

GIUSEPPE MARRUCCI

Dalla “Ingegneria + Chimica” alla “Ingegneria chimica”

Introduzione

I mutamenti negli studi di ingegneria chimica agli inizi degli anni 60 del secolo scorso sono stati considerevoli, ed io ho avuto occasione, prima come studente e poi, dal '61, come giovane laureato avviato alla carriera universitaria, di assistervi personalmente. Nel seguito riferirò di questa esperienza, che ha profondamente segnato la mia personalità scientifica e tecnica, e certamente non solo la mia. Non ho alcuna competenza per scrivere di storia, sia pure di storia di un settore limitato dell'ingegneria, ma può essere utile portare una testimonianza diretta di un periodo, come dicevo, certamente innovativo dell'ingegneria chimica. È anche opportuno precisare che i miei riferimenti saranno soprattutto alla scuola napoletana, anche se il fenomeno ha avuto caratteristiche simili ovunque in Italia e, per molti aspetti, anche nelle università americane che, in larga misura, “tiravano la volata”.

Nel seguito descriverò brevemente gli studi di ingegneria chimica prevalenti nel dopoguerra italiano, fino a tutti gli anni 50. Successivamente dirò della introduzione sistematica nei programmi di studio del concetto di “operazione unitaria”, che modernizzò i corsi di Impianti chimici. Accennerò quindi alla riforma degli ordinamenti, avvenuta appunto nel 1961, con la quale furono introdotti nuovi corsi che dettero spazio allo studio sistematico dei fenomeni fisico-chimici elementari presenti nei processi dell'industria chimica. Terminerò infine con una panoramica delle più recenti evoluzioni.

Ingegneria + Chimica

Il significato del titolo di questa sezione è presto detto. Fino alla riforma degli anni 60 una ingegneria chimica vera e propria non esisteva ancora in Italia. In molte università, fra le quali quella di Napoli, era presente una “sezione chimica” all'interno del corso di laurea in Ingegneria Industriale (l'unico altro corso di laurea essendo quello in Ingegneria Civile, erede della più antica laurea in Ingegneria tout court). Lo studente sceglieva la sezione chimica in alternativa ad altre, quali la sezione meccanica, di più lunga tradizione, oppure quella elettrotecnica, navalmeccanica, aeronautica, ecc. Ci si laureava quindi in Ingegneria Industriale (Sezione Chimica). Ma anche nelle poche università dove la dizione “ingegneria chimica” già esisteva da tempo, fra cui il prestigioso Politecnico di Milano, la realtà degli insegnamenti impartiti non era molto diversa.

Quali erano i contenuti di quella laurea? Erano quelli tradizionali dell'ingegneria tout court: matematica e geometria, fisica e fisica tecnica, chimica e chimica applicata, meccanica razionale, scienza delle costruzioni, idraulica, cui si aggiungevano quelli dell'ingegneria industriale: macchine, meccanica delle macchine, costruzione di macchine, tecnologie meccaniche, elettrotecnica, chimica industriale. Per la sezione chimica, venivano poi inserite altre discipline mutate dai corsi di laurea in Chimica e Chimica Industriale della Facoltà di Scienze, e cioè: chimica fisica, elettrochimica, un secondo corso di chimica industriale e, per finire, uno o due corsi descrittivi degli impianti chimici.

La professione dell'ingegnere chimico era quindi vista come la sovrapposizione più o meno riuscita di due culture, quella della tradizionale ingegneria meccanica e quella della chimica, soprattutto nella sua versione "industriale", in cui era stata leader indiscusso, fin dal secolo precedente, la Germania. A Napoli, figure di spicco erano state ed erano ancora: Maria Bakunin, che nei laboratori dell'Istituto di Chimica Industriale alla via Mezzocannone 16 aveva studiato le gomme sintetiche, e Francesco Giordani, esperto di elettrochimica industriale. Nel 1955, alla mia prima emozionante lezione universitaria, ebbi la fortuna di trovare come affascinante docente proprio il Prof. Giordani, all'epoca titolare della cattedra di chimica generale. Agli esami della stessa disciplina incontrai invece la Prof.ssa Bakunin, ormai molto anziana ma ancora perfettamente lucida.

