

ragione mettendola in scacco. Si potrebbe dire che i crimini collettivi come la Shoa (evento unico, luogo dell'anima, non confrontabile con altri per quanto efferati) mettono letteralmente in scacco tutte le categorie morali, etiche e di pensiero di cui disponiamo. Per questo difensivamente Marcello e altri come lui hanno investito nel pensiero come risorsa inalienabile, per costruire nel pensiero una forma di resistenza, una *comfort zone* quando gli avvenimenti della storia in cui si è immersi, testimoni, protagonisti o vittime sembrano rappresentare uno scacco del pensiero, in quanto non conoscibili e interpretabili con le comuni categorie del pensiero critico.

Anche oggi sperimentiamo eventi storici e culturali che ci fanno sentire immersi in una sorta di scacco del pensiero, come recentemente, nel corso della pandemia, di fronte all'attacco acritico e insensato alla scienza; o come di fronte alla realtà

feroce e inumana di una guerra assurda che ci fa sentire impotenti, paralizzati nella nostra capacità di pensare, fino al punto di far entrare nella categoria del possibile, del pensabile anche il rischio del ricorso all'olocausto nucleare.

A fronte di questo scacco del pensiero, il messaggio e la spinta che si può riconoscere nella scelta, nella pratica di Marcello di percorrere e praticare il pensiero e la gioiosa curiosità per la vita in tutte le sue manifestazioni può essere quello di non rinunciare a pensare, di mantenere attivo il pensiero critico in tutte le aree della complessità della vita, imparare a pensare camminando, forti, decisi, tenendo come obiettivo la conoscenza della vita, anzi delle vite, come direbbe Marcello, in tutte le loro diversità. E tenendo come punti di riferimento etici i principi della nostra Costituzione che erano per Marcello valori e principi imprescindibili. ●

Alla ricerca di senso in scienza: il lavoro del biologo che pensa

Giuseppe Longo

Grazie per l'invito, un'occasione per vedere tanti amici pisani, ricordarne uno dei più cari. Io credo che potremmo attribuire a Marcello una frase di Boltzmann: "Nulla di più pratico in scienza di una buona teoria". Marcello era un pensatore teorico, anche, oltre che un osservatore ed uno sperimentale. Per lui impostare il quadro di pensiero esplicito era il cuore del lavoro scientifico. Io credo che in questo debba moltissimo, fra i tanti, anche al dialogo col figlio Marco, di formazione fisico teorico, spesso ricordato nella nostra collaborazione. Negli anni '70 abbiamo lavorato insieme, in politica, nel sindacato, nel nostro impegno in generale di tipo sociale: un incontro, all'epoca, essenzialmente estraneo allo scambio scientifico. Dopo esserci persi di vista, ci siamo ritrovati alla fine degli anni 2000, verso il 2007, a Parigi. Abbiamo ripreso un dialogo e una collaborazione tutta scientifici-

ca. A quel punto è mi è parso evidente che la sua preoccupazione, che era la mia, era quella di una chiarezza nella proposta di principi, e che fosse opportuno importare la forza teorica della teoria dell'evoluzione anche in un ambito di lavoro sugli organismi, in cui la visione teorica non è affatto consolidata. Che coraggio chiamare "biologia teorica" un gruppo negli anni '90! Adesso stiamo cercando di avviare una cattedra di biologia teorica a Parigi. Difficoltà immense. Una bestemmia per molti biologi non evolucionisti. Lo facciamo, fra l'altro, distinguendola nettamente dalla biologia matematica. La fisica ha distinto fisica matematica e fisica teorica 120 anni fa, nella biforcazione di metodo e sguardo fra Poincaré e Einstein. Non vanno confuse. Sono due ambiti in cui il dialogo ovviamente è importantissimo, ma che hanno una loro autonomia.

Marcello era un pensatore teorico.

Così mi spiegò gli Ogm di cui non sapevo nulla e con un brevissimo commento. Gli Ogm sono i figli diretti del dogma centrale. Basta questo a capire tutto. E anche di qualcos'altro di quei principi che Monod, grande pensatore e teorico, riassume dicendo che è *necessaria*, alla trasmissione e all'elaborazione dell'informazione genetica, la specificità macromolecolare esatta, cioè le corrispondenze geometrico-chimiche fra macromolecole. Meccanismo cartesiano, dice, chiave-seratura, algebra booleana. Monod, grandissimo sperimentatore e osservatore, uno dei più lucidi insieme a Jacob e pochi altri, presenta un quadro teorico tutto sbagliato, quello contro cui Marcello si batteva con grande chiarezza: un geno-centrismo senza *nuances*.

