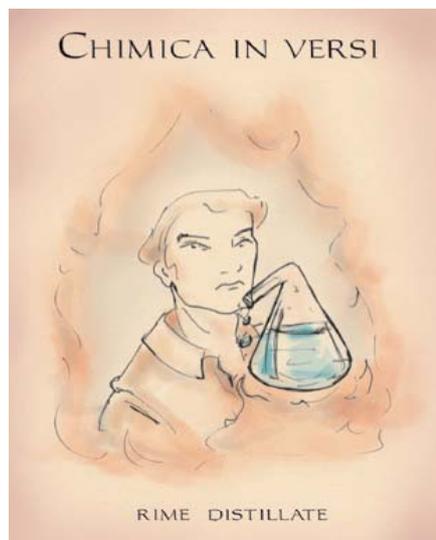


# L'importanza culturale della chimica



Quando la chimica ispirava la poesia. Liberamente tratto dalla copertina di un libro di inizio Novecento

In quest'articolo s'intende mostrare il substrato culturale della chimica e la sua importanza per tutta la scienza. Che vi sia un aspetto culturale della chimica non è per niente scontato per due motivi. Per prima cosa per tutta la scienza in generale, e, quindi, per le sue discipline in particolare, non è da tutti dato per assodato che esse siano qualcosa di più che "tecniche" e che si possa parlare di "cultura".

Questo modo di ragionare si scontra con un mondo che dipende sempre più dalla scienza e dalla tecnica fino al punto che, nel bene o nel male, esso appare "ingabbiato" in questi ambiti [1]. Su questo problema generale non entreremo in nessun modo in questo lavoro, dando per assodato che la scienza è una parte rilevante della cultura moderna. Esiste poi un secondo motivo che potrebbe portare ad una chimica senza substrato culturale: le discipline come divisioni convenzionali e la sostanziale importanza solo a livello storico delle specifiche discipline scientifiche. Qualche cenno su questo punto è

G. Villani, Istituto per i Processi Chimico-Fisici (IPCF) del CNR - Pisa. villani@ipcf.cnr.it

di Giovanni Villani

*Lo scopo di questo lavoro è di trovare il substrato culturale della chimica e di mettere in evidenza l'importanza di questo aspetto per tutta la scienza. Questo è fatto in un'ottica non-riduzionista della scienza, dove ogni disciplina ha uno specifico approccio epistemologico e alcuni caratteristici aspetti culturali. Mostro e sottolineo l'immagine chimica del mondo che emerge da tale substrato culturale e paragono questo quadro "complesso" a quello della biologia e al "semplice" mondo della fisica.*

invece parte integrante di questo lavoro. La chimica è una disciplina complessa e come tale presenta molti aspetti. Il principale è senz'altro la sua "produzione" materiale, i suoi "prodotti", che hanno modificato e modificano la nostra vita quotidiana. Quest'aspetto essenziale è ben presente sia in chi critica questa disciplina sia in chi la vuole difendere. Molto meno considerato è, invece, l'aspetto culturale sotteso alla chimica e a volte, anche in ambito chimico, non riconosciuto o trascurato.

Io credo che dalla sua mancata valorizzazione possono venire problemi generali per la nostra disciplina. Inoltre, tali aspetti culturali potrebbero essere usati come arma di difesa, non nell'immediato e nello specifico, ma in tempi medio-lunghi e in generale, dagli attacchi concentrati cui è sottoposta ogni giorno la chimica. Prima di passare ad analizzare il substrato culturale della chimica spendiamo poche parole sull'importanza di una scienza divisa in discipline. Credo che ce ne sia bisogno perché ormai, anche nello stretto ambito scientifico, sta passando l'idea che le discipline sono pure convenzioni.

## Riflessioni sulla chimica e dintorni

Con questo titolo si è svolta a Forlì lo scorso marzo una riunione dai cui lavori sono idealmente tratti gli articoli che seguono, riuniti a costituire una trilogia di riflessione sulla nostra disciplina. Tale riunione, pubblicata sulla SCI-list, ha visto la partecipazione di numerosi studiosi d'ambito chimico e, soprattutto, ha coinvolto tutti i molteplici aspetti della nostra disciplina: dalla storia all'industria chimica, dalla didattica alle varie aree disciplinari. Dai lavori di tale riunione sarà tratto un libro edito dalla Rai-Eri, che dovrebbe uscire entro l'anno. Uno degli scopi di quella riunione era di innescare un dibattito interno alla chimica su questi temi generali e questa nota, e i tre lavori che seguono, possono concorrere a questo scopo.

