

Tavola rotonda: abilità verticali e abilità trasversali. Il ruolo della ricerca in storia e didattica della fisica e dell'astronomia

Partecipanti: Fabrizio Bonoli, Ileana Chinnici, Augusto Garuccio, Marisa Michelini, Stefano Oss, Paolo Rossi, Pasquale Tucci (coordinatore)

Interventi: Danilo Capecchi, Fausto Casi, Roberto Lalli

Abstract: La Tavola rotonda ha l'obiettivo di discutere, tra persone che hanno varie responsabilità, le vie da percorrere affinché le loro discipline possano giocare un ruolo significativo nell'ammodernamento delle strutture universitarie.

Introduzione (*Pasquale Tucci*)

La formazione di specialisti disciplinari ha raggiunto punte di eccellenza in alcuni settori di ricerca come la fisica e l'astrofisica. Ma se la specializzazione è necessaria, soprattutto per chi intende impegnarsi in un ben determinato settore della ricerca scientifica, non è comunque sufficiente (e solo in parte necessaria) per molti dei nuovi lavori, compresa la ricerca scientifica moderna caratterizzata da gruppi di lavoro i cui membri hanno competenze e attitudini diversificate e complementari.

Vengono richieste di conseguenza capacità di governare processi di innovazione complessi e in rapida evoluzione.¹

Da parte del sistema educativo-produttivo-amministrativo sia pubblico che privato, compreso quello della ricerca scientifica, vien fatta richiesta alle istituzioni preposte alla formazione di abilità trasversali che per loro tradizione esse non sono attrezzate a esaudire. Le abilità trasversali richieste riguardano la capacità di interpretare il cambiamento, la capacità di svolgere un lavoro collaborativo, la capacità di leggere la complessità, la duttilità per adattarsi a situazioni non previste, la capacità di risolvere problemi non codificati.

La difficoltà delle università a rispondere alle nuove esigenze ha radici culturali lontane.

È nota la reticenza degli uomini di scienza a parlare di argomenti che non riguardano strettamente la loro disciplina o addirittura il loro settore di ricerca. Erwin Schrödinger in *What is Life?* del 1944 affermò: «A scientist is supposed to have a complete and thorough knowledge, at first hand, of some subjects, and therefore is

¹ Si veda il rapporto 2011 (*An Agenda for New Skills and Jobs: A European Contribution towards Full Employment*) dello European Economic and Social Committee, e quello 2012 (*Rethinking education strategy. Investing in skills for better socioeconomic outcomes*) della European Commission.

usually expected not to write on any topic of which he is not a master». E la formazione dei futuri scienziati è fortemente condizionata da questa presa di posizione.

Tuttavia la specializzazione ha l'imprevista conseguenza che generalizzazione e sintesi, parti essenziali dell'avanzamento della scienza, sono spesso trascurate. Gli scienziati sono intrappolati nel loro specialismo, lasciando ad altri, spesso poco qualificati, il compito di presentare al pubblico le interconnessioni delle moderne teorie scientifiche. Sebbene la capacità di trasmettere alla società una visione avvincente della scienza nel suo insieme può non essere necessaria nell'attività quotidiana di ricerca, essa comunque è cruciale nel creare un supporto politico, culturale e finanziario per la scienza (Greene 1997).

Prosegue Greene: «Scientific education has become so specialized that scientific literacy is little more advanced among scientists than it is among non-scientists. [...] Physics students don't know how a protein differs from a nucleic acid; chemistry students don't know the age of the Earth; geology students cannot give a simple account of metabolism or say why the sky is blue».

Tradizionalmente è prevalsa l'idea che le abilità trasversali possano essere acquisite solo con un curriculum di tipo letterario-filosofico-economico-finanziario-ingegneristico. Tuttavia alcune di tali abilità trasversali come la capacità di interpretare il cambiamento, il *problem solving* sono tipici oggetti di ricerca e di attività di storici e didattici.

Anche la ricerca in storia e la ricerca in didattica possiedono gli aspetti specialistici caratterizzanti la ricerca scientifica. Lo storico o il didattico che lavora nei dipartimenti scientifici sente di essere egli stesso uno scienziato. Ma gli storici e i didattici, proprio per il tipo di ricerca al quale sono abituati, hanno le competenze per poter almeno in parte rispondere alle nuove esigenze. L'individuazione di nuovi settori nei quali esprimere la propria professionalità è essenziale in un periodo nel quale il taglio di risorse finanziarie e l'interruzione del *turn-over* rischiano di portare al di sotto della massa critica discipline percepite come minoritarie all'interno dei dipartimenti scientifici.