Gli Ogm. Adesso sono attivo in un gruppo europeo che si chiama *European Network of Scientists for Social and Environmental Responsibility*. Seguiamo un po' quello che sta succedendo nel mondo, la situazione disastrosa in Messico, ad esempio, dove si è passati dalle 50 varietà, nella zona nord, a cinque varietà di mais. Questo dice tutto. Cos'è la perdita di biodiversità? E in India, sul cotone, il numero dei suicidi dei contadini aiutano a capire dove c'è il cotone Ogm e dove no. Il microbioma che è distrutto dal glifosato oppure dai BT che producono un veleno che ovviamente non è specifico, generalista. Così, in entrambi i casi, il terreno ridotto è in sabbia, mi ha spiegato Marcello. Non lo sapevo. Ridotto in sabbia, ma per qualche anno si compensa con abbastanza fertilizzanti, comprati dalla Bayer, donde il più grosso conglomerato che esista al mondo, Bayer-Monsanto.

Quali erano i riferimenti fondamentali per Marcello? Io l'ho sentito innanzitutto parlare di Waddington e Barbara McClintock: i trasposoni, il controllo epigenetico dell'espressione genetica, di cui Monod disse: "la McClintock ha visto qualcosa, ma non ha capito che cosa ha visto". Stava introducendo, appunto, dinamiche non derivate dal DNA per il controllo dell'espressione genetica. Marcello faceva continuamente riferimento poi alla metilazione, alla demetilazione, ai

trasposoni. Di nuovo, idee della Barbara McClintock. Oggi sappiamo che pressioni e torsioni sulla cromatina modificano l'espressione genetica, quindi anche ruolo della collocazione all'interno del tessuto nella formazione dell'embrione, delle forze che vi si creano.

Come bisogna uscire da questo esistenzialismo tomista? dal *mainstream* della biologia molecolare in cui l'essenza di un organismo, le istruzioni del libro scritto da Dio (Collins, 2001), sono nel DNA, nella sua struttura chimico-fisica, una codifica *completa* dell'ontogenesi? Codifica? No, decodificare vuol dire "capire in un contesto di senso", non conoscere la chimica fisica, le forme,

Vivi perché diversi
Per i cinquant'anni di ricerca
e insegnamento di Marcello Buiatti

a cura di Elena Gagliasso
Pisa, Edizioni ETS, 2013



Questa raccolta di contributi, realizzata per festeggiare i cinquant'anni di attività professionale del biologo Marcello Buiatti, va dall'analisi del suo particolare e sintonico modo di pensare e studiare la natura, al suo agire nella politica scientifica italiana, trattare il ruolo delle multinazionali agricole, confrontarsi con i problemi dell'ambientalismo scientifico, ma anche con la storia dell'epistemologia della biologia teorica, affiancando sempre al laboratorio la divulgazione scientifica in scuole di ogni ordine e grado.

Il libro documenta a più voci il percorso lavorativo ed esistenziale di un personaggio contemporaneo che è un significativo punto di riferimento scientifico, politico e umano.

