

487

481

ISTITUTO DI CHIMICA INDUSTRIALE

Direttore: prof. Giulio Natta

Il 1868 può essere considerato l'anno nel quale l'Istituto di Chimica industriale ha iniziato la sua attività. In quell'anno infatti è stato tenuto un insegnamento di Chimica tecnologica ad opera del prof. Pavesi, ordinario della materia.

Tale insegnamento, reso obbligatorio per gli allievi ingegneri meccanici a partire dal 5 novembre 1868, comprendeva lezioni riguardanti le principali industrie sia nel campo organico (quali, ad esempio, l'industria dei grassi, dei saponi, ecc.) sia nel campo inorganico (con particolare riguardo all'industria dello zolfo, degli acidi minerali, della soda, della calce, ecc.).

Le lezioni venivano completate con visite ad impianti industriali e con esercitazioni relative alla chimica analitica, qualitativa, quantitativa, all'analisi di prodotti industriali e determinazioni sui combustibili.

Al prof. Pavesi, destinato ad altro incarico, succedeva nel 1870 il prof. Gabba che, estendendo il programma delle tecnologie chimiche, pose le premesse della futura specializzazione in ingegneria industriale chimica. E' di questo periodo la introduzione nella Chimica tecnologica dello studio della tecnologia delle fibre tessili, in considerazione del largo sviluppo avvenuto in Lombardia in tale industria.

Accanto alle tecnologie chimiche ebbe inizio nel 1877 un insegnamento di chimica organica.

Verso la fine del secolo scorso lo sviluppo della industria italiana in generale, e dell'industria chimica in particolare resero necessaria una maggiore specializzazione negli studi di Ingegneria. Pertanto nel 1899 si ebbero le specializzazioni: chimica, elettrotecnica e meccanica, e nel 1900 fu istituita la sezione degli ingegneri industriali chimici.

Nello stesso anno, all'Istituto di Chimica industriale fu aggregata la Scuola degli olii e grassi, mentre nel 1910 un reparto dell'Istituto si dedicò all'insegnamento della metallografia sistemata più tardi in un padiglione a parte (nello stesso 1910 ha inizio il corso libero di chimica-fisica).

Al prof. Gabba, cui si deve oltre alle accennate iniziative didattiche un notevole impulso alla ricerca scientifica, successe nel periodo dal 1914 al 1916, il dott.

Goffetti. Nel 1916 viene nominato direttore dell'Istituto di Chimica industriale e professore straordinario Ettore Molinari, del quale sono particolarmente noti i trattati di chimica industriale inorganica ed organica (che, aggiornati, sono tuttora di consultazione corrente).

Il prof. Molinari svolse numerose ricerche di carattere industriale sia per adeguare taluni impianti alle esigenze del periodo di guerra (1914-1918), sia per nuove progettazioni, quali gli impianti per la lavorazione del toluolo e la produzione del nitrotoluolo, del beta-naftolo, dell'acido naftionico, ecc.



Mario Giacomo Levi

Dopo la morte del prof. Molinari (1926) la direzione dell'Istituto (tenuta per un anno dal figlio secondogenito prof. Henry Molinari) fu assunta nel 1927 dal prof. Mario Giacomo Levi, proveniente dall'Università di Bologna, presso la quale aveva iniziato lo studio sui combustibili, istituendo una apposita sezione.

A Milano il prof. Levi continuò tali ricerche con mezzi potenziati, allo scopo di seguire il movimento scientifico-tecnico in Italia ed all'estero nel campo dei combustibili; di studiare particolarmente il patrimonio dei combustibili italiani e le più adatte forme per il loro sfruttamento; di servire da organo consultivo del Ministero dell'Economia Nazionale e infine di addestrare i giovani nella conoscenza e nella tecnica dei combustibili.

Tali compiti furono perseguiti con una attività scientifica particolarmente intensa, ed i risultati delle ricerche sono stati raccolti in 12 volumi. Accanto ai lavori sui combustibili furono anche effettuate ricerche sulle emulsioni stradali, sulla radioattività di sorgenti di gas naturali e misure di carattere chimico-fisico. Per le accresciute necessità nel 1939 si dovette ampliare l'Istituto con nuove costruzioni corrispondenti ad un'area di 2000 m² circa.

L'attività didattica fu particolarmente curata ed ancora oggi sono vive nella memoria degli allievi di allora le mirabili lezioni tenute dal prof. Levi.

Nell'anno accademico 1927/28 furono istituite, quali corsi post-laurea, rispettivamente la Scuola di specializzazione in ingegneria gasistica (Fondazione della società Italiana per il Gas) e la Scuola di perfezionamento in ingegneria termotecnica (istituzione della Fondazione Politecnica italiana).

Nel 1939 fu chiamato alla direzione dell'Istituto il prof. Giulio Natta, che dopo essere stato assistente presso l'Istituto di Chimica generale del Politecnico di Milano (1924-1933), era stato nominato da prima straordinario di chimica generale all'Università di Pavia (1933-35) poi di ruolo nella cattedra di chimica fisica dell'Università di Roma (1935-1937) e infine titolare della cattedra di chimica industriale del Politecnico di Torino.

