



# Un linguaggio comune nelle scienze? Alcune esperienze di vita accademica

GIUSEPPE ZERBI

## 1. Summary

An attempt is presented of an analysis of the problems on how to achieve the “interdisciplinarity” essential in the development of Science today. The focus is on Material Science. Examples of “human behavior in real scientific life” vs. “ideal principles” are offered and discussed.

## 2. Riassunto

Viene proposta una analisi dei problemi che si incontrano per raggiungere la “interdisciplinarietà” oggi essenziale nel mondo della Scienza. L’attenzione è centrata sui problemi della Scienza dei Materiali. Vengono presentati e discussi fatti di vita scientifica reale confrontata con i “principi ideali”.

## 3. Un linguaggio comune nelle scienze? Alcune esperienze di vita accademica

Negli ultimi 20–30 anni l’evoluzione delle scienze fisiche, chimiche e biologiche di base hanno cercato di misurare, interpretare ed utilizzare molti fenomeni fisici sulla base di processi studiati a livello molecolare. Numerosi oggi sono i tentativi degli studiosi, che trattano proprietà macroscopiche dei materiali, di tentare di giungere ad una descrizione dei fenomeni invocando l’intervento delle molecole che costituiscono l’oggetto in esame. Negli ultimi anni è nata anche la non facile nuova

scienza dei nano materiali che costituisce un ponte interpretativo fra le molecole e gli aggregati macroscopici. Queste nuove tendenze dello studio dei materiali richiedono una notevole maturità scientifica che offra ampie conoscenze capaci di correlare le proprietà macroscopiche con le proprietà chimico fisiche.

Posso citare, come esempio, il caso dei corsi offerti e delle ricerche sviluppate nel Dottorato in Ingegneria dei Materiali che ho diretto per diversi anni al Politecnico di Milano. I membri del collegio dei docenti del dottorato rappresentavano un vastissimo spettro di conoscenze; c'erano i colleghi ingegneri (sperimentali e/o teorici) che si occupavano di proprietà macroscopiche dei materiali e che utilizzavano con maestria tutte le tecniche teoriche e computazionali nel settore degli elementi finiti. Di fianco sedevano i teorici e sperimentali tipicamente fisici o chimico fisici (ma anche ingegneri) che vedevano tutti i fenomeni a livello molecolare per interpretare e prevedere le proprietà ottiche, elettriche e magnetiche dei materiali in funzione della natura e struttura delle componenti molecolari. Molto forte era la tentazione di avventurarsi perfino nella modellazione molecolare dei complessi fenomeni biologici. Ovviamente per questi colleghi i calcoli ad elementi finiti non erano lo strumento utile rispetto ai metodi quanto meccanici oggi affrontabili con miracolosi programmi di calcolo. Di fianco sedevano i chimici organici o inorganici di sintesi impazienti perché volevano creare materiali nuovi; *last, but not the least*, chiudevano il cerchio i tecnologi che progettavano dispositivi nel quadro di R&D. Posso testimoniare che non è stato facile proporre una "filosofia della ricerca". comune che potesse essere compresa, accettata e favorita da tutti i membri del Collegio di Dottorato.

Per l'osservatore esterno con una cultura umanistica o mediatica questa aggregazione di conoscenze rappresentava la situazione ideale per attuare un creativo sforzo interdisciplinare mirato alla grande ricerca competitiva a livello mondiale. Per il tecnologo pragmatico e direttore industriale una raccolta di "cervelli" così variegata assicurava la possibilità di raggiungere in breve tempo la meta di offrire al mercato un nuovo materiale o un dispositivo innovativo e industrialmente concorrenziale. Per il politico (che in genere detta i criteri dei finanziamenti da parte dello Stato) questa struttura interdisciplinare avrebbe dovuto rappresentare la condizione ideale per contribuire allo sviluppo tecnologico in sede regionale o nazionale.

Quanto detto è, in linea puramente di principio, estremamente vero, ma fino ad oggi incontra notevoli difficoltà concrete negli aspetti intellettuali, culturali e umani sostanzialmente dovuti alla nostra cultura scientifica ed ai condizionamenti e tensioni umane insiti nel metabolismo specifico di ogni ateneo italiano. Poiché oggi c'è il fascino non documentato e superficiale dell'estero e la facile e gratuita critica di ciò che è italiano (siamo saturi di critiche demolenti per l'Accademia italiana non accompagnate da specifiche proposte costruttive concrete) (Zerbi G.), voglio subito chiarire che queste problematiche sono esistite ed esistono anche negli egregi atenei stranieri.