Ritorniamo alla riunione di Forlì. Tale riunione è stata organizzata dall'associazione "Nuova civiltà delle macchine" che ha, nei fatti, dimostrato un'apertura mentale non comune indirizzandosi anche ad una disciplina, come la chimica, percepita come "altamente negativa" dall'opinione comune. Di questo voglio pubblicamente ringraziare il suo coordinatore Iginio Zavatti. Dell'organizzazione scientifica ci siamo occupati Pietro Greco, giornalista scientifico, ed io. La compresenza sia del mondo della ricerca sia di quello della comunicazione è un aspetto rilevante non solo per questa riunione, ma anche per un dibattito generale sulla chimica e va sottolineata.

La riunione ha avuto uno svolgimento atipico. Non vi sono state le numerose comunicazioni di varia forma e grandezza che sono tipiche dei nostri congressi e workshop. Dato il tema, si è preferito dare la massima rilevanza alla discussione. Per fare ciò sono state tenute solo due comunicazioni, se tali si possono chiamare, incentrate sulle radici storiche e la specificità della nostra disciplina (Luigi Cerruti, Università di Torino) e sull'attualità e le prospettive della ricerca chimica (Vincenzo Balzani, Università di Bologna). Ringrazio ambedue gli oratori per l'onere che si sono assunti nel trattare non tanto le loro ricerche specifiche, ma nel portare in primo piano i temi generali della discussione. L'introduzione è stata svolta dal sottoscritto. Non si è ritenuto, invece, di fare delle Conclusioni, considerando che questa riflessione non terminava in quella sede, ma proseguiva con altri mezzi, come per esempio questi lavori su *La Chimica e l'Industria* e il successivo volume della Rai.

Giovanni Villani  
Istituto per i Processi Chimico-Fisici (IPCF) del CNR

## Una visione non convenzionale delle discipline scientifiche

Oggi in ambito scientifico si verificano due fenomeni per certi versi opposti riguardo alle discipline e al loro fondamento. Da un lato, lo specializzarsi sempre più del lavoro crea divisioni su divisioni, portando alla nascita di sotto discipline scientifiche sempre meno ampie; dall'altro, alcuni campi di lavoro pretendono di essere nuove discipline, se non di sostituire del tutto le vecchie discipline. Esempi, noti anche al vasto pubblico, possono essere quelli di Scienza dei Materiali, Scienza ambientale, Ecologia ecc., campi in cui le vecchie discipline, quali fisica, chimica, biologia, ecc., entrano sicuramente in maniera determinante, ma mescolate in maniera tale che, secondo alcuni, sono praticamente fuse a creare qualcosa di nuovo. Si pone allora un problema: ha ancora senso una scienza divisa nelle usuali discipline o queste sono un residuo storico?

Se le discipline scientifiche non nascono da altro che dalla divisione della scienza per soggetti di studio esse sono sostanzialmente arbitrarie poiché i soggetti sono divisibili in molti modi. In quest'ottica, si può al massimo accettare un'importanza storica delle discipline scientifiche, intesa come la ricerca del momento d'affiliazione alla scienza delle precedenti non scientifiche branche del sapere. Vi è, quindi, l'elenco delle "rivoluzioni scientifiche" non per porre l'accento su cosa è cambiato all'interno della scienza con "l'inclusione" di un nuovo pezzo di sapere, ma dal punto di vista di un assorbimento da parte della scienza di nuovo materiale e, quindi, esclusivamente di un allargamento dell'area scientifica.

È il classico modello cumulativo in cui del materiale si aggiunge senza modificare né il precedente materiale né l'insieme. La tesi sostenuta in questo lavoro è che una disciplina scientifica non rappresenta solamente una divisione della scienza in funzione dell'argomento studiato, ma incorpora in sé un approccio, un modo tutto suo di studiare quell'argomento. È quest'approccio che differenzia le varie discipline, più che l'argomento di studio in sé.

È, infatti, possibile trovare argomenti uguali studiati in modo diverso da varie discipline. L'evidenziare l'approccio generale, sotteso alle discipline, consente di capire l'importanza della divisione della scienza; consente di sottolineare la non arbitrarietà di tale divisione, aspetto

difficile da contestare se tale differenziazione fosse dovuta solo all'argomento studiato; consente anche di respingere l'attacco odierno alle singole discipline scientifiche, considerate come dei reperi storici che, magari, hanno avuto una funzione in passato, ma che ora hanno esaurito il loro compito e sopravvivono solo come distinzioni in funzione di finanziamenti alla ricerca e posti di lavoro. Resta comunque aperto il problema se, una volta intese le discipline scientifiche come approccio epistemologicamente diverso, tutte le discipline (e le sotto discipline) attuali possono aspirare a tanta diversificazione.