Alla fine della guerra il prof. Levi tornò alla direzione dell'Istituto e l'insegnamento biennale di *Chimica industriale* venne diviso tra il prof. Levi (corso per gli allievi del 4° anno) e il prof. Natta (corso di *Chimica industriale II*).

Nel 1939 diventata autonoma la Stazione combustibili, le ricerche nel campo dei combustibili vennero continuate presso tale Stazione che aveva presso di sé la maggior parte delle vecchie attrezzature di ricerca nel campo specifico, mentre l'Istituto di Chimica industriale, nella sua sede ampliata, si dedicò principalmente a nuove ricerche nel campo delle grandi sintesi organiche. Vennero in particolare sviluppati i campi della catalisi in fase omogenea ed eterogenea e delle reazioni con gas sia ad alta che a bassa pressione.

Tali ricerche sono state in parte possibili, grazie alla costituzione del Centro di chimica industriale del CNR presso il Politecnico di Milano, costituito da tre sezioni: la I presso l'Istituto di Chimica industriale; la II presso l'Istituto di Chimica generale; la III presso la Stazione sperimentale per i combustibili.

Per incarico della società Industrie Gomma Sintetica, (SAIGS creazione dell'IRI e della Società Pirelli) venne affidato al direttore dell'Istituto di Chimica industriale il compito di collaborare dal punto di vista chimico alla creazione in Italia di una industria della gomma sintetica. Il prof. Natta impostò una vasta serie di ricerche²⁰ presso l'Istituto di Chimica industriale, ricerche che portarono al perfezionamento di catalizzatori per la produzione di butadiene da alcool ed allo studio di nuovi processi di frazionamento per la purificazione del butadiene ed in particolare per la sua separazione dal butene-1 per via fisica. I relativi risultati furono applicati nello stabilimento della SAIGS per la produzione di gomma sintetica²¹ presso il quale fu realizzato il primo impianto del mondo di separazione per via fisica e per adsorbimento frazionato di due sostanze, butadiene e butene-1, aventi temperature di ebollizione praticamente uguali.

Quasi contemporaneamente (1940) furono iniziate nell'Istituto delle ricerche sulla chimica dell'ossido di carbonio (campo già sviluppato dal prof. Natta nel periodo in cui era assistente di Chimica generale al Politecnico) che portarono alle prime realizzazioni italiane sulla sintesi dell'alcool metilico da ossido di carbonio e idrogeno, con procedimento che ebbe larga applicazione in Italia e all'estero.

Successive ricerche nel campo della chimica dell'ossido di carbonio vertono sull'ossosintesi: sintesi di aldeidi, di esteri, ecc., per carbonilazione di olefine con ossido di carbonio e composti a idrogeno mobile. Tali ricerche contribuirono in modo notevole alle successive realizzazioni industriali in Italia (stabilimento della Montecatini a Ferrara, per la produzione di aldeide butirrica e aldeidi superiori, da propilene ed altre olefine); contribuirono anche a meglio comprendere il meccanismo dell'ossosintesi e a rilevare e giustificare alcune apparenti anomalie di tale sintesi. Tali ricerche sull'ossosintesi rappresentano l'inizio delle ricerche nel campo petrolchimico, che ebbero successivamente largo sviluppo.

Le ricerche scientifiche e tecniche subirono un rallentamento negli ultimi anni della guerra ma non cessarono completamente, tanto che già nel 1945 furono pubblicate alcune ricerche di carattere teorico e di importanza generale sulle reazioni

²⁰ Sovvenzionata dall'Istituto per lo studio della gomma sintetica, organismo che, come la SAIGS, apparteneva per il 50 % alla Pirelli e per il 50 % all'IRI.

²¹ Che entrò in produzione durante la guerra con una potenzialità di circa 10.000 t/anno.

successive concorrenti, che ebbero successivi sviluppi nel campo dei processi di polimerizzazione per poliaddizione.

Dopo la fine della guerra le ricerche furono riprese malgrado la deficienza dei mezzi e rivolte principalmente nel campo della petrolchimica, sia con lo studio approfondito delle reazioni di carbonilazione delle olefine con produzione di aldeidi e loro derivati sia nel campo della polimerizzazione delle olefine. Le ricerche in quest'ultimo campo subirono un notevole sviluppo, reso possibile dalle sovvenzioni da parte di industrie chimiche italiane, e portarono alla scoperta di nuove classi di sostanze macromolecolari aventi struttura stereoregolare, consentendo la produzione di nuove materie plastiche, di nuove fibre sintetiche e di nuove gomme sintetiche, con proprietà sotto molti punti di vista, superiori a quelle già conosciute.

Tali ricerche ebbero una notevole risonanza in tutto il mondo sia per la loro novità scientifica, sia per le loro applicazioni pratiche nel campo industriale. I procedimenti sviluppati industrialmente in Italia hanno avuto già larghe applicazioni in altri paesi d'Europa, dell'America e dell'Asia. Furono scoperte e caratterizzate nuove classi di sostanze macromolecolari ottenute da monomeri semplici (quali le olefine e le diolefine ottenute da cracking di petrolio) con produzione di polimeri isotattici e sindiotattici caratterizzati da una regolarità, prima sconosciuta, della configurazione sterica delle unità monomeriche che li costituiscono. L'esame con i raggi X della struttura di tali polimeri ha consentito, non soltanto di confermarne la struttura sterica ma ha permesso anche di stabilire la conformazione delle catene e la struttura reticolare dei polimeri stessi.