Per cercare di affrontare questo problema negli ultimi 20 anni sono nati in Italia i corsi di "Scienza dei Materiali", "Ingegneria dei Materiali", "Scienza ed Ingegneria dei Materiali". Mentre la parola "materiali" è comune a tutti i corsi la presenza delle parole Scienza/Ingegneria è il frutto di diatribe, discussioni e compromessi intra ed inter atenei che hanno aperto questi corsi. Le reazioni negative a corsi di laurea in Scienza dei materiali sono venute, in Italia, da molte parti.

È stato sostenuto dai chimici che i materiali sono fatti di molecole e quindi già il chimico studia i materiali. Il fisico si affaccia sostenendo il proprio unico ruolo e l'ingegnere sostiene che senza il suo contributo c'è solo Scienza di base, ma non specificatamente mirata ad una applicazione. In molti atenei i cultori della Chimica e dell'Ingegneria hanno inizialmente avversato la creazione di questa nuova aggregazione di "scienziati dei materiali"; questi avrebbero tolto risorse (studenti e finanziamenti) ai corsi tradizionali di laurea già esistenti indebolendo quindi, direttamente o indirettamente, posizioni egemoniche acquisite in sede locale o in sede nazionale. Tristemente queste barriere si sono abbassate solo quando i colleghi si sono accorti che, accettando il nuovo corso di laurea, si aprivano nuovi corsi e nuovi posti di lavoro per il personale che, pur valido, non aveva spazio per una giusta e logica carriera.

Malgrado questi inizi così vischiosi molti giovani si sono resi conto della necessità della nuova scienza dei materiali ed oggi la posizione dell'Italia rispetto alle altre comunità estere sta lentamente affermandosi.

Il problema fondamentale è quale cultura dovrebbe avere uno Scienziato dei Materiali. Da molti osservatori esterni viene richiesto che l'Accademia formi dei tecnici con caratteristiche interdisciplinari.

Sul concetto di interdisciplinarietà si può discutere da diversi punti di vista.

Di grande interesse è l'approccio concettuale e metodologico presentato da G. Tagliagambe in una delle lezioni tenute al Politecnico di Milano per il corso trasversale di "Epistemologia della ricerca scientifica e tecnologica "Guido Nardi". Il prof. Tagliagambe introduce la necessità di una

intersoggettività intesa come disponibilità di strumenti in grado di costringere ogni agente razionale all'assenso, alla condivisione, considerata invece come ricerca e costruzione paziente di stili linguistici e concettuali e di approcci differenti, richiede una diversa mentalità, un approccio alternativo ai problemi dell'insegnamento generale, e di quello delle discipline scientifiche e ingegneristiche in particolare. Per acquisire questo nuovo quadro di riferimento non si può procedere "per sommatoria" o "per aggiunta" [...] accatastando l'uno sull'altro, in modo casuale e senza un disegno preciso e un progetto coerente, "pezzi" di formazione diversi. Occorre invece procedere con una politica sottile di intersezione, di incastro, organizzando e mettendo in pratica processi formativi basati sul confronto tra prospettive diverse e sperimentando strategie di intersezione complesse.

(Tagliagambe S.)

Focalizzando la nostra attenzione sui materiali, questo approccio concettuale deve poi essere reso operativo e realistico nel dare una opportuna connotazione interdisciplinare ai corsi ed alle ricerche sulla Scienza dei Materiali.

A mio parere oggi nei nostri atenei e nelle comunità scientifiche in genere (in Italia o in altre nazioni) dobbiamo percorrere ancora un lungo e non facile percorso per il raggiungimento di una cultura interdisciplinare veramente creativa perché capace di correlare fenomeni, teorie ed esperimenti in settori erroneamente considerati separati ed indipendenti.

Per descrivere la realtà attuale nei nostri gruppi di ricerca e nelle comunità scientifiche in tutto il mondo penso ci possa essere un comune consenso nel descrivere alcune figure o situazioni che tutti abbiamo incontrato (magari con sofferenza) nella nostra vita scientifica.