per dire, dei geroglifici. È importante, importantissima la conoscenza della struttura chimica fisica del DNA, traccia materiale di tutta l'evoluzione. Ma quel che conta è quello che il DNA *fa* nel contesto. Quello che fa il DNA contribuisce alla dinamica biologica, non solo quello che è. Per questo gli effetti contestuali modificano completamente la dinamica ontogenetico-evolutiva. Del resto Marcello faceva riferimento al ruolo della storia. Abbiamo scritto proprio su questo perché il punto di partenza del pensiero dell'immenso teorico dell'evoluzione Darwin, che oltre a osservare teorizzava, è il primo principio, non abbastanza detto, iterato nei primi quattro capitoli su sei: "riproduzione con variazione", un principio di non conservazione del fenotipo. Darwin è contemporaneo di Hamilton. Per fortuna non lo conosce, poiché quest'ultimo inventa la fisica matematica moderna, basandola su un principio di conservazione, energia e quantità di moto, che permettono col metodo di variazionale di scrivere l'hamiltoniano. Ecco, proprio c'è una divergenza teorica: *in primis* un principio di non conservazione come principio dell'eredità. Per questo il nostro articolo era dedicato alla canalizzazione dei flussi molecolari, ampiamente caotici o browniani, e a introdurre una nozione, forse un paio, come quella di bio-risonanza. E perché? Perché vedevamo il ruolo concorrente di tutti i livelli di organizzazione. La bio-risonanza ha luogo fra livelli di determinazione diversa, cioè livelli descritti teoricamente in modo diverso: molecolare, cellulare, tessuto, organismo, con forme di controllo reciproco a tutti i livelli. Oggi Denis Nobel ha teorizzato questo in maniera molto bella, chiamando "relatività biologica": il fatto che in un organismo non c'è un livello privilegiato di determinazione, non c'è un livello causale primario. Ora, siamo tutto un gruppo, è un filone di pensiero, per cui il DNA è un'importantissima traccia chimico-fisica di tutta l'evoluzione ed un *vincolo* alle dinamiche molecolari. Un cambiamento totale di sguardo che, sono convinto, sarebbe del tutto compatibile con la bio-risonanza e il modo in cui la interpretammo. Con Marcello la proponemmo senza negare il ruolo delle dinamiche

molecolari che partecipano alla dinamica biologica senza privilegi particolari dal punto di vista causale. Perché il vivente è in questa dinamica cangiante, cui partecipa l'aleatorio di tutti i livelli. Noi mettiamo poi in evidenza, grazie alla letteratura, il ruolo dell'aleatorio classico e quantistico che si sovrappongono in una cellula come la fisica non sa trattare, perché la mancanza di unità di campo e poi la diversità delle teorie classiche e quantistiche non permette di trattare i fenomeni aleatori diversi insieme, che invece hanno luogo al nello stesso tempo, si sovrappongono in una cellula. E i colleghi che ci raccontano che vogliamo spiegare con gli strumenti fisici le dinamiche biologiche dovrebbero innanzitutto far questo, unificare aleatorio classico e quantistico (distinti dalle disuguaglianze di Bell) oltre a spiegarci la idrodinamica. Sì, perché la idrodinamica dei fluidi incomprensibili non è ridotta né a Boltzmann né a Shoedinger. La si tratta nel continuo in tutt'altro modo, e ... c'è un sacco d'acqua in una cellula, con quale teoria molecolare (delle particelle) la si tratta? Quindi ho problemi, a cominciare dalla fisica, a trattare i fenomeni che avvengono contemporaneamente, si sovrappongono nella cellula. Questo è quello che abbiamo cercato di dire nel nostro articolo. La cellula, peraltro, che in quanto canalizzazione storica, risultato di una storia, da quella del DNA, della membrana, del proteoma, permette fenomeni di tipo chimico fisico che non hanno luogo altrove. Solo la storia giustifica le reti macro-molecolari che esistono solo all'interno delle cellule viventi. Questo pone una barriera radicale nella teorizzazione biologica rispetto alla teorizzazione fisica.

In un articolo recente che ho intitolato *Naturalizing Physics*, cerco di dire che una teoria unificata dovrebbe essere una teoria in cui si capisce la fisica come caso particolare della biologia: quando tutti sono morti, in un cimitero asettico. Ma questo dà alla fisica un ruolo enorme, anche in biologia: è un frammento della conoscenza che dobbiamo utilizzare ovunque.

Purtroppo però non abbiamo a fare solo con un riduzionismo fisicalista contro cui Marcello si accaniva. C'è qualcosa di peggio, cioè c'è questa

visione “linguistica” di “stringhe di simboli”, che determinerebbero completamente, come in informatica, le dinamiche dell’organismo-macchina. Il dogma centrale ha un solo significato: comunque lo si interpreti, significa che l’informazione per l’ontogenesi è *completamente* contenuta nel DNA. Si esclude così tutto quello a cui Marcello teneva tantissimo, tutti gli effetti epigenetici che dicono quello che fa la stringa di basi chimiche, che non è poi una stringa di segni, ma una struttura chimico fisica.

