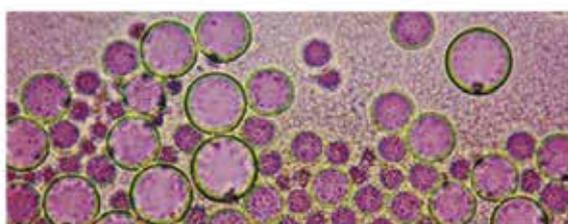


# LE OPERAZIONI UNITARIE NELLE INDUSTRIE ALIMENTARI, FARMACEUTICHE E BIOTECNOLOGICHE. TRA “TRASPORTI” TRADIZIONALI E NON CONVENZIONALI

LA SPECIFICITÀ DELLE LAVORAZIONI INDUSTRIALI BASATE SULLA TRASFORMAZIONE DEI SISTEMI DISPERSI, LA RIVISITAZIONE DELLA “SCIENZA DEI COLLOIDI” IN TERMINI DI “NANOSCIENZE” E LA NECESSITÀ DI RIGOROSI CONTROLLI DELLE “CONDIZIONI”, COMPORTANO UN ALLARGAMENTO DELLO SPETTRO APPLICATIVO DELLE “OPERAZIONI UNITARIE”. RIENTRANO IN QUESTA ESTENSIONE TRASPORTI COME QUELLI DI MATERIA PARTICOLATA, VIVENTE E DI INFORMAZIONE. TUTTO CIÒ PER L'AVVICINAMENTO AD UNA VISIONE MULTIDISCIPLINARE INTEGRATA DEI PROBLEMI TECNOLOGICI IN CHIAVE DI “TRASPORTI”



## Le “operazioni unitarie”

Le individuali operazioni di processo hanno, come “operazioni unitarie” (nel seguito OU), tecniche in comune e fondamenti sugli stessi principi scientifici, con uniche equazioni e modelli; hanno cioè identità caratteristica indipendente dalla particolare natura del processo in cui vengono attuate. Il concetto di OU che ne viene è che attraverso il loro studio sistematico la trattazione di tutti i processi ne viene unificata e semplificata [1, 2]. Le OU comprendono lo studio dei fenomeni di trasporto [3], e quindi si basano sulla formalizzazione dei diversi modelli di bilancio attraverso l'esplicitazione del principio di conservazione nei termini “IN + GEN = ACC + OUT”, formulato per le diverse entità fenomenologiche come energia, materia e quantità di moto (nel seguito abbreviata in “qdm”) ma anche informazione. Il fenomeno di trasporto si pone, quindi, come un



Tab. 1

Ordine di complessità dei sistemi sede dei trasporti. Casi 1-4 trasporto interno in sistema omogeneo monofase, in caso 4 con duplice struttura fluidodinamica [4] e trasporto di tipo interfase. Casi 5-7 trasporto esterno. I numeri d'ordine che definiscono le varie "classi" dei trasporti rimandano ai sistemi di Fig. 1

| Sistema sede del trasporto (trasferimento/movimento di calore $\dot{Q}$ , materia $\dot{m}$ , qdm $m\dot{v}$ )                         | Costanti di sistema/equazioni caratteristiche (esempi)   |
|--|--|
| 1 corpo molecolare in stato di trasporto diffusivo (sistema unario, omogeneo monofase; solido, liquido o aeriforme)                    | coefficienti di conduzione di $Q, m, mv$ :<br>$k$ (conducibilità termica), $D_{AB}$ (diffusività, di $A$ in $B$ ), $\mu$ (viscosità) [1];<br>eq. costitutive fondamentali: di Fourier ( $\dot{Q}$ ), di Fick ( $\dot{m}$ ), di Newton ( $m\dot{v}$ ) |
| 2 corpo fluido in stato diffusivo e movimento laminare (sistema unario, omogeneo monofase; liquido o aeriforme)                        | coefficienti "compositi" di conduzione di $Q, m, mv$ :<br>$k_b, D_b, \mu_b$ [2]; es. eq. di Poiseuille, $\mu_b = r^2/8\mu$ coefficiente di conduzione di volume ( $\dot{V}$ ) [2]  |
| 3 corpo fluido in stato convettivo e movimento turbolento (sistema unario, omogeneo monofase; liquido o aeriforme)                     | coefficienti "compositi" di conduzione di $Q, m, mv$ :<br>$k_b, D_b, \mu_b$ [3];<br>es. eq. di Darcy-Weisbach, $\mu_b = \sqrt{4r/f_p}$ coefficiente di conduzione di volume ( $\dot{V}$ ) [3]  |
| 4 corpo fluido in contatto fluido/solido con strato limite interfase (sistema unario bi-strutturato fluido/strato limite a parete) [4] | coefficienti di adduzione o di scambio superficiale [5]:<br>$h$ (adduzione termica convettiva);<br>es. eq. termofisica di Newton, $\dot{Q} = f(h; T_1, T_2)$   |
| 5 sistema di 2 fasi con contatto interfase (es. sistema binario tri-strutturato fluido/strato limite a parete/parete) [1]              | coefficiente globale di scambio convettivo-conduttivo [5]:<br>$K = K(h, k)$ ;<br>eq. globale di scambio tecnica di sistema, $\dot{Q} = f(K; T_1, T_2)$   |
| 6 sistema macroscopico di 2 oggetti con interazione di irraggiamento (sistema ternario $E/aria/R$ ) [7]                                | coefficiente globale di scambio radiativo [5]:<br>$K = K(\sigma, \epsilon_1, \epsilon_2, A_1, A_2, F_{12})$ [7];<br>eq. globale di scambio tecnica di sistema, $\dot{Q} = f(K; T_1, T_2)$  |
| 7 sistema macroscopico multi-fasico a geometria reale e a più parti componenti (sistema polinario $E/R' \dots R''$ ) [8]               | coefficiente globale di scambio termico [5]<br>$K = K(k_1, \dots, k_n, \dots, k_n)$ per $n$ pareti oppure $K = K(h_1, \dots, k_n, h_2)$ per $n$ pareti e 2 fluidi;<br>eq. globale di scambio tecnica di sistema, $\dot{Q} = f(K; T_1, T_n)$          |