### La chimica: crisi d'immagine o di sostanza?

Per evidenziare gli aspetti culturali della chimica, vorrei partire da due considerazioni, apparentemente contraddittorie, ma che in realtà sono due facce della stessa medaglia. Da un lato, nell'immaginario collettivo, la chimica è "negativa", "artificiale". L'aggettivo "chimica" aggiunto ad una sostanza la connota subito come "pericolosa", "da starnare alla larga", "da eliminare". L'opuscolo del Miur intitolato "La trappola chimica", e del quale si è parlato nelle scorse settimane, è da

questo punto di vista un ottimo indicatore. Esso, infatti, non rappresenta un attacco cosciente alla chimica, come ha ben precisato il ministro, e tuttavia, proprio perché non voluto, può rappresentare lo specchio ideale con cui l'opinione pubblica guarda alla nostra disciplina. Dall'altro lato la chimica è altamente "produttiva". Guardando alla sola produzione d'articoli scientifici nei venti anni studiati (1960-1979) quelli classificabili come "chimici" sono il doppio di quelli ascrivibili alla biologia e quattro volte quelli fisici. Inoltre, oggi nel mondo ci sono circa tre milioni di chimici e producono oltre un milione di nuove sostanze l'anno [2]. Si pone, allora la domanda: la chimica è in crisi o in tumultuoso sviluppo? A questa domanda si

può rispondere in molti modi. Si può, per esempio, accentuare uno dei due corni del dilemma (crisi o sviluppo) e dimenticare l'altro. Questi approcci non mancano di punti di forza, ma rischiano a mio avviso di non vedere il problema nella sua globalità.

Un altro modo facile di rispondere alla domanda è di considerare la supposta crisi solo un problema d'immagine della chimica, un prodotto del mondo della comunicazione di massa ed irritarsi con i suoi operatori (ah i giornalisti!) per le distorsioni che producono "all'immagine della chimica", dovute il più delle volte ad ignoranza e a pregiudizi.

Ovviamente c'è del vero nel fatto che il mondo della comunicazione spesso distorce gli aspetti chimici e contribuisce a generare quest'immagine negativa. Io credo, tuttavia, che questo problema sia più la conseguenza che la causa, più la febbre che la malattia.

*Immagine del chimico nella migliore delle ipotesi. Per immagini più negative basta rifarsi al Miur*



Esiste poi un modo diverso di considerare tale crisi: una crisi con aspetti d'immagine, ma con qualche so-

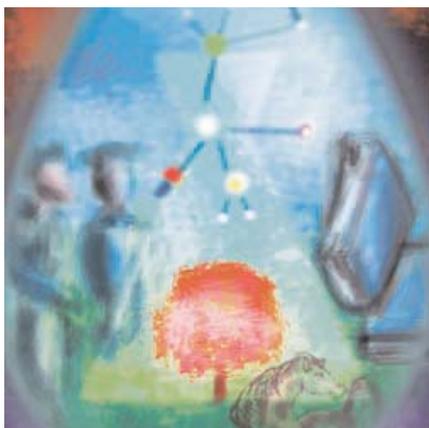
stanza, o supposta tale, da analizzare e capire se s'intende combatterla. In questo caso occorre entrare nel concreto corpo della chimica per capire se e dove esiste un qualche problema; occorre, quindi, ritornare agli aspetti più profondi sottesi alla domanda se vogliamo fare una riflessione a tutto tondo sulla chimica. Io credo che la chimica in quanto "tecnica chimica" sia effettivamente in pieno sviluppo e il suo approccio è diventato un "linguaggio" per altre discipline, come la biologia. E, tuttavia, la disciplina chimica, ridotta ad un insieme di tecniche, rischia di sparire. Dietro questo problema vi è quello dell'identità di tale disciplina, della sua specificità: un problema culturale. Per evidenziare gli aspetti culturali della chimica, che sono connessi alla crisi d'identità di tale disciplina, partiamo da lontano e dal generale.