Con questo approccio linguistico si è avuta una distorsione portentosa della conoscenza, proprio quella contro cui Marcello si batteva. Io collaboro da 15 anni con dei biologi, in particolare impegnati sulle questioni dei perturbatori endocrini e del cancro. Così mi è capitato di ricostruire la vicenda della ricerca genocentrica su questo tema così drammatico, che ha visto un raddoppio dell’incidenza della malattia in 40 anni. Nel ’71 la guerra sul cancro inizia con un grosso impegno finanziario di Nixon. Ben venga, e gli fu promesso nel ’76 di risolvere il “*cancer puzzle*” perché si era visto delle mutazioni indotte e s’è detto: isolata la mutazione, correggiamo l’errore di scrittura, di programmazione, così nel ’76 avremo gli strumenti per battere il cancro. Ne conosciamo il seguito: von Eschenbach, direttore del National Cancer Institute, nel 2003, “decodificato” il genoma umano, proclama in un articolo che “faremo scomparire il cancro dalla faccia della terra per il 2015”. E poi tutti diranno, Collins in testa, protagonista della decodifica del genoma umano, che “nel giro di uno o due anni faremo diagnosi e prognosi del cancro guardando il DNA”. Ancor oggi, vent’anni dopo, solo l’istologo, al microscopio ottico, distingue il tumore primario dal metastatico, il benigno dal maligno, guardando tessuto e forma delle cellule. E non c’è niente altro da fare. Per lo più c’è una situazione di assoluto caos genetico.

Mutazioni? Certo, ce ne sono tantissime. Queste, ovviamente, retro-reagiscono negativamente sulla dinamica della malattia. Ovvero la peggiorano, ma sono tutte diverse. Rarissimamente la si può descrivere in maniera uniforme. E raramente

si individua un’origine oncogenica, ancor meno ereditaria. Questo approccio non è fiscalista, ma “linguistico”, è quello dell’algebra booleana che teorizzavano Monod e Jacob, l’idea dell’ “*editing*”, come l’*editing* di un testo, le correzioni di bozze, quella è la terminologia.

Così mi sono imbattuto in qualcosa che purtroppo non ho avuto tempo di discutere con con Marcello. Nel 2017 Jennifer Durden scrive un libro sulla “riprogrammazione dell’evoluzione”, dedicato al “nuovo potere di controllare l’evoluzione”. E Jennifer Dowd ha avuto il Premio Nobel per la biochimica nel 2020. È un libro terrificante, ho scritto un resoconto di nove pagine. Il libro inizia e si imposta esplicitamente con il Dogma Centrale, nel 2017, in riferimento al lavoro tecnico che la porterà con la francese C. Charpentier, al premio Nobel del 2020, per questa notevolissima tecnica, CRISPR, di intervento sul DNA. Credendo che questo codifichi completamente la dinamica biologica, pretendono di pilotare gli organismi, pilotare gli animali e le piante nell’evoluzione. Poi altri seguiranno: Isaacson dirà addirittura... cambiamento climatico? non c’è problema, noi programmiamo l’uomo in modo da adattarlo al cambiamento climatico. Il libro, tradotto in tutte le lingue, è vendutissimo. Meriti tecnici enormi. Tipico esempio di tecnoscienza senza scienza, un cumulo di tecniche, come la *Mainstream Molecular Biology* senza scienza, senza teoria, o meglio con una teoria catastrofica, quella contro cui Marcello si è battuto tutta la vita.

Il colmo è che, poi, confidenzialmente questi autori ti dicono “sì, va bene sappiamo che il dogma centrale, che scriviamo in tutti i libri di testo delle facoltà di Biologia e ancor più in quelli di Medicina, non funziona. Il problema è il vuoto teorico, il quadro alternativo non c’è, o meglio negano, bloccano, impediscono, questi stessi biologi molecolari *mainstream*. Come hanno reso la vita difficile chi pensa diversamente, come Marcello. E quindi si può fare biologia con il Ibn Yunus del X secolo, grandissimo astronomo di lingua araba che inventa la trigonometria sferica ha misurare accuratissime di tutti i corpi celesti visibili. Con queste, si faranno le tavole alfonsine, grazie

ai suoi dati dico, con cui sarà possibile la navigazione al XV secolo, cioè grandi applicazioni. Quadro teorico? tutto sbagliato, è tolemaico. Ma perché sbagliato? Per mancanza di dati? No, per carità. Conoscevano tutti i movimenti planetari e dei corpi visibili. Era sbagliato teoricamente, è contro il principio di inerzia di Galileo. È il principio che inizia la rivoluzione scientifica, un principio di conservazione ed il principio di inerzia impedisce i movimenti retrogradi, gli zig zag dei movimenti tolemaici.