<sup>1</sup>Dipendenza di ogni costante dalla coppia di variabili  $(T, x)$ , con  $x_i$  = variabile simbolica rappresentativa della composizione molecolare del sistema; teoria dei fenomeni cinetici molecolari.

<sup>2</sup>Costanti dipendenti dalle condizioni di moto laminare  $f$  realizzate, e dalle dimensioni geometriche dei corpi-sistema coinvolti. Caso esemplificativo del trasporto di  $mv$  (misurato come portata di volume  $V$ ) in una tubazione a geometria di sezione circolare di raggio  $r$ .

<sup>3</sup>Costanti dipendenti dalle condizioni di moto turbolento  $f$  realizzate, e dalle dimensioni geometriche dei corpi-sistema coinvolti. Caso esemplificativo del trasporto di  $mv$  (misurato come portata di volume  $V$ ) in una tubazione a geometria di sezione circolare di raggio  $r$ .  $f = f(\epsilon, Re, \nu)$  è il fattore di attrito dove  $\epsilon$  = scabrezza ed  $Re = \rho v D / \mu$  essendo  $v$  = velocità lineare e  $\rho$  = densità del fluido.

<sup>4</sup>Sistema monofase di fluido omogeneo ma con interazione binaria di interfaccia fluido/parete e duplice "struttura fluidodinamica": nocciolo in moto turbolento (trasporto in stato convettivo) e strato limite a parete in moto laminare (trasporto in stato diffusivo).

<sup>5</sup>Caso del trasporto/scambio termico ( $\dot{Q}$ ), coefficiente di proporzionalità globale in quanto esteso a tutto il circuito ed alle sue caratteristiche, anche dimensionali geometriche (es. spessori degli strati) oltre che costitutive dei materiali ( $h, k$ ), cinetiche di movimentazione etc.

<sup>6</sup>Sistema macroscopico di "corpo fluido e corpo-parete" in mutuo contatto, a geometria piana o curva, configurazione elementare dello scambio termico o materiale diffusivo; fluido considerato, come nel caso precedente, come un sistema unario ma bi-strutturato "nocciolo-strato limite".

<sup>7</sup> $E$  = corpo emittente,  $R$  = corpo ricevente,  $\sigma$  = costante di Stefan-Boltzmann,  $\epsilon_i$  = emissività,  $A_i$  = superficie,  $F_{12}$  = fattore di vista reciproca.

<sup>8</sup>Pareti piane o curve accoppiate in serie, con eventuali fasi fluide a contatto ai limiti (fluidi ambientali interno ed esterno, separati da più pareti divisorie); es. scambiatori tubolari coassiali e pareti contenitive a più strati di apparecchiature come forni o frigoriferi o di magazzini coibentati etc.

bilancio sul trasferimento di una grandezza fisica all'interno del sistema o attraverso il suo contorno.

Questi modelli assumono la forma di equazioni differenziali da integrare nello spazio e nel tempo. In genere, contenendo un numero di variabili superiore al numero di equazioni, essi hanno la necessità di "chiudersi" con ulteriori equazioni costitutive. Queste,

unite al generico bilancio di conservazione, sono interpretabili come la specializzazione del bilancio per il particolare sistema in esame, ovvero di come esso deve essere considerato quale mezzo fisico in cui avviene il trasporto. Le equazioni costitutive sono quindi espressioni di modelli di comportamento degli elementi costituenti il sistema; che può essere un mezzo continuo o

discontinuo, lineare o non lineare, anisotropo o isotropo, dispersivo nel tempo o nello spazio, omogeneo o disomogeneo nello spazio, stazionario (omogeneo nel tempo), spazialmente o temporalmente non dispersivo etc., con più possibili combinazioni di queste caratteristiche.

