CORSO DI STUDIO *SCIENZE CHIMICHE LM-54*
ANNO ACCADEMICO *2023-2024*
DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO *PROCESSI CHIMICI INDUSTRIALI ORGANICI e PROCESSI CHIMICI INDUSTRIALI INORGANICI*
Modulo. B: PROCESSI CHIMICI INDUSTRIALI ORGANICI
(INDUSTRIAL ORGANIC CHEMICAL PROCESSES and INDUSTRIAL INORGANIC CHEMICAL PROCESSES B Module: INDUSTRIAL ORGANIC CHEMICAL PROCESSES)

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	**2°**
Periodo di erogazione	**Primo semestre**
Crediti formativi universitari (CFU/ETCS):	**5**
SSD	**CHIM/06 Chimica Organica**
Lingua di erogazione	**Italiano**
Modalità di frequenza	**Frequenza facoltativa**

Docente	
Nome e cognome	Francesco Babudri
Indirizzo mail	francesco.babudri@uniba.it
Telefono	0805442075
Sede	Dipartimento di Chimica
Sede virtuale	
Ricevimento	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.

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

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)

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 (DD descrittore di Dublino)	
***DD1* Conoscenza e capacità di comprensione**	o Conoscenza dei principali processi industriali per la sintesi di prodotti chimici di base (bulk chemicals) o Conoscenze di base della chimica dei polimeri, dei processi di polimerizzazione e delle principali classi di polimeri.
***DD2* Conoscenza e capacità di comprensione applicate**	o Il corso è finalizzato alla sola acquisizione di conoscenze
***DD3-5* Competenze trasversali**	• Autonomia di giudizio Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di o Il corso è finalizzato alla sola acquisizione di conoscenze • Abilità comunicative Al termine dell'insegnamento lo studente dovrà essere in grado di o 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 o 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.

Contenuti di insegnamento (Programma)	Introduzione. Carbone, petrolio e gas naturale. 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. Syngas:produzione 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. Impieghi del Syngas. 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". <u>Prodotti di ossidazione dell'etilene</u> 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. <u>Intermedi vinil alogeno e vinil ossigeno</u> 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. <u>Prodotti di ossidazione del propilene</u> 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. <u>Monomeri per poliammidi</u> 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. <u>Composti aromatici</u> 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. <u>Polimeri</u>: 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.
Materiali didattici	

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	Esame orale convenzionale (con solo uso della lavagna). Verranno fissate su ESSE3 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 in trentesimi 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 modulo di processi industriali organici il voto finale sarà formulato sulla base dei criteri di valutazione precedentemente esposti.
Altro	