È un questione teorica e per questo ho trovato il dialogo con Marcello densissimo, come, *in primis*, lo è la critica degli Ogm. Ci siamo poi intesi anche sul ruolo che lui voleva attribuire all'aleatorio, come costitutivo della biodiversità anche all'interno dell'organismo. Questo è stato per me un momento massimo di contatto con Marcello. Purtroppo non ebbi abbastanza tempo per discutere con lui della specificità delle interazioni macromolecolari, che si pretendono esatte. Ho capito le conseguenze di questa visione teorica quando, come dicevo, ho collaborato per 15 anni con dei biologi a Boston e poi a Parigi sulle questioni che partono dai perturbatori endocrini e portano al cancro. Pensate che nel XX secolo abbiamo piazzato nell'ecosistema 80.000 molecole artificiali. Cosa diceva la teoria dominante? Non c'è problema. La gran parte sono piccole molecole, non interagiscono con le macromolecole delle diverse attività biologiche. E già, certo. Ma agiscono in probabilità. E poi alcune non sono piccole... il fatto è che modificano le probabilità di interazione macromolecolari, tipicamente quelle delle cascate ormonali, e interferiscono con i recettori cellulari. I miei amici Carlos Sonnenschein ed Anna Soto si sono accorti nel '92 dell'effetto cancerogeno del BPA. Hanno detto loro: "ma no, è diverso dagli ormoni con cui dovrebbe interferire". Ebbene, il problema è che, appunto, non esiste una specificità esatta. Sono interazioni da dare in modo statistico, in termini di probabilità e tali probabilità dipendono dal contesto. Quindi certo il BPA interagisce con il recettore cellulare, con molte meno probabilità dell'ormone pertinente, ma col tempo risulta un gravissimo perturbatore

endocrino. Nel '92 era presente in tutte le plastiche trasparenti alimentari. Ci sono voluti quasi vent'anni per riuscire a proibirlo.

Situazione analoga di quella che era successo prima col tabacco; ci si trova sempre di fronte a questa situazione, il diniego organizzato anche "scientificamente". Così, nel caso del cancro, questa totale centraggio sull'oncogene o il proto-oncogene o il mancante onco-soppressore sposta il dibattito dall'analisi delle cause sistemiche ed ambientali alle sole analisi del DNA. I perturbatori endocrini ed i cancerogeni li conosciamo quasi tutti, ma sono un oggetto secondario di ricerca. E si tratta di una distorsione, di nuovo, neppure di tipo fisicalista, ma linguistica della biologia: facciamo *editing*, riscriviamo il programma, l'essenza dell'organismo. E questo mi preoccupa molto. Qualcosa che ha pesato nella vicenda di tanti, anche quella di Marcello. So bene le sue difficoltà a trovare finanziamenti, a trovare interlocutori e come è stato talvolta maltrattato. Del resto la storia è percorsa di queste vicende. Piatelli-Palmarini racconta come negli anni '70 non gli fu permesso di citare Barbara McClintock o di andare a trovare Waddington. Emarginati per 30 anni. Per non dire di Prusiner, che si era permesso negli anni '80 di dire che c'era un ripiegamento di proteine dovuto ad alte proteine. Una storia che mi raccontò Marcello. Questo andava contro il dogma centrale. E invece, appunto, sono i priori. La storia è costellata di vicende analoghe.

C'è ora un cambiamento che forse Marcello avrebbe saputo sottolineare con evidenza. Se uno sente una lezione seguita da una cascata di altri interventi di Jennifer Doudna, recentemente fatta e reperibile su Youtube, e molto ascoltata, in cui Donna promette di curare *tutte* le malattie, dice *tutte*, riprogrammando le cellule, con queste tecniche CRISPR e con l'*editing*, con le forbici molecolari. Secondo me c'è un passaggio che è nuovo. C'è in quella lezione un tono *messianico*. C'è del messianesimo. Chiaramente, in una situazione di crisi che tutti sentiamo di fronte all'ecosistema, alla pandemia, arriva il tono messianico. Sarebbe stato bello discuterne con Marcello perché lui teneva molto alla Bibbia, ma in tutt'altro