### La formalizzazione dei sistemi in "trasporti" e "grafi"

Dal momento che le OU comprendono lo studio dei fenomeni di trasporto, nelle Tab. 1 e 2 ne è esemplificata l'organizzazione. Si potrebbe aprire un'ampia discussione sui loro principi [3, 4], di cui le due tabelle tuttavia condensano alcuni concetti necessari per dare continuità alla discussione.

La Tab. 1 si riferisce ad alcuni esempi di sistemi (dal più semplice ed omogeneo, cioè monofasico molecolare; per la precisione la parte interna di un corpo omogeneo monofase) ed alla loro circoscrizione in relazione al tipo di trasporto, esemplificato con uno dei vari, possibili modelli matematici applicativi. La Tab. 2 pone in evidenza come un'apparecchiatura, in qualità di sistema fisico macroscopico (cfr. Tab. 1), possa essere studiata come sede di fenomeni di trasporto definibili sino al livello di sistemi unari e di trasporti monofasici; il livello di dettaglio dipendendo dal tipo di problema da risolvere. Ciò permette di associare ad ogni apparecchiatura il fenomeno di trasporto più caratteristico (colonna 2 in Tab. 2), o una loro combinazione.

La Tab. 1 elenca, in ordine di complessità, le situazioni più frequenti in tecnologia (= sistemi, sedi dei trasporti) unitamente ai loro contesti (= ambienti, promotori dei trasporti). Dai mono-sistemi (casi 1-3), strutturalmente più semplici ed omogenei, cioè molecolari, ai multi-sistemi o sistemi eterogenei "a molti corpi" (casi 5-7); con il caso 4 in posizione intermedia.

Per ciascuno di tali casi, e per ognuna delle 3 modalità di trasporto in cui essi possono presentarsi (energia, materia, qdm [3]), è possibile distinguere 2 principali caratteri descrittivi: equazioni di trasporto rappresentative o costitutive, ovvero "leggi di sistema", e costanti caratteristiche di sistema che vi compaiono. Con la precisazione che le corrispondenti equazioni da fenomenologiche (casi 1-4) diventano (casi 5-7) equazioni globali di trasferimento, di bilancio o

Tab. 2

Apparecchiature e trasporti, denominazioni generiche ed unità di misura. Differenziazione dei trasporti di materia in 5 "classi"

| Apparecchiatura                   | Trasporto                                  | Unità (SI)   |
|-----------------------------------|--|--|
| Movimentatore/Trasportatore/Mixer | qdm $m\dot{v}$                             | $\text{kg} \cdot \text{m} \text{ s}^{-2} = \text{N}$ |
| Scambiatore                       | calore $\dot{Q}$                           | $\text{kJ/s}$  |
| Separatore                        | materia "fisica" $\dot{m}$ [1]             | $\text{kg/s}$  |
| Reattore chimico                  | materia "chimica" $\dot{\nu}$ [1]          | $[\text{mol/l}]/\text{s}$                            |
| Reattore biochimico               | materia "micro-biologica" $\dot{N}$ [1, 2] | $[\text{unità}/\text{cm}^3]/\text{s}$ [2]            |
| "Convertitore/Separatore" [3]     | materia "particolata" $\dot{N}$ [1, 4]     | $[\text{unità}/\text{cm}^3]/\text{s}$ [4]            |
| "Convertitore/Condizionatore" [5] | materia "energizzata" $\dot{N}^*$ [1, 6]   | $[\text{unità}/\text{cm}^3]/\text{s}$ [6]            |
| Controllore, Regolatore [7]       | informazione $\dot{I}$ [8]                 | $\text{bit/s}$ [8]                                   |

<sup>1</sup> Solitamente con associazione di trasporti di qdm  $m\dot{v}$  e/o calore  $\dot{Q}$ .

<sup>2</sup> Unità microbiche, esattamente unità formanti colonia [UFC].

<sup>3</sup> Effetto solitamente duplice: i) di aggregazione per conversione microfisica di una fase dispersa (in dispersione) in una fase continua, con il generale intervento di agitazione meccanica temporizzata per favorire l'urto collisionale (es. effetti di coagulazione, coalescenza etc.), ii) seguito dalla separazione della fase continua dal mezzo disperdente.

<sup>4</sup> Unità numeriche  $N$  di particelle disperse in sospensione; se particelle polimeriche, di macromolecole disperse, espressione anche in unità chimiche di  $[\text{mol/l}]$ . Dimensioni da *micro-* a *nano-*.

<sup>5</sup> Contenitore entro cui viene attuato il trasporto o anche, semplicemente, l'ambiente generalizzato in cui esso viene lasciato attuare in condizioni controllate.

