cracking, hydroformylation, Wacker-Hoechst processes). Elementary knowledges of the polymer chemistry (monomers and related polymers structures, molecular weight definitions, general aspects on the polymerization processes) ○ <u>Intermediate level</u> Deeper knowledge of industrial processes with respect to the above level. Knowledge of the polymerization processes and of the main classes of polymers ○ <u>High level</u> Detailed knowledge of the industrial processes (catalysts, operative conditions, reaction mechanisms, catalytic cycles). Comparative evaluation of the available processes for the synthesis of the same final product. Detailed knowledge of the polymerization processes also directed towards the synthesis of polymers with specific features (e.g. block copolymers, graft copolymers, living polymerization. • *Applying knowledge and understanding* ○ This outcome is not expected for this course.

	• *Autonomy of judgment* ○ This outcome is not expected for this course. • *Communicating knowledge and understanding* ○ For all levels: to prove a good knowledge of scientific terms and to present in a consistent speech the topics of the examination questions. • *Capacities to continue learning* ○ The examination questions will have a growing level of in-depth analysis, in order to evaluate the learning ability reached by the student.
Criteria for assessment and attribution of the final mark	The final mark is the average of the marks achieved by the student in the partial tests related to the two modules of the course. The mark for the Industrial organic processes module will be set on the basis of the above evaluation criteria.
Additional information	