## Riduzionismo e complessità: due opposte visioni della scienza

Esistono due visioni, per molti aspetti opposte per altri complementari, della scienza e del suo approccio al mondo materiale bene esemplificate dallo studio, nel significato più ampio attribuibile a questo termine, delle molteplici qualità del mondo che ci circonda e di ridurre o no questa molteplicità a semplicità e unitarietà. Da sempre, sul problema delle qualità, l'uomo si è posizionato, e spesso barricato, tra due opposte visioni. Da un lato, l'idea che la varietà del mondo che noi percepiamo con i nostri sensi è solo apparente e che nel profondo, sia in senso fisico sia figurato, la realtà è molto più semplice di quella che appare. Gli ingredienti di questa visione storicamente sono stati un mondo microscopico senza altre qualità se non quelle dell'esistenza, dell'imperturbabilità e dell'eternità e il movimento in tale mondo come spiegazione del divenire del mondo macroscopico. L'idea filosofica che ha presieduto a tale spiegazione del mondo e dei suoi eventi, nota con il nome di riduzionismo, è che, una volta conosciuti gli elementi ultimi della materia e le leggi che li governano, tutto il resto, dalla materia inanimata a quell'animata, dal pensiero umano a Dio, può essere spiegato nei loro termini essendo una loro, vicina o lontana, conseguenza.

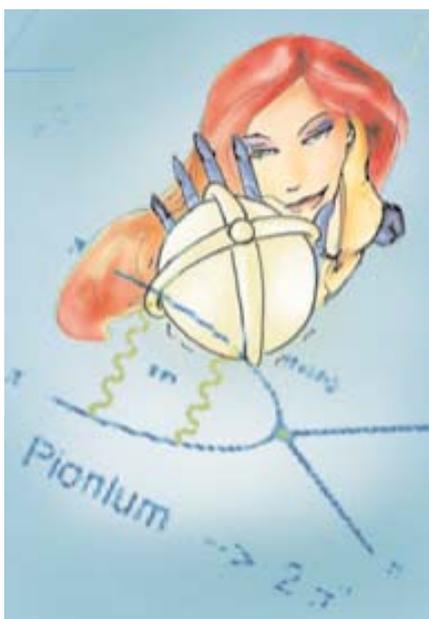
Nella visione riduzionista della realtà si possono storicamente posizionare molti aspetti della filosofia greca (si pensi a Democrito, ma non solo). È, tuttavia, con Galileo e la sua "rivoluzione scientifica", che la visione riduzionista del mondo è diventata il substrato unico della fisica e poi, con l'uniformarsi a questa visione di fondo d'altre discipline scientifiche (fino alle scienze umane), l'unica ed accetta impostazione scientifica.

Dall'altro lato, l'altra visione generale della realtà è che la complessità qualitativa del mondo macroscopico non è riducibile ad uniformità microscopica e che le qualità che noi vediamo nel mondo si debbano conservare, almeno in parte, a tutti i livelli anche nella realtà più profonda. Quest'ottica alternativa è stata chiamata olistica o della complessità e, sebbene il termine olistico sia recente [3], esso si riconnette a problematiche da sempre presenti nella riflessione filosofica. Io credo che la dizione non-riduzionista sia da preferire per marcare fin dall'inizio l'opposizione alla visione riduzionista. Naturalmente di questa visione del mondo ve ne



*Inanimato, animato ed umano:  
tutti nella stessa "goccia"*

sono molte versioni differenti, secondo quali e quante qualità macroscopiche sono state conservate nel mondo microscopico. Le accomuna comunque l'idea che delle qualità del mondo macroscopico se ne conservano nel mondo microscopico un numero tale da rendere impossibile una visione semplice della materia. Storicamente essa si riallaccia ad alcuni aspetti filosofici greci (Aristotele) e tale visione ha spesso coinciso con un approccio mistico o magico al mondo. Oggigiorno l'irriducibilità di molti sistemi a quelli semplici, trattati dalla fisica, ha acquistato aspetti nuovi con la nascita delle cosiddette "scienze della complessità" (caos, termodinamica di non equilibrio, complessità in economia, in meteorologia ecc.). Io ritengo che la chimica moderna, quale si è venuta sviluppando in



*Le mani seducenti della fisica  
sull'atomo e di lì sulla chimica*

questi ultimi due secoli dopo la rivoluzione di Lavoisier, possa essere vista come la disciplina scientifica che, recependo le istanze qualitative del mondo reale, ha saputo dare ad esse una risposta scientifica. È questo il substrato culturale della chimica che va portato alla luce ed evidenziato. Per trattare in dettaglio questi aspetti occorrerebbe ben altro spazio che un articolo. Per chi fosse interessato, tale argomento è stato da me largamente sviluppato nel libro *La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole* [4].