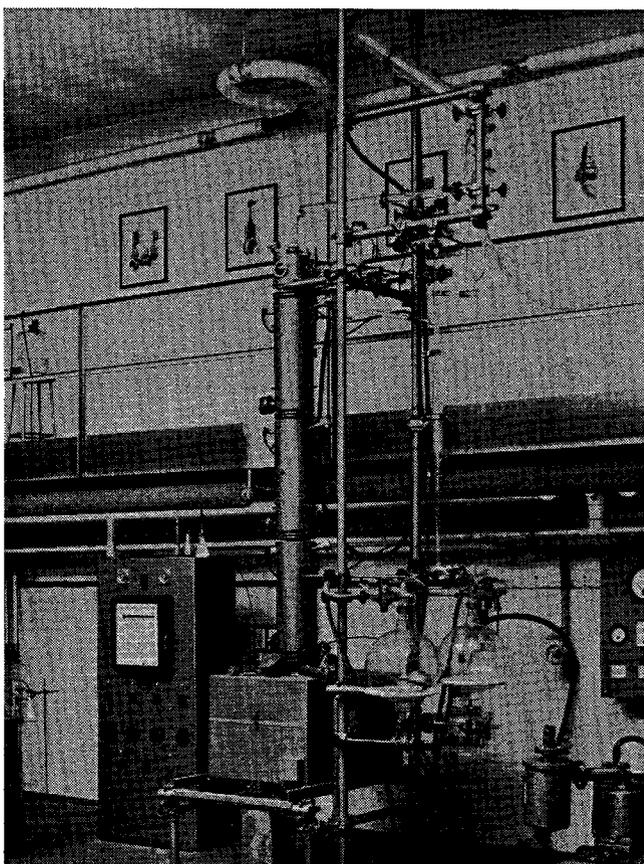
Oltre alle nuove classi di polimeri stereoregolari cristallini interessanti il campo delle materie plastiche, delle fibre tessili pregiate e delle gomme, ottenute da monomeri olefinici e diolefinici di bassissimo costo, le ricerche sulla polimerizzazione con meccanismo anionico coordinato hanno portato alla scoperta di nuovi copolimeri amorfi lineari di etilene con alfa olefine e di terpolimeri. Questi differiscono dai copolimeri per la presenza di insaturazioni nelle catene polimeriche che facilitano la loro vulcanizzazione e l'impiego come elastomeri, impiego che è in fase di sviluppo industriale sia in Europa che in America e in Giappone. Tali terpolimeri sono di enorme interesse pratico oltre che per le loro ottime proprietà elastomeriche, anche per la loro resistenza all'invecchiamento e per il loro basso costo di produzione dovuto al basso costo delle materie prime.

Le ricerche sono state in seguito estese ad altri tipi di monomeri scoprendo più complessi fenomeni di stereoisomeria (polimeri politattici) e condussero infine ad un risultato di notevole interesse teorico: quello della sintesi asimmetrica di polimeri otticamente attivi, partendo da monomeri che non lo sono.

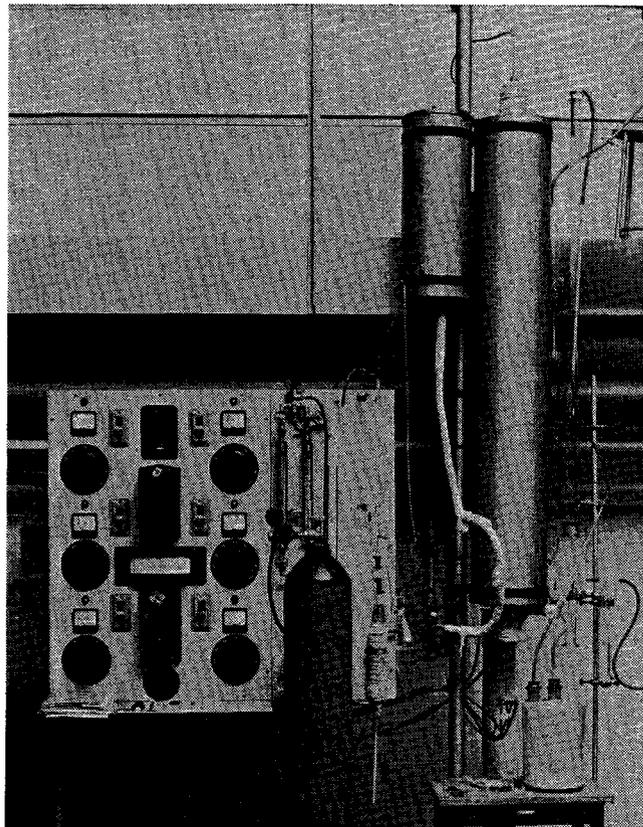
I lavori effettuati nel periodo 1939-1962 presso l'Istituto di Chimica industriale del Politecnico di Milano sono stati oggetto di 800 tra brevetti e memorie pubblicati su riviste italiane e straniere.

Attualmente l'attività dell'Istituto di Chimica industriale prosegue particolarmente intensa sia dal punto di vista didattico che scientifico.