Prima di tutto troviamo scienziati specialisti che, citando un noto detto, continuano a studiare sempre più nel dettaglio un problema

finché alla fine sanno tutto su niente. Si contrappone a questa canzonatoria figura dello scienziato la figura del tuttologo che spesso finisce a sapere tutto su tutto e quindi si trasforma in un pericoloso nullologo (Zerbi G. 2007, p 115). Una situazione relativamente simile è data quando vediamo i risultati di una ricerca svolta da ricercatori *technique oriented* se paragonata alla ricerca svolta da persone *problem oriented*. Il ricercatore *problem oriented* può avere una importante intuizione che può avere successo, ha bisogno di dati di supporto e rapidamente pizzica (con le dovute citazioni) informazioni qua e là dalle diverse misure sperimentali di autori *technique oriented* (che avendo passato anni su uno specifico problema con la propria tecnica sono inorriditi del mis-uso fatto dei propri dati), costruisce uno “scenario” e pubblica. Spesso l’intuizione ha colpito il bersaglio e può avere anche il premio Nobel, ma troppo spesso l’idea si dimostra non sostenibile con i dati pizzicati. Però rimane inesorabilmente nella letteratura. In seguito acriticamente molti autori citeranno “l’idea” creando in letteratura una confusa dendrologia di citazioni che crea un folklore scientifico (o delle credenze date per scontate realtà) difficile da demolire o rettificare.

Ho citato in precedenza un paragrafo di Tagliagambe dove si invoca «la condivisione, considerata (–) come ricerca e costruzione paziente di stili linguistici e concettuali e di approcci differenti». Ritengo questo un grosso problema. Cercherò in breve di fare un esmpio tratto da esperienza personale.

Nel 1956 ho iniziato la mia attività scientifica al Politecnico di Milano nel gruppo diretto dal Prof. Giulio Natta proprio durante l’entusiasmante periodo della scoperta del polipropilene e di una ampia classe di polimeri che hanno segnato l’inizio della scienza e tecnologia delle materie plastiche. Utilizzando il noto catalizzatore Ziegler–Natta nel 1956 nei laboratori del gruppo era stato anche sintetizzato il Poliaccetilene  $-(CH=CH)_n$  che si presentava come polvere nera ed insolubile (Natta G. 1958). Come evidentemente atteso dai chimici la struttura determinata mediante diffrattometria di raggi X (Perego G. 1985) dimostrava l’esistenza di una catena polienica trans–planare caratterizzata da una sequenza di legami alternati  $C - C/C = C$  necessariamente coniugata, cioè con elettroni  $\pi$  delocalizzati su tutta la catena. Venne immediatamente ipotizzato che la delocalizzazione favorisse la “mobilità” degli elettroni  $\pi$ ; forse correlando anche le proprietà conduttive

della grafite, era stato pensato che il Poliacetilene potesse comportarsi da elettroconduttore. Quando arrivai al Politecnico erano in corso svariate sperimentazioni (scelte sulla base delle conoscenze di quei tempi) sulla conducibilità del Poliacetilene. I risultati furono completamente negativi perché questa sostanza si dimostrava essere un ottimo isolante. Il problema fu archiviato e le ricerche cessarono.

Diversi sono i racconti che descrivono il caso di *serendipity* che circa negli anni 1970–75 portò il gruppo di chimici giapponesi diretti dal Prof. Shirakawa a far reagire il Poliacetilene (ottenuto con il metodo di Natta et al. (Natta G. 1958) con Iodio ottenendo un materiale altamente conduttore. (Shirakawa H. 1977). Questa importante scoperta varcò rapidamente gli oceani e si formò un agguerrito team *interdisciplinare* di chimici (Shirakawa), chimico fisici (McDiarmid) e fisici (Heeger) che è stato capace di giustificare il fenomeno della conducibilità del poliacetilene ed ha aperto un vastissimo nuovo mondo della scienza dei materiali policoniugati con ricadute pratiche sull'elettronica molecolare, la sensoristica, il fotovoltaico ed altri moderni settori della scienza e tecnologia dei materiali. Agli stessi autori è stato assegnato il premio Nobel per la chimica nell'anno 2000; tale premio testimonia l'importanza del contributo dato da questi autori allo sviluppo di un ramo della scienza dei materiali che ha portato alla scoperta di una nuova fisica ed una nuova chimica con una rilevante ricaduta tecnologica ed industriale.

Il fenomeno fisico, purtroppo ignorato dal gruppo di Milano nel 1960, consisteva nel fatto che per condurre elettricità bisognava generare dei portatori di carica che potevano essere ottenuti “drogando” il materiale con atomi o molecole elettrone attrattori o donatori. A quei tempi la fisica dei semiconduttori non era ancora così comune per i chimici.