Va subito detto che sebbene la problematica riduzionismo-olismo è chiaramente presente nell'analisi sulla scienza, in ambito strettamente scientifico non esiste paragone tra queste due visioni e quelle riduzionista è largamente predominante. Spulciando la letteratura, per esempio [5], ci si rende conto che, mentre tra i filosofi della scienza, cioè tra chi riflette sulla scienza, la visione riduzionista ha esaurito in buona parte il suo fascino, per chi opera in ambito scientifico, oggi come due secoli fa, l'unica ottica possibile è considerata quella riduzionista. Fanno eccezione settori minoritari, ma emergenti, legati alle cosiddette "scienze della complessità". Il ritardo, in ambito strettamente scientifico, di un dibattito generale come questo non deve sorprendere. Sono tante le persone che lavorano nell'attiva ricerca scientifica a coltivare solamente specifici interesse settoriali, essenziali ma persi nel vuoto se non collegati agli altri interessi settoriali e alle problematiche più generali.

## Valore culturale della chimica in un'ottica non-riduzionista

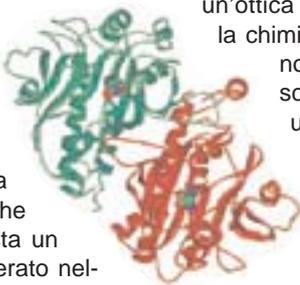
Le due visioni generali della scienza si riconnettono al valore culturale della chimica e alla sua specificità. In un'ottica riduzionista, non esistono discipline scientifiche particolari se non come "residui" storici che il tempo spazzerà via. La chimica è, quindi, uno di questi residui e il suo valore culturale non sta nella sua specificità, ma nel suo essere parte integrante della scienza.

Appropriata è a questo proposito la citazione della famosa frase di Dirac "...The underlying physical laws necessary for the mathematical theory of a large part of physics and the whole of chemistry are thus completely known and the difficulty is only that the exact application of these laws leads to equations much too

*complicated to be soluble. It therefore becomes desirable that approximate practical methods of applying quantum mechanics should be developed...*" [6].

In quest'ottica, quindi, la chimica, e in questo caso quella quantistica, non è altro che lo sviluppo di questi metodi approssimati e la loro applicazione ai problemi chimici, ben sapendo che lo sviluppo di calcolatori sempre più potenti sottrarrà sempre più spazio alla chimica rendendo risolubile *ab initio* sempre più problemi. In quest'ottica non appare strana il disorientamento di tanti chimici, soprattutto quelli più vicini a questi approcci (i chimici quantistici), che interrogati a proposito sostengono senza difficoltà apparente di sentirsi "dei fisici". Accanto a quest'ottica riduzionista abbiamo visto che si è sviluppata un'ottica alternativa.

Il punto principale, soprattutto rispetto alla problematica che stiamo esaminando, è che in quest'ottica non-riduzionista un sistema deve essere considerato nella sua globalità e non in termini delle parti che lo compongono. In ambito chimico quest'idea è applicabile sia nel piano macroscopico sia in quello microscopico. Nel piano macroscopico quest'ottica spiega l'insorgere del nuovo quando gli elementi si uniscono a formare un nuovo ente: il composto. Spiega bene perché le proprietà di un composto chimico non sono in relazione semplice con quelle dei suoi costituenti e perché, raramente, la conoscenza dei soli costituenti (formula bruta) può darci una ragionevole idea dell'attività chimica del composto. A livello microscopico, un'ottica non-riduzionista ci insegna a considerare la molecola nella sua globalità ed unità ed utilizzarla come tale nella spiegazione della realtà macroscopica. Il fatto che essa sia costituita da atomi non è certo negato, ma in nessun caso la molecola è un "aggregato d'atomi". La sua strutturazione è, infatti, fondamentale e il concetto di struttura diviene un termine chiave per capire la realtà macroscopica e microscopica. Questo spiega perché al contrario della formula bruta, una formula di struttura può fornire informazioni, seppure qualitative, sulle proprietà e sulla reattività delle molecole. In quest'ottica non-riduzionista si innesta bene la chimica e la sua specificità. Se il mondo macroscopico dei composti chimici è un mondo formato da milioni di attori individuali e la



tale proprietà, per esempio farmacologica, è esplicita da tale composto e solo da esso; se il mondo molecolare non è costituito da un "aggregato di atomi", ma da sistemi strutturati che hanno una tale unitarietà ed autonomia da meritare un nome proprio, allora la scienza che si identifica con il piano macroscopico delle sostanze pure (elementi e composti) e il piano microscopico degli atomi e delle molecole, e che utilizza questi enti come soggetti di spiegazione, acquista un'autonomia ed indipendenza che la rende irriducibile alle altre discipline scientifiche, ed in particolare alla fisica.