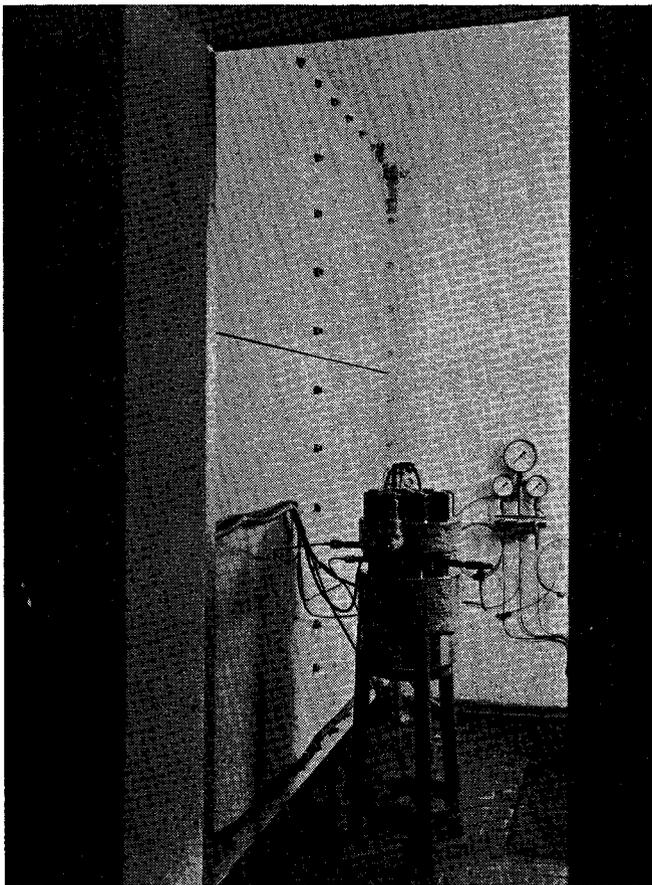
Le scoperte scientifiche nel campo delle macromolecole realizzate nell'Istituto



*Colonna di rettifica sperimentale
per lo studio di processi di fra-
zionamento sotto vuoto.*