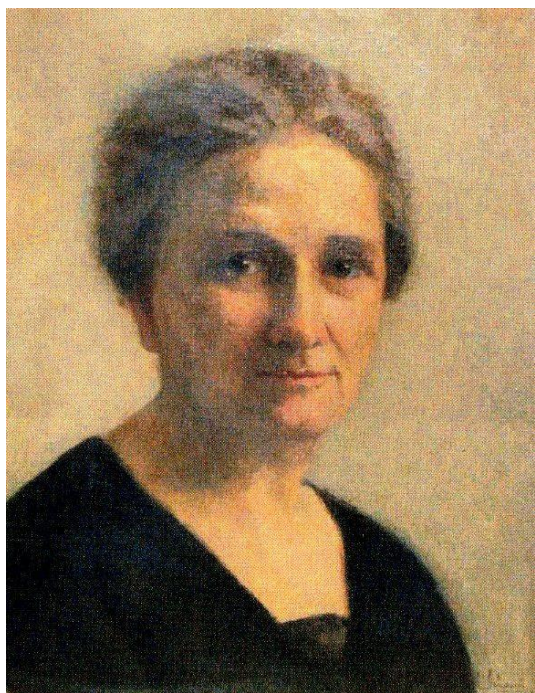


Fig. 1 - Maria Bakunin



*Fig. 2 – Francesco Giordani, uno dei "saggi"
Euratom*

Sempre negli anni 50, titolare della cattedra di Chimica Industriale era Giovanni Malquori, vivace toscano, perfettamente inserito nel sistema della industria chimica italiana dell'epoca, ma anche attento alle novità, industriali ed accademiche, che erano maturate sulla scena mondiale del dopoguerra, ormai dominata dalla cultura tecnica anglo-americana, che aveva largamente sostituito quella tedesca, e dagli straordinari recenti sviluppi della petrolchimica, cioè dell'industria dei derivati del petrolio. Il Prof. Malquori ebbe l'intelligenza di sfuggire ai rischi della auto-referenzialità (un difetto frequente nel mondo accademico) inviando dei giovani brillanti negli Stati Uniti ad imparare il nuovo mestiere. I nomi di questi giovani dell'epoca sono Leopoldo Massimilla e Giovanni Astarita, ahimè oggi prematuramente scomparsi. Il nuovo che con essi arrivò nella scuola di ingegneria napoletana (ma eventi simili avvennero prima o poi anche altrove in Italia) è argomento delle successive sezioni.



Fig. 3 – Giovanni Malquori

Le “unit operations”

Già negli anni 30, e ancor più negli anni 40, la cultura tecnica americana aveva elaborato il concetto di “unit operations”, ossia aveva individuato le (relativamente poche) operazioni elementari di cui sono costituiti, nella grande maggioranza, i processi dell'industria chimica, indipendentemente

dalla specificità delle sostanze coinvolte. Queste ultime, e cioè i composti chimici, sono infatti molto numerosi e diversi nelle proprietà e nei comportamenti, ciò che a prima vista può scoraggiare lo studio dei processi e degli impianti dell'industria chimica, studio che sembra richiedere grande memoria e molta esperienza per ricordare appunto le numerosissime diversità e specificità.

Il concetto di unit operations fa invece ordine in quella apparente confusione, in quanto consente di scomporre anche i processi più complessi in una sequenza ordinata di processi elementari. Questi, a loro volta, possono essere analizzati e descritti con modelli abbastanza semplici, nei quali la natura dei diversi composti chimici e la specificità operativa entra soltanto attraverso il valore di opportuni parametri. Il progettista di processi dell'industria chimica, e dei relativi impianti, deve quindi saper applicare i modelli calcolativi delle unit operations, e deve procurarsi i valori dei parametri, molti dei quali disponibili in appositi manuali, oppure ricavabili da correlazioni, e in casi estremi ottenibili da opportuni esperimenti di laboratorio, o da impianti pilota.