<sup>6</sup> Unità numeriche  $N^*$  del sistema energizzate (nuclei atomici, elettroni, atomi, molecole) in corso di attivazione ( $N \rightarrow N^*$ ) o di decadimento ( $N^* \rightarrow N$ ).

<sup>7</sup> Organi connettori di apparecchiature, attivi nella comunicazione fra le varie macchine e reattori dell'impianto.

<sup>8</sup> Unità elementari di informazione, codificate in alfabeto binario "0,1" [bit].

adimensionali, con soluzioni tecniche spesso presentate da insiemi di "curve-profilo" di variazione della temperatura, della concentrazione o della velocità di flusso nella sezione del corpo o del sistema dei corpi sede del trasporto, da usarsi come "abachi" computativi.

Le equazioni menzionate in tabella sono esempi fra quelle più semplici e note, derivate sotto determinate ipotesi semplificative e geometrie di sistema [3].

Le varie associazioni di corpi componenti ed i relativi scambi cui la tabella fa riferimento, possono essere formalmente rappresentati in termini rispettivamente di nodi e di connessioni [5], secondo il concetto di "grafo" di sistema [6]. Nella Fig. 1 sistemi di fasi e di parti fisiche di apparecchiature sedi dei trasporti, con nodi e connessioni sono schematizzati con circoli e frecce: sistemi unari, binari, ternari, polinari; non sono rappresentati, per semplicità, i possibili casi di feedback tra i nodi (reazioni come risposte "di ritorno",  $\leftarrow$ ). Naturalmente i corpi monofasici 1-4 sono sedi di trasporti interni: il circolo "R" in tratteggio evidenzia il corpo ricevente destinatario solo come superficie

di destinazione, senza effetto di interazione/"risposta" restituita sull'emittente "E".

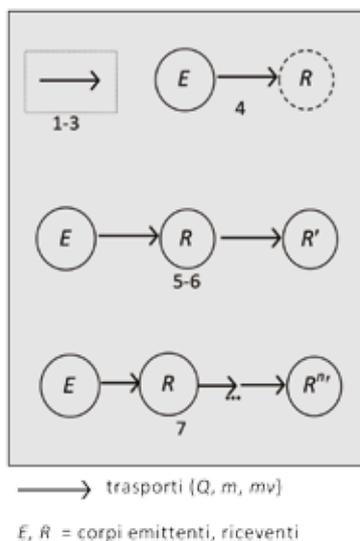


Fig. 1  
Sistemi tecnici come apparecchiature e materiali in essi contenuti, "cariche" e "prodotti", soggetti a trasporto e formalizzati come "grafi"

### Il caso delle industrie alimentari, farmaceutiche e biotecnologiche

Un caso particolare di strutturazione delle OU è quello delle industrie alimentari, farmaceutiche e biotecnologiche, nei cui processi, accanto a trasformazioni fisiche (i) e chimico-fisiche (ii), fondate sui fenomeni associativi o dissociativi dei "colloidi", avvengono contestualmente trasformazioni chimiche (iii) a carico dei costituenti nutrizionali/organolettici e farmacologici, insieme a trasformazioni biochimiche e microbiologiche (iv). Senza considerare la particolare valenza che in esse assume il controllo dei processi e quindi lo scambio/trasporto di informazione (v).

L'intero panorama delle OU coinvolte in tali processi può, conseguentemente, essere descritto con maggiore ampiezza applicativa quando, alla loro tradizionale associazione ai trasporti di materia, energia e qdm, si aggiungano i trasporti non-convenzionali di:

- a) materia "chimica" dai reagenti ai prodotti (trasformazione  $R \rightarrow P$ ), che riguardano la modificazione di sostanze alimentari, es. idrogenazione degli "oli" in "grassi", o accompagnano accidentalmente le OU fisiche di separazione oppure sono esemplificati nel decadimento conservativo (o formazione) dei componenti critici per la "vita di scaffale" del prodotto;
- b) materia "animata", precisamente materia "micro-biologica", dalla condizione iniziale di stato "vivo" a quella finale di stato "morto" o "inattivato" (trasformazione "living  $\rightarrow$  dead" o  $L \rightarrow D$ ), esemplificata dal decadimento microbiologico della popolazione microbica nella pastorizzazione e sterilizzazione, o, viceversa, dallo stato "latente-rarefatto" a quello "attivo-proliferato" dell'accrescimento, come in tutte le trasformazioni fermentative biotecnologiche;
- c) materia "particolata", esattamente allo stato dimensionale da "nano-" ( $\approx 10^{-9}$  m), ovvero polimerico-colloidale, a "micro-" ( $\approx 10^{-6}$  m), soggetta a trasformazioni di: i) conformazione polimerica con effetti di modificazione di attività funzionale (es. trasformazione termica enzima "stato nativo"  $\rightarrow$  enzima "stato denaturato", ovvero  $N \rightarrow D$ ); ii) aggregazione dallo stato disperso alla fase condensata, precipitata, affiorata, segregata etc., solitamente separata dal mezzo disperdente (es. floccu-