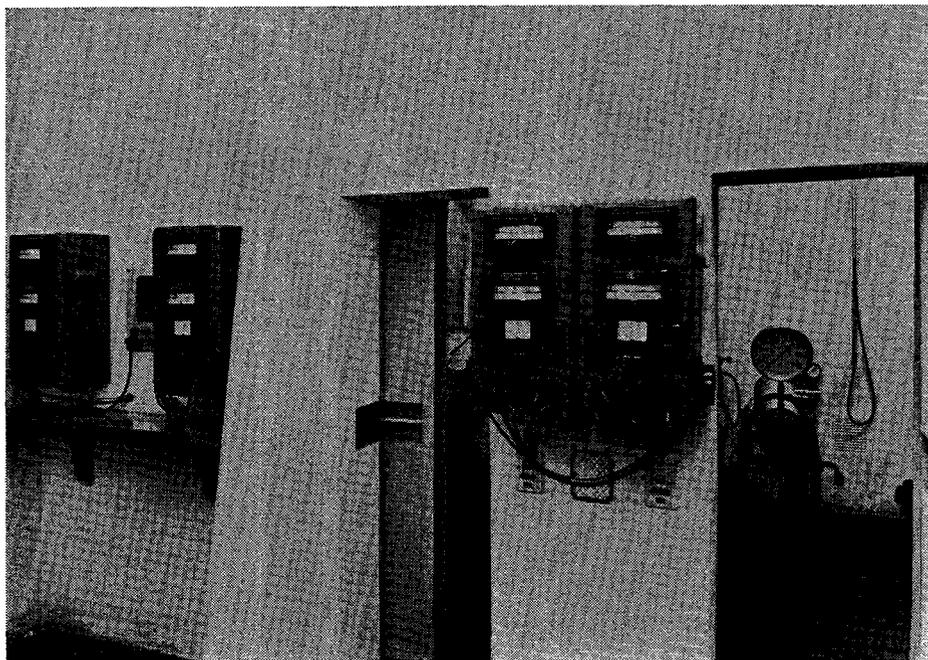


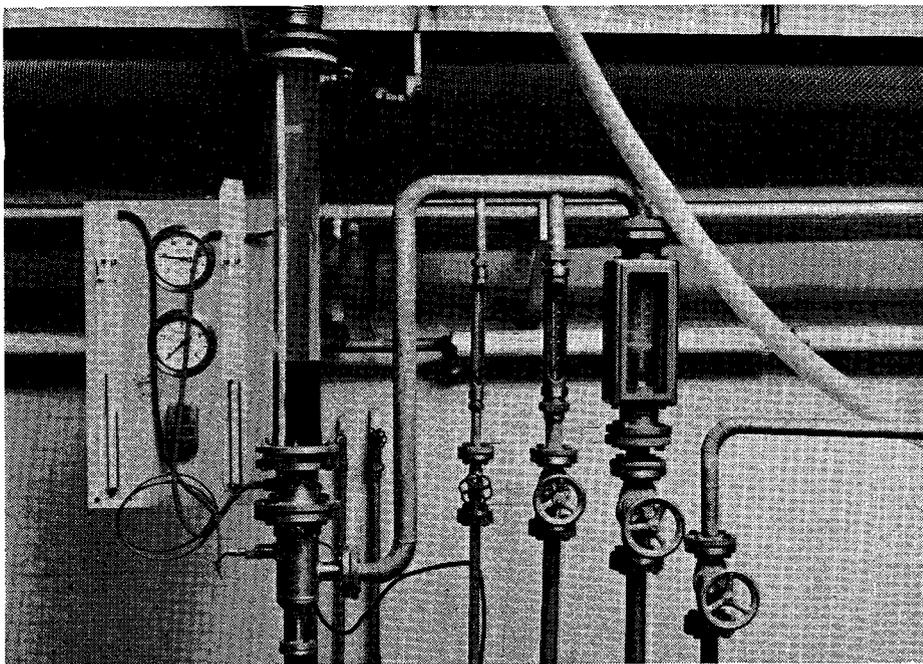
*Impianto sperimentale per lo stu-
dio della cinetica di processi ca-
talitici di ossidazioni in fase gas-
sosa.*



Sistema di autoclavi in box blindato, per lo studio di sistemi gassosi esplosivi.

Autoclavi in box blindati, per lo studio di reazioni ad alta pressione.





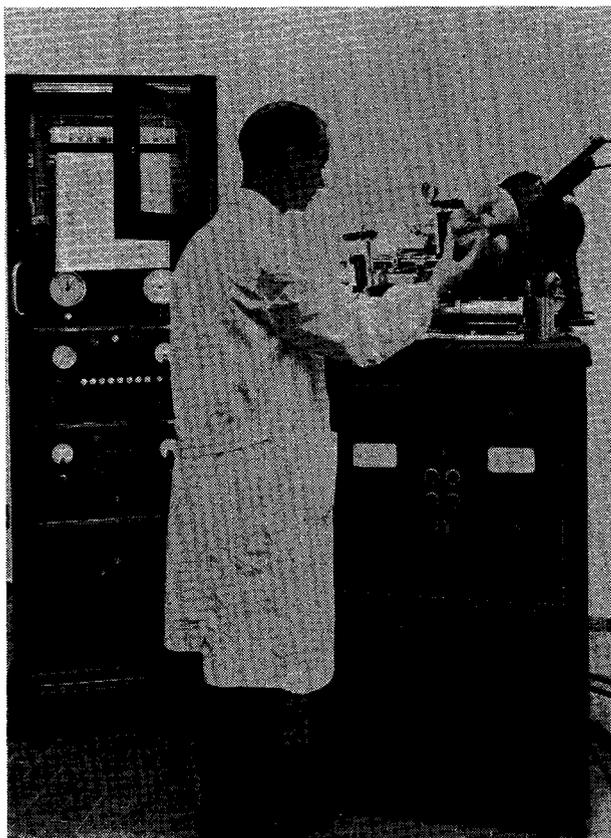
Apparecchiatura per lo studio della fluidizzazione con liquidi.

Spettrografo infrarosso PERKIN-ELMER 125 ad alta risoluzione per l'analisi vibro-rotazionale di molecole poliatomiche.

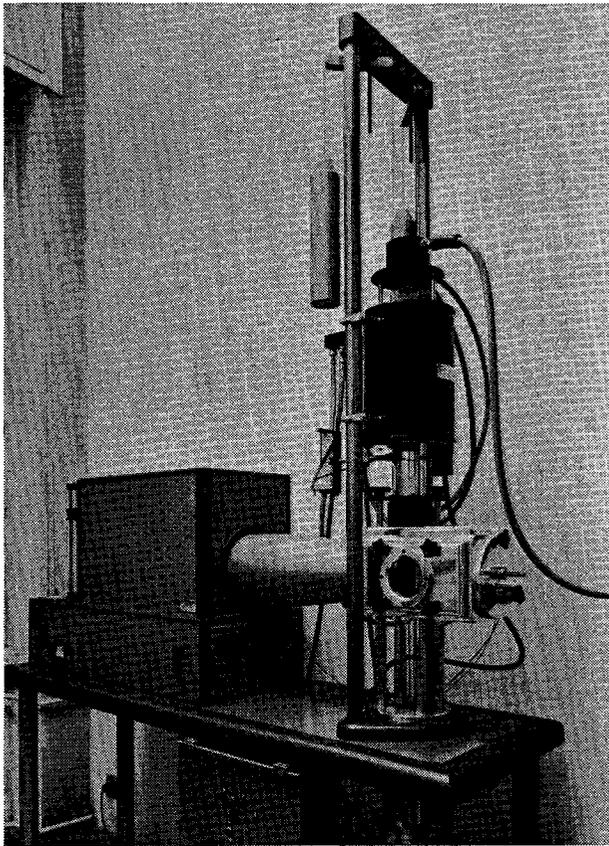




Spettrografo PERKIN-ELMER 301 per lo studio delle vibrazioni molecolari e delle rotazioni nel lontano infrarosso.