modo, in tutt'altra ottica, teneva all'aspetto critico del pensiero ebraico. Lui mi indicò in Eva Jablonka quelle bellissime pagine critiche in cui faceva vedere che cosa vuol dire il gioco dialettico, la contraddizione, la tensione teorica nel dibattito. Ecco, quello era un aspetto fondamentale per Marcello. E oggi ci troviamo invece di fronte a questi fenomeni di messianesimo, spesso accompagnati da un sacco di soldi. Bill Gates un paio di settimane fa ha annunciato un enorme finanziamento a cui l'Organizzazione Mondiale della Sanità pare dare assenso, teso a eliminare tutti i virus delle vie aeree superiori, anche quelli dell'influenza, *dixit*. Vi rendete conto? È ragionevole stimare che noi siamo compatibili o simbiotici col 99% dei virus, forse il 99,99. Leggiamo questo fatto in un altro modo: i grandi organismi incompatibili con più dell'1% o lo 0,01% dei virus sono morti. Infatti, batteri e virus plasmano l'evoluzione. Così se noi stiamo uscendo da questa pandemia è perché l'ultimo è in realtà il sesto coronavirus in 140 anni. Ovvero, ci siamo progressivamente adattati ogni volta, con ovviamente alti prezzi di morte. Dinamica adattativa, una cascata evolutiva di aggiustamenti reciproci con i virus. Per questo io credo che la sintesi fra un pensiero politico e un pensiero scientifico che Marcello faceva continuamente ed è al cuore delle nostre preoccupazioni, in realtà è quasi più facile da fare oggi: un pensiero teorico che vada

contro queste sciocchezze che ho appena detto, che dominano perché dominano finanziariamente, perché sanno fare potentissime alleanze tecnico-finanziarie.

Il pensiero teorico in biologia è già un impegno politico in sé ed è difficile averlo anche per questo senso immediato di interazione uomo/ecosistema. Perché è ricco di questo impegno contro il meccanicismo che ci correla la natura, compreso i danni dello sfasciare la biodiversità, dello stimolare in questo modo le zoonosi, per non dire delle sperimentazioni insensate. E perché un pensiero critico e dialettico del vivente, di questa dinamica evolutiva che era al cuore dell' "evo-devo", come pensato da Marcello, deve farci uscire dalla egemonia di una scienza per il controllo meccanico persino della evoluzione, dei virus, dice Bill Gates, che ha programmato computers. Si va sia da questa visione e tentativi catastrofici, gli Ogm, programmare il vivente, fino a chi usa le reti informatiche per un controllo totale della società umana. Il nesso va fatto. E proprio la risposta scientifica in sé è una garanzia già di avere un contenuto politico. Per fortuna, i giovani della AAGT che presiedo pensano di poter praticare e teorizzare alternative, proprio nello spirito evo-devo di Marcello, attenti all'ecosistema, all'interazione umana, alla tecnosfera. Ho spesso discusso con loro in una prospettiva che deve moltissimo al suo insegnamento. ●

A scuola con Marcello Buiatti

Francesca Civile

Ho incontrato varie volte Marcello Buiatti anche a scuola, in classe o in aula magna, invitato a parlare ai ragazzi di scienza, in particolare di scienza del vivente, come strumento di formazione generale; ma anche come testimone delle aberrazioni del razzismo nel '900, in occasione del Giorno della memoria. La persecuzione antiebraica, fino all'occupazione tedesca di Firenze, l'aveva vissuta da bambino, ebreo, e la riportava nelle sue testimonianze lucide ma cariche di emozione. I due tipi di interventi si incrociavano quasi sempre: le teorie delle razze umane, diverse

e gerarchizzate "in natura", sono state smentite ampiamente dalla biologia e dalla genetica, eppure riaffiorano periodicamente quando si discute di immigrazione o di bioetica. Per Marcello il legame tra il rifiuto di ogni forma di razzismo e una *forma mentis* scientifica era un fatto scontato, ma da consolidare via via nel processo formativo, perché i ragazzi assorbono largamente il senso comune e il linguaggio comune di un'opinione pubblica non particolarmente attrezzata dal punto di vista scientifico. Per Marcello occorreva tenere insieme la demistificazione della scienza