A questo punto, va sottolineato un altro aspetto importante e generale. In un'ottica non-riduzionista non solo la chimica acquista una sua autonomia, ma anche le altre discipline scientifiche trovano un loro posto e una loro autonomia. Per fare un altro esempio sempre vicino alle nostre problematiche, la biologia non si riduce a biochimica perché gli organismi sono qualcosa in più delle sostanze che li compongono: sono sistemi integrati e strutturati.

In un'ottica non-riduzionista il valore culturale della chimica non è solamente nella sua dissoluzione nel generale ambito scientifico, ma anche nella sua specificità. La chimica rappresenta il primo ed unico esempio in cui una scienza della materia inanimata ha ritenuto essenziale una pluralità di soggetti per spiegare il complesso mondo che ci circonda e tale pluralità si esplica tanto a livello macroscopico quanto in quello microscopico. Non sono solo i 92 elementi chimici, che pure sono stati storicamente la dimostrazione di un mondo non semplice, ma i milioni di composti a configurare un mondo materiale veramente complesso. A questo mondo qualitativamente differenziato sul piano macroscopico fa riscontro un analogo mondo microscopico altrettanto differenziato fatto d'atomi e molecole.

Di pari passo con il mondo animato, questi enti sono a tal punto individuali da necessitare di un nome proprio e una nomenclatura *ad hoc* per poterli identificare. E, tuttavia, nonostante i milioni di composti che la chimica identifica quasi tutto quello che ci circonda non rientra in questa categoria né quello disomogeneo a livello sensoriale, come la sabbia, né quello apparentemente omogeneo, come il vino, l'olio ecc.

## Conclusioni

In questo lavoro si è individuato un substrato culturale per la chimica e lo si è proposto, in un'ottica non-riduzionista, come valore culturale per tutta la scienza. Infatti, la presenza di un tale substrato rappresenta una ricchezza concettuale da valorizzare ed evidenziare, non per contrapporla alle altre discipline e all'unitarietà della scienza, valore da tenere sempre presente, ma per rivendicare una scienza fatta di prospettive diverse e d'approcci differenti: una scienza "plurale".

L'immagine del mondo materiale che ci fornisce la chimica è di un mondo tumultuoso altamente complesso che non ha niente a che vedere con il semplice mondo della fisica fatto di punti materiali e oggetti senza attrito (e per questo senza nomi) e somiglia molto di più al mondo biologico con specie e problemi di classificazione e nomenclatura. La chimica diventa, quindi, il vero collegamento tra il mondo inanimato e quello animato, consentendo un passaggio "morbido" dal "semplice" mondo della fisica al "complesso" mondo biologico. Inoltre, nella stessa ottica dell'autonomia della chimica si esplicano anche le altre autonomie disciplinari e, quindi, viene a cadere la divisione assoluta del mondo in inanimato e animato (tra la fisica e la biologia, senza spazio alcuno per discipline intermedie), per essere sostituito da un mondo diviso in molti livelli in cui possono trovare spazio e autonomia più discipline scientifiche.

## Bibliografia

Le immagini 1-4 sono state realizzate da Chiara Passaro

- [1] U. Galimberti, *Psiche e techne. L'uomo nell'età della tecnica*, Feltrinelli, Milano, 2002.
- [2] J. Schummer, *Hyle*, 1997, **3**, 81.
- [3] Il termine "olismo" è stato introdotto da J.C. Smuts nel 1926: J.C. Smuts, *Holism and Evolution*, N.&S., Cape Town, 1987.
- [4] G. Villani, *La chiave del mondo. Dalla filosofia alla scienza: l'onnipotenza delle molecole*, CUEN, Napoli, 2001.
- [5] AA.VV., *Scienza e realtà. Riduzionismo e antiriduzionismo nella scienza del Novecento* (a cura di G. Peruzzi), Bruno Mondadori, Milano, 2000.
- [6] P.A.M. Dirac, *Proc. Roy. Soc. (London) A*, 1929, **123**, 714.