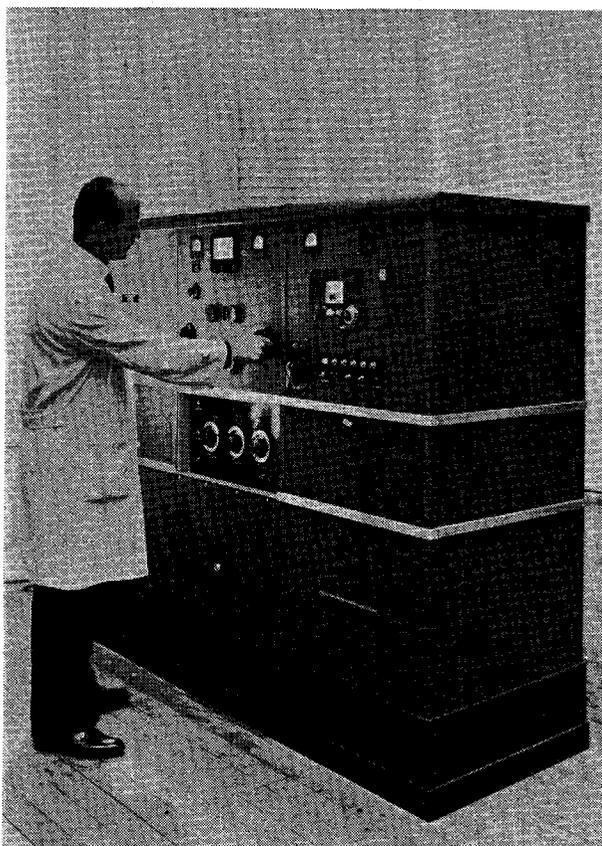
Diffrattometro Philips a raggi X, e registratore potenziometrico Philips.



Termobilancia per lo studio di processi di decomposizione di sostanze chimiche, di fenomeni di chemiadsorbimento, ecc.

Ponti di Schering della General Radio, per la misura della costante dielettrica e del fattore di dissipazione a frequenze comprese tra 50 e 1×10^8 cicli al secondo a diverse temperature.





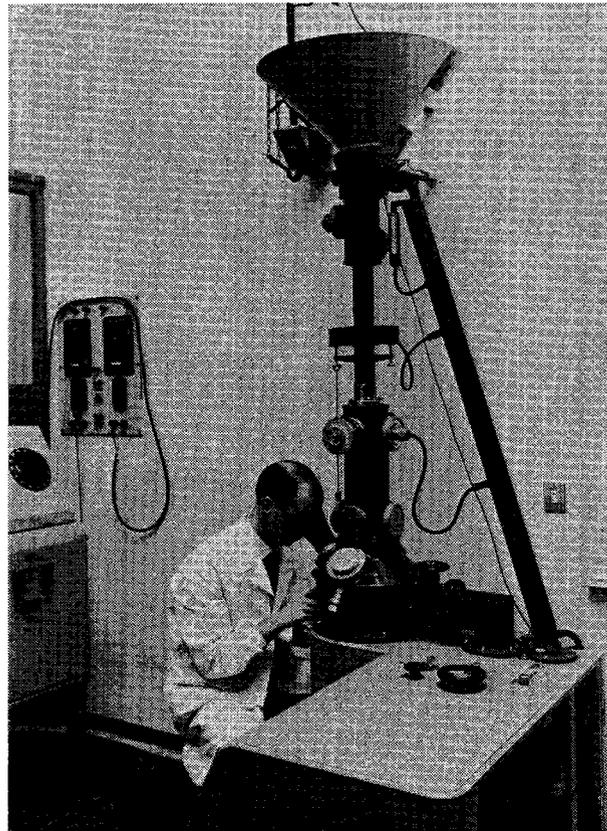
Ultracentrifuga per lo studio di soluzioni di polimeri.



Apparecchio costruito dall'Istituto OM Corbino di ultracustica CNR Roma, per la misura dei moduli elastici dinamici e della dissipazione di energia nei polimeri solidi a diverse temperature.



Risonanza magnetica nucleare per lo studio della composizione e della struttura di sostanze chimiche.



Diffratometro a fascio di elettroni (W. Edward & Co.) per lo studio strutturale di sostanze microcristalline.

di Chimica industriale hanno avuto larga risonanza in tutto il mondo ed hanno aperto, con la scoperta dei polimeri stereoregolari, una nuova branca della chimica macromolecolare di enorme interesse scientifico e pratico destinata ad ulteriori e grandi sviluppi.

Giustificato da questa attività nel campo macromolecolare, è sorto nel 1953, presso l'Istituto di Chimica industriale, per iniziativa di un gruppo di industriali del ramo, il Laboratorio Prove materie plastiche, che ha sviluppato la sua attività nei seguenti campi indicati nel proprio Statuto:

ricerca scientifico-tecnica per lo studio e la conoscenza delle proprietà delle materie plastiche e degli alti polimeri;

determinazione delle caratteristiche fisiche, chimiche, meccaniche e dielettriche delle materie plastiche e degli alti polimeri (anche su richiesta di enti pubblici e privati);

esame e collaudo dei singoli prodotti industriali per la apposizione del marchio dell'UNIPLAST, in conformità delle modalità concordate con l'Unione Nazionale Industrie, quale garanzia delle caratteristiche del prodotto;

collaborazione con enti di unificazione per addivenire alla emissione di norme riguardanti il modo di procedere nella determinazione delle singole caratteristiche prescritte per le diverse categorie di materie plastiche ed alti polimeri.