Come si vede, stiamo parlando di una professionalità specifica che caratterizza l'ingegnere chimico, il quale diventa cosa diversa dall'ingegnere tout court e/o meccanico, e anche dal chimico industriale, quest'ultimo rimanendo ancorato alle specificità dei singoli prodotti e processi al fine (ovviamente importantissimo) di migliorarli o di trovarne di nuovi, ma non al fine del dimensionamento degli impianti e delle apparecchiature, che è invece compito precipuo dell'ingegnere chimico, e che egli può pienamente assolvere facendo uso della teoria e dei modelli delle unit operations, oltre che della sua cultura di fondo relativamente agli aspetti meccanici e di resistenza strutturale degli impianti stessi.

Alcuni concetti delle unit operations, quali le operazioni a “stadi” successivi, tipici dell'ingegneria chimica (ad esempio nelle torri di distillazione a piatti) assunsero perfino a fama internazionale quando furono applicati con successo in un settore nuovo e diverso, quello nucleare. Ci riferiamo al progetto Manhattan, nel quale una operazione con moltissimi stadi si rivelò vincente nell'ottenimento di uranio arricchito, avvenimento cruciale per il successo dell'intero progetto (anche se con le terribili conseguenze che tutti sappiamo). In ogni caso, questo episodio dimostra il grado di avanzamento tecnico già raggiunto dalla ingegneria chimica americana negli anni 40.

Il riflesso in Italia della cultura delle unit operations, cioè dell'ingegneria chimica propriamente detta, fu debole e inadeguato fino alla fine degli anni 50, quando, come prima dicevo, il contatto di giovani docenti con il mondo accademico americano da un lato, e, dall'altro, il tumultuoso sviluppo industriale della petrolchimica che moltiplicava il numero di prodotti e di processi, determinarono anche in Italia il cambiamento.

Se prima ho riferito del mio primo contatto con l'università e del timore reverenziale che provai dinanzi alla figura un po' ottocentesca del Prof. Giordani, non posso qui tacere del fascino esercitato su di me, ormai prossimo alla fine del mio cursus di studente, dalle personalità moderne ed entusiaste di Astarita e Massimilla. Ricordo in particolare che, nelle more di una riforma degli studi che tardava ad arrivare, Astarita di ritorno dagli Stati Uniti "contrabbandava" la nuova cultura durante le esercitazioni dei corsi di Chimica Industriale tenuti da Malquori, peraltro con il suo consenso, e con il pieno assenso di noi studenti, seppure costretti ad imparare più materie di quelle ufficialmente previste. Né posso tacere del fatto che Massimilla, per tener dietro ad esperimenti di cui dirò dopo, ed abitando lontano (a Caserta), non esitava a pernottare frequentemente in Istituto, dove aveva messo su, più o meno clandestinamente, una brandina.

Come ho detto, le unit operations arrivavano un po' in ritardo in Italia, ma la nuova cultura dell'ingegneria chimica non era fatta soltanto da quelle. Negli anni 50 si stavano sviluppando altre importanti razionalizzazioni e generalizzazioni di cui si dirà nella sezione seguente. A questa ulteriore fase di sviluppo, la scuola italiana, e quella napoletana in modo particolare, partecipò in modo attivo ed originale, portandosi, già negli anni 60, ad un livello assolutamente paragonabile a quello anglo-americano.