La comunità dei fisici rimase affascinata ed entusiasta dalla possibilità di trattare materiali organici, di drogarli e di costruire una elegantissima fisica che spiegasse le proprietà osservate (associate alle proprietà elettriche seguirono ovviamente gli studi sulle proprietà ottiche, magnetiche e quant'altro). I chimici, d'altra parte, alla ricerca di proprietà ottimali di questi materiali, hanno sviluppato un vastissimo settore di metodologie sintetiche arrivando a proporre interessantissimi nuovi materiali capaci di comportarsi da elettroconduttori, se drogati (Skotheim H. 1996; Skotheim H. 1998; Zerbi G. 2007).

Poiché la competizione fra esseri umani per il raggiungimento di un umano (e/o finanziario) successo è l'elemento che catalizza e sostiene la ricerca scientifica "di frontiera" nel caso dei polimeri conduttori le comunità dei chimici e dei fisici si trovarono subito in forte competizione. Gli esperti di fisica si sono arroccati utilizzando metodi di studio, descrizione dei fenomeni ed uso di un linguaggio totalmente diverso da quello usato dalla comunità dei chimici. La diversità di linguaggio è stata paradossalmente tragica per molti anni.

Il poliacetilene per il chimico era semplicemente «un poliene coniugato» reso conduttore mediante una reazione redox le cui proprietà elettroniche (ed ottiche) dipendevano dalla coniugazione; per i fisici il poliacetilene era una "Peierls distorted dimerized chain, with electron/phonon coupling subject to Kohn anomaly" e la conducibilità era ottenuta mediante drogaggio p/n. Per il fisico dello stato solido abituato a trattare la fisica dei metalli risultava assolutamente affascinante e nuovo il fatto che si potesse creare nel polimero organico coniugato un "spinless charge carrier", inizialmente chiamato "solitone carico" mentre il chimico descriveva il portatore di carica come semplicemente, ad esempio, un catione localizzato sulla catena ottenuto prelevando parte della nuvola elettronica  $\pi$  mediante una reazione con un elettrone-accettore.

Il fisico parlava di solitone, polarone +, polarone- bipolarone + e bipolarone - da tradurre per il chimico rispettivamente in radicale, radical-catione, radical-anione, dicatione e dianione. Nei congressi organizzati separatamente dalle due comunità il chimico non capiva ciò che diceva il fisico e viceversa; è umoristico, ma vero, constatare che tutti stavano descrivendo lo stesso "oggetto". Nei congressi organizzati dai fisici i contributi dei chimici venivano raggruppati ed isolati in sezioni separate e quasi reclusi o "snobbati"; questo accadeva meno intensamente nei congressi di chimica perché, sostanzialmente, il chimico, in genere ma non tutti, aveva il rispettoso complesso di inferiorità rispetto alla fisica.

Ho citato l'esperienza da me vissuta nel caso dei polimeri conduttori come esempio di quanto complesso sia il processo per raggiungere quel livello di interdisciplinarietà e condivisione scientifica invocato con cristallina chiarezza da Tagliagambe. Necessariamente ho escluso in questa mia analisi la variabile, non trascurabile, ma spesso distruttiva, della difesa della "paternità" scientifica in una ricerca che coinvolge

aspetti brevettuali ed economici che producono contratti, spin off, ecc.; questa analisi la lasciamo agli esegeti della “politica e gestione della ricerca”. Ho voluto solo analizzare gli aspetti puramente culturali e scientifici di una ricerca che necessariamente dovrebbe essere interdisciplinare.

Oggi nel vastissimo settore di ricerca dei materiali policoniugati gli atteggiamenti sono molto cambiati perché il fisico sa che senza il contributo originale ed autonomo del chimico o del tecnologo non può ottenere materiali nuovi con proprietà ottimali.

Nello sviluppo della storia della chimica dei materiali policoniugati due sono oggi le tappe fondamentali. Un tappa importante è rappresentata dalle ricerche sul “fotovoltaico”. Si può certamente affermare che in tutto il mondo una miriade di laboratori universitari e di ricerca privata o statale sono impegnati nella ricerca sul “fotovoltaico” per catturare la luce del sole e trasformarla in energia elettrica. Si auspica che i cospicui investimenti nella ricerca in questo settore non si smarriscono in un “rumore di fondo” di tentativi insignificanti e slegati ma, che da una ricerca interdisciplinare e coordinata, possano emergere risultati veramente innovativi e significative per l’umanità.