Nel 1961 con decreto del CNR è stato istituito (in sostituzione del Centro di chimica industriale) il Centro nazionale di chimica delle macromolecole.

Il Centro consta di otto sezioni dirette da professori universitari ed appoggiate ad Istituti universitari diversi a Milano, Torino, Padova, Genova, Pisa, Napoli. Il Centro è retto da un consiglio direttivo scientifico di cui è presidente il prof. Natta, che è anche direttore della Sezione I, operante nell'Istituto di Chimica industriale del Politecnico di Milano.

Il Centro è stato istituito con i seguenti scopi:

promuovere la ricerca scientifica al livello fondamentale nel campo delle macromolecole sintetiche e naturali, organiche ed inorganiche;

favorire la collaborazione fra chimici e studiosi di altre discipline nello studio delle macromolecole ed in particolare di quelle di interesse biologico;

contribuire alla formazione ed al perfezionamento del personale scientifico nel campo della ricerca fondamentale ed applicativa relativa alle macromolecole.

Attualmente fanno capo all'Istituto di Chimica industriale 3 professori di ruolo, 14 professori incaricati, 12 assistenti; inoltre 4 amministrativi, 11 tecnici, 2 ausiliari.

La I sezione del Centro nazionale di chimica delle macromolecole del CNR comprende 11 ricercatori, 3 aiutanti di laboratorio e 1 personale di segreteria.

L'Istituto possiede attrezzature per raggi X, diffrazione di elettroni, per infrarosso, ultravioletto, per risonanza magnetica nucleare e per cromatografia in fase gas. Possiede inoltre un'ultracentrifuga, una termobilancia, attrezzature per lo studio delle reazioni ad alta pressione ed attrezzature per lo studio di proprietà chimico-fisiche, fisiche e meccaniche di materie plastiche ed elastomeri.

L'Istituto comprende un laboratorio analisi per conto terzi ed un'officina meccanica che lavora anche per conto terzi.

Nell'anno accademico 1961/62, dopo l'entrata in vigore del nuovo ordinamento della Facoltà di Ingegneria, sono stati riordinati gli insegnamenti e sono stati istituiti quattro indirizzi di studio (due dei quali: organico industriale e sviluppo dei processi chimici, fanno capo all'Istituto). Il riordinamento ha avuto per scopo fondamentale il potenziamento dei corsi dedicati agli argomenti di ingegneria chimica vera e propria; gli insegnamenti facenti attualmente capo all'Istituto sono 17.

Gli insegnamenti di *Chimica applicata* (professori Erminio Lombardi, Dante Pagani) trattano in generale della combustione, dei combustibili, delle acque, dei materiali da costruzione, liganti, per rivestimento, isolanti ecc. che interessano i diversi rami dell'industria. I corsi si differenziano l'uno dall'altro in quanto in ciascuno di essi vengono maggiormente approfonditi gli argomenti di interesse diretto per le diverse lauree. L'insegnamento per allievi chimici (prof. Mario Pegoraro) è completato da esercitazioni di calcoli aventi per oggetto i bilanci materiali e termici di alcune operazioni e lo studio quantitativo di equilibri fisici e chimici.

Nella parte Chimica applicata (che fa capo all'Istituto) dell'insegnamento di *Tecnologia dei materiali e Chimica applicata* (prof. Erminio Lombardi) per gli allievi civili, vengono trattati praticamente gli stessi argomenti sopra riportati, ma vengono trattati in modo più approfondito ad es. i capitoli dedicati ai materiali cementanti e leganti e all'impiego delle materie plastiche nell'edilizia.

Gli insegnamenti di *Chimica industriale I e II* (prof. Italo Pasquon e prof. Giulio Natta) servono a fornire agli allievi i mezzi per poter comprendere, giustificare e dedurre le condizioni e le modalità operative proprie dei diversi processi industriali nei quali vengono preparati o trasformati prodotti chimici. A tale scopo viene messa in evidenza l'importanza della termodinamica, della cinetica e della fisica tecnica applicata, e vengono illustrati i metodi di calcolo per la valutazione numerica delle caratteristiche delle sostanze chimiche, la cui conoscenza è indispensabile per gli scopi sopra accennati. In tal modo questi insegnamenti non si limitano alla sola descrizione dei processi dell'industria chimica, ed assumono pertanto carattere altamente formativo più che informativo.

Nell'insegnamento di chimica industriale I vengono riportati esempi di processi inorganici e in quello di chimica industriale II esempi di processi organici.

Le relative esercitazioni di calcolo hanno per oggetto i sistemi reali, i bilanci termici e di materia in processi chimici, e l'applicazione della cinetica allo studio quantitativo di reazioni di importanza industriale. Durante le esercitazioni di laboratorio viene richiesto a ciascun allievo, in particolare, di preparare e caratterizzare alcuni prodotti chimici.