lazione, coalescenza, scrematura, agglomerazione, sinterizzazione, coagulazione, gelificazione, nucleazione, sedimentazione, reticolazione, polimerizzazione etc., ovvero trasformazioni  $nN \rightarrow N_n$ ;

d) materia "energizzata", dallo stato energetico "eccitato", es. nucleare di corpo "radioattivo" (emissione di radiazioni) o atomico-molecolare di corpo elettromagneticamente "irradiato" (assorbimento di radiazioni), magnetico di corpo "magnetizzato" (orientamento di domini magnetici), termico di corpo "caldo" (agitazione termica vibro-rotazionale) o meccanico di corpo "tensionato" ("energizzazione" dei legami in stato di stiramento o compressione), allo stato "fondamentale" rispettivamente di corpo nucleare o molecolare "decaduto", di corpo termico "freddo" in equilibrio termico ambientale o di corpo reologico "rilassato" viscoelasticamente nel suo stato di stress di forze di legame interne. Tali variazioni sono descrivibili come un formale trasporto delle unità fisiche energizzate  $N^*$  del sistema da un livello energetico all'altro ovvero come trasformazione di *rilassamento*  $N^* \rightarrow N + E$  delle corrispondenti popolazioni delle unità energizzate  $N^*$  in rilasciate  $N$  cioè dei numeri  $N^*$  di elementi del sistema (elettroni, nuclei, atomi, molecole, legami interatomici o intermolecolari) che "decadono" dai livelli superiori d'energia inizialmente occupati a quelli fondamentali di riposo/equilibrio (transizione nucleare, elettronica o vibro-rotazionale). L'effetto che ne consegue è quello di un graduale condizionamento del sistema iniziale verso uno stato finale, tecnologicamente conseguito in apparecchiature o ambienti generalizzati nel cui interno il materiale o prodotto viene volontariamente lasciato fino al raggiungimento di un determinato stato interno ovvero condizione macroscopica finale. Ne sono esempi tutte le OU in cui inizialmente vi è un trasporto di energia  $E$  nel sistema, assorbita e riemessa dalle popolazioni delle sue "particelle" considerate in veste di "oscillatori" quantistici o meccanici capaci di eccitarsi (e diseccitarsi, dopo eventuale modificazione chimica o fisica; es. fotolisi, termolisi etc.) ora al calore, ora alle radiazioni elettromagnetiche, ora alle differenze di potenziale elettrico o

magnetico, ora alle forze cinetico-meccaniche: trasformazione per energizzazione  $N + E \rightarrow N^*$ ;

e) informazione scambiata fra sorgenti emittenti e riceventi ( $E \rightarrow R$ ) di variabilissima natura, nei processi di regolazione, controllo, comando, decisione etc., chiaramente "non-materiali" ma che pervadono profondamente tutti gli step produttivi convenzionalmente intesi. Un vero e proprio "dialogo" fra le macchine, con invii di segnali informativi e associate risposte comportamentali di modifica. Processi ricorrenti nei vari circuiti elettrici, pneumatici, meccanici etc. dell'impianto, strutturati nella sequenza "sensori  $\rightarrow$  unità di controllo  $\rightarrow$  attuatori", integranti il vero e proprio processo fisico di produzione. Tale trasporto, essendo sostanzialmente l'informazione una forma di energia, esattamente "di organizzazione", ricade in quello di energia, ma con connotazioni del tutto particolari.

#### Aspetto duale dei "trasporti": da condizioni nello spazio a trasformazioni nel tempo

Nei casi a-d) trasporti intesi come virtuali trasporti nel tempo anziché nello spazio, ossia trasformazioni di stato in divenire. Metaforici "passaggi" di certe parti strutturali "a" del sistema in altre "b", intesi come virtuali "cammini" o più concretamente trasformazioni di gruppi di sue popolazioni, dallo stato/condizione "a" a "b" (simbologia della trasformazione  $a \rightarrow b$ ); con una particolarità: che nel caso d) il vero e proprio trasporto associato è in realtà una perdita (rilassamento,  $OUT \uparrow$ ) o guadagno (energizzazione,  $IN \downarrow$ ) di energia interna  $E$  del sistema, gradualmente scambiata con l'esterno (simbologia generale dell'interazione  $a \rightarrow b \pm E$ ).