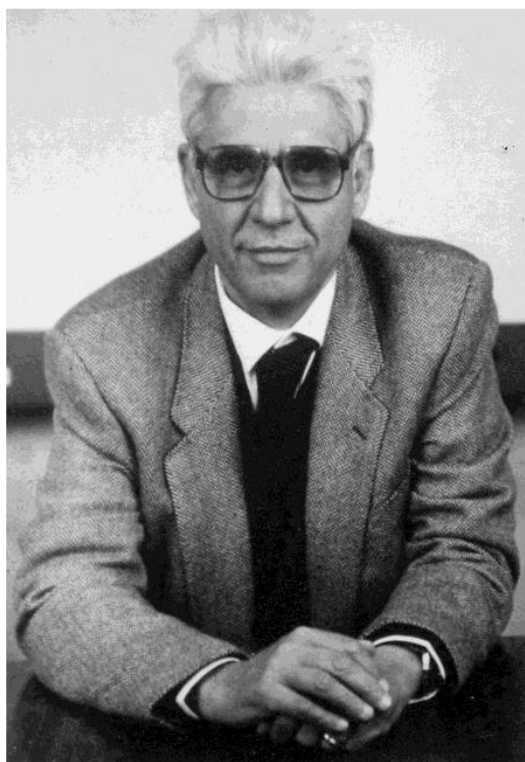


Fig. 4 – Leopoldo Massimilla



Fig. 5 – Gianni Astarita

Transport phenomena e molto altro

Nella sezione precedente abbiamo accennato ai parametri che servono nella progettazione di processi e impianti dell'industria chimica. Abbiamo però taciuto del fatto che alcuni di tali parametri non sono proprietà materiali delle sostanze coinvolte che si possono misurare una volta per tutte (per quindi consegnarne i valori ad un manuale), ma viceversa dipendono anche dalle condizioni operative del processo, in particolare dalla sua fluido-dinamica. Va detto infatti che in molti processi chimici i protagonisti sono sostanze che si trovano allo stato fluido (liquido o gassoso), e ciò che succede nel processo può dipendere, talvolta in modo cruciale, dal modo di muoversi di tali sostanze nell'apparecchiatura dove avviene il processo, cioè dalla sua fluido-dinamica.

Va ancora detto che nelle apparecchiature che hanno come obiettivo la separazione di sostanze diverse (frequentemente incontrate nell'industria chimica, e non solo in quella) sono presenti più fasi (ad esempio una fase liquida ed una gassosa) ed il processo consiste nel “trasportare” una o più sostanze da una fase all'altra. Ebbene la rapidità con cui avviene tale trasporto, che in ultima analisi si tradurrà nel valore di un parametro da usare nel progetto della apparecchiatura stessa, può essere molto sensibile alla fluido-dinamica. Perfino nelle apparecchiature dove avvengono le reazioni chimiche vere e proprie (i reattori) la fluido-dinamica può essere importante nell'influenzare la miscelazione dei composti, oppure la rapidità con cui i reagenti raggiungono la superficie del catalizzatore, ecc. Ovviamente importanti sono anche gli aspetti termici, e quindi il trasporto del calore da o verso i protagonisti del processo.

Lo studio sistematico di questi “fenomeni di trasporto” e della cinetica chimica, cioè della velocità delle reazioni, soprattutto di quelle catalitiche, arrivò a maturazione proprio negli anni Sessanta, che videro tra l'altro la pubblicazione di famosi trattati, rimasti dei “classici” fino a tutt'oggi.

La scuola napoletana, ormai pienamente scuola di “ingegneria chimica”, partecipò attivamente a questa fase di sviluppo con proprie originali ricerche. Leopoldo Massimilla si concentrò sulla fluido-dinamica dei “letti fluidizzati”, che sono insiemi di particelle granulari tenuti in sospensione dinamica da una corrente ascendente di fluido. I letti fluidizzati erano di grande attualità nel campo dei reattori catalitici perché consentivano un miglior controllo della temperatura ed una più agevole rigenerazione del catalizzatore. Il gruppo del Prof. Massimilla, mediante uno studio sistematico e approfondito, apportò significativi contributi a questa nuova tecnologia, che trovò importanti applicazioni successive anche in campi diversi.

Il gruppo del Prof. Astarita si occupò invece con pari successo del problema della separazione di miscele gassose mediante assorbimento selettivo in opportuni liquidi reattivi. Il “trasporto” dal gas al

liquido o viceversa avviene con una fenomenologia che consente sia una efficace generalizzazione, al di là del dettaglio chimico delle sostanze coinvolte, sia una utile classificazione dei diversi regimi possibili. Gianni Astarita fu autore di due volumi di successo su tale argomento, uno dei quali pubblicato in anni successivi in collaborazione con un importante tecnico Exxon.