L'insegnamento di *Principi di ingegneria chimica* (prof. Mario Dente), di nuova istituzione, ha lo scopo di fornire agli allievi i mezzi per lo studio quantitativo dei fenomeni, per lo più fisici, sia su scala macroscopica che microscopica, che avvengono nelle apparecchiature dell'industria chimica. Questo corso è una naturale prosecuzione dei corsi di fisica tecnica e di meccanica dei fluidi e tratta in parti-

colare i seguenti argomenti: bilanci macroscopici, bilanci infinitesimali, proprietà di trasporto molecolari, risoluzione delle equazioni fondamentali di trasporto di materia, di energia e di quantità di moto in alcuni casi, proprietà di trasporto turbolento, scambio tra due fasi, reattori chimici e cenni sulla teoria dei modelli e sulla termodinamica dei processi irreversibili.

L'insegnamento di *Impianti chimici I* (prof. Francesco Tredici) tratta delle operazioni fondamentali dell'industria chimica ed in particolare del calcolo e della costruzione — tenuto conto anche dei fattori economici — delle apparecchiature per operazioni unitarie a regime e in discontinuo, con trasporto di calore o di materia (scambio di calore, assorbimento di gas liquidi, estrazione, distillazione, rettifica). L'insegnamento nel complesso reca ancora l'impronta datagli a suo tempo dal compianto prof. Giuseppe Pastonesi.

Nell'insegnamento di *Impianti chimici II* (professori Francesco Tredici e Giulio Volpi) vengono completati gli argomenti relativi allo studio delle operazioni unitarie (trasferimento di materia con simultaneo trasporto di energia, trasporto di quantità di moto, trasformazione di materia) e viene trattato il problema dei materiali da costruzione per l'industria chimica; viene anche affrontato lo studio della progettazione degli impianti chimici nel loro insieme.

Oltre alle esercitazioni di calcolo, a ciascun allievo viene assegnato un elaborato di progetto da sviluppare per proprio conto, sotto la guida di assistenti.

Nell'insegnamento di *Chimica macromolecolare* (prof. Ferdinando Danusso) vengono trattati da un punto di vista generale e teorico lo studio dei processi di polimerizzazione e lo studio e la caratterizzazione dei prodotti polimerici.

L'insegnamento di *Chimica III* (prof. Raffaele Ercoli) è una continuazione del corso di chimica I, chimica II (organica) e di chimica analitica: esso tratta in particolare delle moderne teorie del legame chimico, della geometria delle molecole, dei composti metallorganici e di alcuni elementi di chimica analitica quantitativa e di tecnica di laboratorio organico. Durante le esercitazioni di calcolo e di laboratorio (coordinate con le esercitazioni di chimica industriale II) l'allievo esegue alcune analisi quantitative, una preparazione chimica e alcune reazioni di riconoscimento di composti organici.

L'insegnamento di *Strumentazione chimica* (prof. Enrico Mantica) illustra in una prima parte i principi ed i metodi dell'analisi strumentale e nella seconda parte i metodi e gli strumenti di controllo e di misura impiegati nell'industria chimica. L'insegnamento è completato da esercitazioni che vertono sull'impiego di apparecchiature analitiche e sull'installazione e taratura di strumenti per misure industriali.

L'insegnamento di *Complementi di chimica industriale* (professori Luigi Giuffrè e Giorgio Mazzanti) approfondisce la trattazione di alcuni argomenti già intro-



Giuseppe Pastonesi

dotti dalla chimica applicata e dalla chimica industriale I e II: grassi, saponi, detersivi, zuccheri, cellulosa, fermentazioni, esplosivi, fibre, plastici, films, gomme.

L'insegnamento di *Teoria e pratica delle misure e programmazione industriale* nella sua seconda parte che fa capo all'Istituto (prof. Giuseppe Allegra), tratta dei metodi statistici applicati all'impostazione e alla programmazione delle ricerche sperimentali e all'elaborazione dei dati numerici ottenuti su impianti piloti o su impianti industriali.

Nell'insegnamento di *Impianti petroliferi* (prof. Armando Morpurgo) vengono approfonditi gli argomenti in parte trattati dalla chimica applicata e dalla chimica industriale II, inerenti all'industria petrolifera in generale.

L'insegnamento della *Tecnologia delle pitture e delle vernici* (prof. Dante Pagani) tratta della preparazione e soprattutto delle caratteristiche e delle condizioni di impiego di pitture, vernici, sostanze filmogene, solventi, diluenti, pigmenti, cariche e plastificanti.

Nell'ambito dell'indirizzo *Teoria e sviluppo dei processi chimici* che ha per scopo la formazione di ingegneri chimici capaci di programmare, progettare, coordinare e dirigere tutte le fasi che interessano lo sviluppo di un processo chimico di importanza industriale, l'insegnamento di *Teoria e sviluppo dei processi chimici* (prof. Antonio Cappelli) tratta della programmazione della ricerca e soprattutto della ricerca su scala pilota, della teoria dei modelli, dell'utilizzazione dei dati forniti dall'impianto pilota per la progettazione dell'impianto industriale e della ricerca delle condizioni optimum di funzionamento degli impianti industriali.

Per concludere gli aspetti dell'attività didattica dell'Istituto, si deve ricordare che ogni anno vengono ospitati allievi (in numero da 10 a 30) del Politecnico e di altre Scuole, per lo svolgimento di tesi di laurea aventi carattere sperimentale.