Nel caso e), invece, trasporti intesi nel senso proprio di "trasmissioni", ma di un'entità, l'informazione, con il carattere appunto dell'energia, e tutta da definire; in questo caso sono tuttavia anche riconducibili i casi a-d) per quanto riguarda gli scambi di energia che accompagnano le trasformazioni, interpretati a livello microscopico: in parte come forme convenzionali di "entalpia" (calore, energia luminosa, energia potenziale meccanica di legame chimico etc.), ma in parte anche come "entropia" o appunto

informazione microscopica organizzativa/disorganizzativa della struttura interna del sistema. Sotto questi vari aspetti le classi dei trasporti salgono ad 8, ed è allora possibile presentare una più completa descrizione non solo delle stesse OU ma anche delle classi delle apparecchiature cui esse sono riferibili, normalmente riscontrabili negli impianti, con specificazione dei trasporti attuati (Tab. 2).

#### Reattori "ambientali"

Nella pratica delle lavorazioni alimentari rientrano, a pieno titolo, anche trasformazioni "di lungo periodo", industrialmente effettuate in condizioni ambientali termogrometriche e talvolta anche chimiche e microbiologiche accuratamente controllate (apporti/rilasci da contenitori o da contaminazioni accidentali, inoculi mirati etc.), in cui i prodotti stazionano per tempi altrettanto controllati in vere e proprie "camere" di condizionamento.

Sono queste le varie operazioni di maturazione, stagionatura, cantinaggio, invecchiamento, irraggiamento/insolazione, affumicamento etc. o anche di semplice magazzino e, finanche, di distribuzione "a catena controllata" fino al consumo. In questi casi il prodotto è soggetto, come in un vero e proprio "reattore ambientale" fisico, chimico o microbiologico a "lento effetto", alla sovrapposizione combinata di trasformazioni appunto chimiche, microbiologiche (di "materia vivente") e fisico-microscopiche (di "materia particolata o energizzata", casi c-d), nelle quali il trasporto avviene nei termini di metafora di "passaggio" di stato/condizione fra le parti del sistema e con modalità già anticipate. Cioè secondo leggi di trasporto che ora sono le tradizionali equazioni della "cinetica" chimica, microbiologica o radiativa, con trasporti virtuali "reagente  $\rightarrow$  prodotto"  $A \rightarrow B$  che avvengono in "transitorio" nei volumi dei corpi trasformati anziché *attraverso* le loro superfici, e con costanti di sistema rappresentate dalle corrispondenti costanti cinetiche  $k_A, k_B$ :

$$\dot{C}_A = -k_A C_A^n; \text{ consumo di } A$$

$$\dot{C}_B = k_B C_B^n; \text{ formazione di } B, \text{ vincolata dalla}$$

quantità di  $A$

con  $C_A = n_A/V$  concentrazione della specie chimica, o microbica o particolata, che si consuma

o esaurisce e  $\dot{c}_B$  quella che si produce o forma. Con formale estensione, quindi, anche alle trasformazioni microbiologiche o fisico-microscopiche, sede in effetti di variazioni numeriche non già di popolazioni di molecole ma di microrganismi o di "particelle"; con leggi e costanti cinetiche formalmente corrispondenti (es. cinetiche di accrescimento e decadimento esponenziali):

$\dot{N}_A = -k_A N_A^n$ ; consumo di *A* in ambiente ostile, decadimento ("morte" delle popolazioni)  
 $\dot{N}_A = k_A N_A^n$ ; formazione di *A* vincolata dalle risorse, accrescimento ("vita" delle popolazioni)

**Un trasporto non-convenzionale: l'informazione**

Nell'ambito delle OU critiche per le lavorazioni, accanto a quelle convenzionali di trasporto di materia, energia e qdm, sono da considerarsi anche quelle non-convenzionali di trasporto dell'informazione. Propriamente trasmissione emittente/ricevente "E-R" o "E → R": trasporto in effetti bidirezionale o comunicazione (↔), con possibilità di moltiplicazione dei centri di scambio da semplici unità binarie in polinarie, come da schema di caso 4 in Fig. 1 (= unità minima di comunicazione, formalizzata come "grafo" elementare binario) a schemi multicentrici di casi 5-7 completati tuttavia da reazioni di ritorno ("risposte"←) alle azioni originarie (se-

gnali→). La cui importanza sta nell'affiancare e governare in modo essenziale le OU convenzionali di natura strettamente fisico-materiale, integrandole nella pratica conduzione di processo.

L'informazione, ora esaminata alla scala di comunicazione comunemente intesa, si presenta nella veste non già di entità microscopica configurazionale (= entropia strutturale, organizzativa di sistema) bensì macroscopica di informazione tecnica operativa (= istruzioni, comandi, procedure/protocolli, modalità operative/esecutive, decisioni etc.).