A mio parere la seconda importante tappa nella scienza dei materiali policoniugati è costituita dalla scoperta dei grafeni e dalla sintesi di molecole quali i PAH (Poly Aromatic Hydrocarbons) che offrono un vivace futuro di applicazioni. Penso che si ripresenti qui una situazione esattamente analoga a quanto discusso sopra nel caso del poliacetilene. Assistiamo infatti alla formazione di linee di pensiero della comunità dei fisici (Ferrari A.C. 2004) con il loro linguaggio mentre si sviluppano coraggiose sintesi chimiche mirate (Watson M.D. 2001) che contribuiranno notevolmente alla scienza e tecnologia del settore. Ci auguriamo che il processo di fusione delle diverse culture scientifiche fra queste due comunità avvenga in tempi relativamente più brevi. Concludo riproponendo ancora un paragrafo di Tagliagambe ai colleghi universitari che, sensibili al concetto di cultura interdisciplinare, si accingono a elaborare o modificare il curriculum di studi e gli argomenti di ricerca dei giovani che hanno scelto la scienza dei materiali come loro futuro impegno professionale e culturale.

La convergenza di stili linguistici e concettuali e di approcci differenti richiede una diversa mentalità, un approccio alternativo ai problemi dell’insegna-



mento in generale e di quello delle discipline scientifiche ed ingegneristiche in particolare. Il raggiungimento di questo obiettivo presuppone la capacità di mettere in relazione tra loro e di riuscire a connettere contesti, comunità, ambiti e domini di esperienza, gruppi differenti, facendoli dialogare e cercando, attraverso questo scambio dialogico, di costituire ed estendere progressivamente una base comune di principi, orientamenti, valori, criteri, obiettivi che possa fungere da sfondo condiviso, all'interno del quale sviluppare ed arricchire la comunicazione.

(Tagliagambe S.)

## Bibliografia

- [1] FERRARI A.C., ROBERTSON J. (Ed.), 2004. *Raman Spectroscopy in Carbons: from Nanotubes to Diamond*, Theme Issue of *Philosophical Transactions Royal Society A*, vol. 362 p. 22675.
- [2] NATTA G., MAZZANTI G., CORRADINI P., 1958. *Atti Accademia Nazionale Lincei, Rendiconti Scienze Fisiche, Matematiche, Naturali.*, 25, p. 2.
- [3] PEREGO G., LUGLI G., PEDRETTI U., 1985. *Molecular Crystals & Liquid Crystals*, 117, p.59.
- [4] ROTH S., 1995. *One-dimensional Metals*, VCH, Weinheim.
- [5] SHIRAKAWA H., LOUIS E.J., MCDIARMID A.G., CHANG C.K., HEEGER J.A., 1977. *Chemical Communications*, p. 578.
- [6] SKOTHEIM T.A., ELSENBAUMER R.L., RAYNOLDS J. (ed.), 1996. *Handbook of Conducting Polymers*, Dekker, New York volumi. 1 e 2.
- [7] SKOTHEIM T.A., ELSENBAUMER R.L., RAYNOLDS J. (ed.), 1998. *Handbook of Conducting Polymers*, seconda edizione, Dekker, New York (1998).
- [8] TAGLIAGAMBE S., 2007. *Dall'intelligenza individuale all'Intelligenza collettiva in La cultura Politecnica 2*, BERTOLDINI M. (ed), Paravia Bruno Mondadori, p. 27. Si veda anche il successivo commento di Zerbi G. p. 33.
- [9] WATSON M.D., FECHTENKOETTER A., MUELLEN K., 2001. *Big is beautiful: Aromaticity revisited*. *Chem.Rev.* 101.1267.
- [10] ZERBI G. 2007., *Conducting Polymers: Theory and Perspective in Vibrational Spectroscopy of Polymers* (EVERALL N.J., CHALMERS J.M., GRIFFITHS P.R.) ed., Wiley, New York, p. 487.
- [11] —, (2003) . *L'Italia delle 3000 lauree*, Bietti.
- [12] —, (2003). *L'Italia delle 3000 lauree*, Bietti, p. 115.

Giuseppe Zerbi

Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica  
Politecnico di Milano  
giuseppe.zerbi@polimi.it