La nuova didattica anni 60

I primi anni 60 videro attuata la necessaria riforma degli studi con l'introduzione, tra l'altro, delle nuove discipline "Principi di ingegneria chimica" e "Teoria dello sviluppo dei processi chimici", quest'ultima per tener conto in modo particolare della difficile problematica dello "scale up" di nuovi processi: dagli esperimenti di laboratorio agli impianti pilota, e da questi agli impianti industriali, talvolta di dimensioni colossali. Le due nuove discipline si univano alle due già esistenti "Chimica industriale" e "Impianti chimici" (che però modificavano almeno in parte i contenuti) per formare il cuore caratterizzante della nuova ingegneria chimica. Resta inteso che a monte e/o in parallelo rimanevano sia le discipline di base, fra le quali per l'ingegnere chimico era prescritta non solo la Chimica generale, ma anche la Chimica organica, e la Chimica Fisica, tutte mutate dalla Facoltà di Scienze, sia le discipline fondamentali dell'ingegneria civile e industriale, quali la Scienza delle costruzioni, l'Idraulica, la Fisica tecnica, la Chimica applicata (ai cementi e agli acciai), la Meccanica delle macchine, le Macchine, l'Elettrotecnica, le Tecnologie meccaniche.

Per quanto riguarda il "cuore" della nuova ingegneria chimica, è significativo che i primi 2 concorsi in Italia per la cattedra di "Principi di ingegneria chimica" videro nella terna dei vincitori, rispettivamente, Leopoldo Massimilla (poi spostatosi sulla cattedra di Impianti chimici) e Gianni Astarita.

Gli sviluppi successivi

Negli anni che seguirono, malgrado la morte anch'essa prematura del suo potente fondatore, Giovanni Malquori, la nuova giovane scuola di ingegneria chimica napoletana si consolidò pienamente ed acquistò prestigio nazionale ed internazionale. Ampliò inoltre in modo sostanziale i suoi interessi scientifici, anche per la forte interazione con il CNR, voluta dallo stesso Malquori subito prima della sua scomparsa. Massimilla era infatti diventato direttore del neonato Laboratorio CNR sulla Combustione, ospitato all'interno stesso dell'Istituto di Chimica Industriale, mentre Astarita condivideva con Paolo Corradini, titolare della cattedra di Chimica nella Facoltà di Scienze, la guida

scientifica del Laboratorio CNR sulla Scienza e Tecnologia dei Polimeri, anch'esso di nuova istituzione e collocato in una sede poco fuori Napoli, ad Arco Felice.

Gli anni 60 vedono anche lo spostamento della Facoltà di Ingegneria dalla storica sede di via Mezzocannone 16 alle nuove moderne strutture di Piazzale Tecchio e di via Claudio a Fuorigrotta. L'Istituto di Chimica industriale e Impianti chimici diretto da Massimilla e quello di Principi di ingegneria chimica diretto da Astarita (successivamente confluiti nell'odierno Dipartimento di ingegneria chimica) diventano luoghi molto attivi di ricerca sperimentale e teorica, con scambi frequenti con altre università, soprattutto americane, ma anche con Cambridge, Inghilterra, e con l'Istituto di Chimica industriale del Politecnico di Milano, dove erano attivi gli allievi del premio Nobel Giulio Natta.

In quali direzioni si è mossa l'ingegneria chimica da allora? La risposta a questa domanda è in molta parte basata sul tipo di cultura tecnico- scientifica che una buona scuola di ingegneria chimica riesce ad impartire ai propri allievi. Si tratta, come prima brevemente descritto, di una cultura molto flessibile, allenata ad analizzare situazioni apparentemente molto diverse (a causa della grande varietà dei prodotti e dei processi chimici), individuando gli elementi di generalità e modellandone i comportamenti. Questo tipo di abilità ha reso l'ingegnere chimico capace di affrontare con successo anche tematiche diverse dall'ingegneria chimica propriamente detta. Ritroviamo così l'ingegnere chimico nello studio e nella risoluzione di problemi ambientali e di sicurezza, nella problematica delle fonti di energia alternative, nello studio e sviluppo di nuovi materiali, in molte tematiche biologiche e biomediche.

Malgrado la forte differenziazione che è talvolta presente fra gli ingegneri chimici di oggi, le radici culturali rimangono comuni. Esse risalgono a quel periodo "rivoluzionario", a cavallo tra gli anni 50 e 60 del secolo scorso, di cui ho avuto la fortuna di essere testimone.