La considerazione del trasporto di tali informazioni, scambiate nei processi non-materiali, ma "reali" in quanto effettivamente prodotti sia interni alle macchine e agli impianti che nelle organizzazioni e tra i singoli soggetti in esse operanti, consente la loro formalizzazione e ben definita identificazione tecnica [7]. L'informazione, pur nella sua natura essenziale di quantità "non-materiale", gioca infatti un ruolo dominante in tutte le attività di regolazione/controllo impiantistico, di gestione tecnica della garanzia di qualità, sicurezza e tutela ambientale/sanitaria, e di ottimizzazione decisionale dei percorsi dei flussi materiali, sia interni all'impresa (layout produttivo) che esterni (logistica distributiva) [8]. Non senza giocare un ruolo centrale anche nelle procedure di valutazione sensoriale delle materie prime in ingresso e dei prodotti finiti in usci-

ta, messe in opera da soggetti percettori a ciò dedicati (assaggiatori, panelisti, sommelier). L'approccio così delineato, sulla base della teoria dell'informazione, consente di definire in termini "unitari" operazioni che, apparentemente, sembrano esulare da ogni criterio di classificazione che le differenzi, sebbene esse siano in realtà fondate su principi e meccanismi comuni; nel caso in esame trattasi della caratteristica comune di "fenomeno di trasporto" dell'informazione *I*, con i connotati dei meccanismi della comunicazione tecnica [9].

In Tab. 3 si presenta un prospetto delle diverse modalità con cui può avvenire tale trasporto, atteso che esso è generalmente discontinuo con *n* segnali cadenzati nel tempo *t* come singole "autovetture" in corsa lungo un circuito stradale [10], con velocità del trasporto sul circuito di comunicazione pari alla loro frequenza di trasmissione:

$\dot{I} = I/t$ ; portata/"flusso" di informazione unità [I]/tempo  
 $v = n/t$ ; frequenza/"flusso" di trasmissione unità [I]/tempo

Tale velocità, per l'informazione  $\dot{I}_R$  recepita da *R* (portata  $\dot{I}_R$ ), è condizionata/vincolata da quella  $I_E$  di codificazione e invio del messaggio da parte dell'emittente *E* (codifica di sorgente, trasmissione sul canale) e di decodificazione da parte di *R*; la "cadenza" di trasmissione è naturalmente fluttuante, in relazione alla natura di *E*, per es. funzionalità specifica e potere emissivo, ed alla "pressione" del contesto *A* su entrambi *E* ed *R* che può condizionarne l'"urgenza" o meno dello scambio.

Circa le specie di tali informazioni prevalgono quelle di comando/istruzione e scelta/decisione, con contenuti e finalità di regolazione/controllo, pianificazione e programmazione. Il segnale trasmesso, se analogico, propagatosi "per onde", può assumere con continuità qualunque valore e l'informazione viene direttamente impressa su una qualche grandezza caratteristica del segnale (onde sinusoidali, caratterizzate in ampiezza, fase, forma/profilo etc.); al contrario, se digitale o numerico, propagantesi "per proiettili", l'informazione è codificata mediante un insieme di valori discreti o "unità minime" alfabetiche che il segnale può assumere (onde quadre "1 e 0", "passa e non-passa", "Sì e NO" e simili).

**Tab. 3**  
 Canali e segnali di trasmissione ricorrenti nelle OU di trasporto dell'informazione

| Conduttore/mezzo della trasmissione        | Vettore fisico del segnale   |
|--|--|
| Supporto cartaceo                          | segni scrittografici (segnali visivi impressi come "tratti" su norme, rapporti, documenti, avvisi)   |
| Filo conduttore metallico                  | onde elettriche di corrente: continue o "quadre" (impulsi)   |
| Fibra conduttrice ottica                   | onde luminose canalizzate (elettromagnetiche)  |
| Aria<br>Aria "vuoto"<br>Fluido canalizzato | onde meccaniche sonore (segnali fonici/audio)<br>onde radio (elettromagnetiche): continue o "a picchi" (impulsi)<br>onde meccaniche pressorie (segnali pneumatici) |



## BIBLIOGRAFIA

- [1] A.D. Little, Report to the President of the Massachusetts Institute of Technology, 1915; in J.W. Servos, The Industrial Relations of Science: Chemical Engineering at MIT, 1900-1939, *Isis*, 1980, **71**(4), 531.
- [2] W.H. Walker *et al.*, Principles of Chemical Engineering, McGraw-Hill, New York, 1923.
- [3] R.B. Bird *et al.*, Fenomeni di Trasporto, a cura di E. Sebastiani, Casa Editrice Ambrosiana, Milano, 1970.
- [4] W.L. McCabe, J.C. Smith, Unit Operations of Chemical Engineering, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, New York, 1976.
- [5] G. Grasso, *Chimica e Industria*, 2012, **93**(2), 114.
- [6] Breve introduzione alla Teoria dei Grafi, in <http://www.dmi.unict.it/~gquattro/...2/teoria%20dei%20grafi%20no.pdf>
- [7] G. Grasso, Trasporto di informazione e formalizzazione delle proprietà non-materiali degli oggetti d'uso e consumo, Atti X Cong. AISC, Vol. 2, ISSN 2282-6009, pp. 145-155, Napoli, 2013.
- [8] G. Grasso, *Qualità, Rivista dell'AICQ*, 2004, **34**(6), 53.
- [9] Compendio di teoria della comunicazione, in [http://www.ueonline.it/contributi\\_news/teoria\\_della\\_comunicazione.pdf](http://www.ueonline.it/contributi_news/teoria_della_comunicazione.pdf)
- [10] Teoria dei segnali. Introduzione. La comunicazione in <http://www.fermi.mo.it/~loar/mysito/Download/Telecomunicazioni4/Teoria%20dei%20Segnali%2001.pdf>

GIANNI GRASSO<sup>a</sup> - GENNARO BUFALO<sup>b</sup>

<sup>a</sup>SCUOLA DI SCIENZE AGRARIE  
(DOCENTE ESTERNO)  
UNIVERSITÀ DELLA BASILICATA

<sup>b</sup>INAIL SETTORE RICERCA - NAPOLI

G.BUFALO@INAIL.IT

## The Unit Operations of Food, Pharmaceutical and Biotech Industries between Traditional and non-Traditional Transports

This paper focuses on the un-usual unit operations based on virtual transports through time (kinetics) rather than in space (physical conduction of matter, energy and momentum). Transports of chemical matter (changing molecules), particulate matter (aggregating or disaggregating colloids), energized matter (arising or decaying excited particles), animated matter (growing or dying microorganisms) and information (macroscopic change of energy of information). This extension and a proper use of the "graph" concept allows to represent plant equipments (machineries, reactors etc.) in a systematic view, as systems crossed by these transports.

## VETRINA SCI

In questa vetrina vengono posti all'attenzione dei Soci diversi oggetti, alcuni dei quali sono eleganti segni di appartenenza alla nostra Società che divengono così una sorta di "Segno del Chimico", fortunatamente meno cruento e doloroso di quello descritto da Primo Levi.

Gli articoli qui illustrati si prestano inoltre molto bene ad essere utilizzati come doni in occasione di convegni, accoglienza di ospiti stranieri, premiazioni.



### Distintivo SCI

Le spille in oro ed in argento con il logo della SCI sono ben note a tutti e sono spesso indossate in occasioni ufficiali ma sono molti i Soci che abitualmente portano con orgoglio questo distintivo.

La spilla in oro è disponibile, tramite il nostro distributore autorizzato, a € 40,00.

La spilla in argento, riservata esclusivamente ai Soci, è disponibile con un contributo spese di € 10,00.



### Francobollo IYC 2011

In occasione dell'Anno Internazionale della Chimica 2011 la SCI ha promosso l'emissione di un francobollo celebrativo, riportato nella figura accanto (bozzetto originale del Socio Giorgio Cevasco). Il francobollo, in cui compare il logo della SCI, è stato emesso il giorno 11 settembre 2011 in occasione dell'apertura dei lavori del XXIV Congresso Nazionale della SCI di Lecce. Il Bollettino Informativo di Poste Italiane relativo a questa emissione è visibile al sito [www.soc.chim.it/sites/default/files/users/gadmin/vetrina/bollettino\\_illustrativo.pdf](http://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/gadmin/vetrina/bollettino_illustrativo.pdf)

Un kit completo, comprendente il francobollo, il bollettino informativo, una busta affrancata con annullo del primo giorno d'emissione, una cartolina dell'Anno Internazionale della Chimica affrancata con annullo speciale ed altro materiale filatelico ancora, è disponibile, esclusivamente per i Soci, con un contributo spese di 20 euro.

### Foulard e Cravatta

Solo per i Soci SCI sono stati creati dal setificio Mantero di Como ([www.mantero.com/](http://www.mantero.com/)) due oggetti esclusivi in seta di grande qualità ed eleganza: un foulard (87x87cm) ed una cravatta ripresi nell'immagine accanto, che comunque non rende appieno la bellezza degli oggetti. In oltre 100 anni di attività, Mantero seta ha scalato le vette dell'alta moda, producendo foulard e cravatte di altissima qualità, tanto che molte grandi case di moda italiana e straniera affidano a Mantero le proprie realizzazioni in seta. Tra i moltissimi nomi vale la pena citare Kenzo, Cacharel, Emilio Pucci, Celine, Christian Lacroix, Calvin Klein, Trussardi, Nina Ricci, Ermanno Scervino.

Sia sulla cravatta che sul foulard è presente un'etichetta che riporta "Mantero Seta per Società Chimica Italiana" a conferma dell'originalità ed esclusività dell'articolo. Foulard e cravatta sono disponibili al prezzo di 50 euro e 30 euro, rispettivamente, tramite il nostro distributore autorizzato.

Per informazioni e ordini telefonare in sede, 06 8549691/8553968, o inviare un messaggio a [simone.fanfoni@soc.chim.it](mailto:simone.fanfoni@soc.chim.it)