La Tavola rotonda ha l'obiettivo di discutere tra persone che hanno varie responsabilità le vie da percorrere affinché le loro discipline possano giocare un ruolo significativo nell'ammodernamento delle strutture universitarie.

Ignoranza della storia e politiche della ricerca (Paolo Rossi)

Esiste un principio generale del quale non mancano le evidenze empiriche: l'ignoranza della storia è premessa per la ripetizione di errori che nella storia sono già stati una o più volte commessi.

Gli esempi che si potrebbero trarre dalla storia politico-militare sono innumerevoli, ma abbiamo sotto gli occhi proprio in questi anni l'evidenza dell'incapacità di affrontare alcune crisi (da quella economica a quella migratoria, dal terrorismo ai conflitti interetnici) a causa della preminenza di considerazioni di natura ideologica (o di supposti interessi strategici) rispetto ai suggerimenti che potrebbero essere tratti da vicende passate in qualche modo comparabili.

Vediamo costruire muri dimenticando che la Grande Muraglia, il Vallo di Adriano e la Linea Maginot hanno sempre fallito lo scopo per il quale erano stati costruiti.

Che cosa c'entra tutto questo con la politica e la sociologia della ricerca? Vedo alcuni contesti nei quali l'ignoranza della storia gioca un ruolo dominante e pericoloso.

Un errore fondamentale che la politica commette nei confronti della ricerca è di pensare che l'unica ricerca utile sia quella che trova immediata applicazione e ritorno economico. La domanda «a che serve?» ce la siamo sentiti rivolgere tante volte, e ogni volta verrebbe voglia di rispondere come nell'aneddoto, probabilmente apocrifo, riferito a Faraday: «Non lo sappiamo ma fra venti anni ci metterete una tassa».

Eppure la storia della fisica ci insegna che le più grandi rivoluzioni sono spesso nate da studi che apparentemente non avevano nessuna applicazione pratica diretta. Classico l'esempio delle equazioni di Maxwell, ma non è certo l'unico. E comunque non esiste una ricerca applicata realmente originale e quindi realmente innovativa senza una ricerca di base originale e innovativa.

Un altro limite della politica dettato da ignoranza della storia è di pensare che si possa fare ricerca soltanto in poche sedi "eccellenti". Creare fortini nel deserto culturale produce la distruzione dell'humus costituito dalla cultura diffusa, del quale anche le potenziali eccellenze hanno bisogno per nascere e per crescere. Quante intelligenze stiamo perdendo per la mancanza di un luogo in cui possano emergere?

Tuttavia esiste anche un terzo e più subdolo effetto dell'ignoranza della storia, e questo rimane tutto all'interno della comunità scientifica. Si tratta dell'idea che il paradigma dominante sia quello definitivo, un'idea che si spinge in taluni casi fino all'illusione metafisica di poter determinare, su basi puramente assiomatiche, una "Teoria del Tutto", ma che può andare, assai più pragmaticamente, in una direzione altrettanto e forse più pericolosa, quella per cui le teorie interessanti sono soltanto quelle "popolari".

Questa filosofia si traduce purtroppo anche in un canone perverso, quello per cui si ritiene di poter giudicare la qualità della ricerca mediante parametri quantitativi tratti dalla bibliometria. Non credo di aver bisogno di argomentare a lungo per convincere degli effetti devastanti che questa logica e questa prassi possono avere sulla ricerca, e in particolare paradossalmente proprio su quelle ricerche che sarebbero in grado di dimostrare quanto devastanti possono essere questi effetti.

Storia e cultura dell'astronomia (Fabrizio Bonoli)

In questa mia partecipazione alla Tavola rotonda sul ruolo della ricerca storica in fisica e astronomia e su come questa possa affiancarsi e cooperare alla didattica, dovrei parlare di temi legati alla storia e alla cultura dell'astronomia.

Potrei iniziare raccontando quanto è bello guardare il cielo stellato, quale poteva essere lo stato d'animo dei primitivi e via via di tutta l'umanità nell'osservare, studiare, cercare di descrivere i moti sempre uguali di quei punti luminosi e di come tutto questo ha portato alla moderna comprensione del Cosmo. Di come quelle antiche osservazioni portarono l'uomo a legare le cose del Cielo alle cose e agli avvenimenti qui sulla Terra, di come hanno ispirato non solo gli scienziati, ma anche poeti, pittori, musicisti,

filosofi, letterati e così via, giacché l'astronomia si presenta come una disciplina dalle caratteristiche maggiormente interdisciplinari e quindi trasversali, essendo in grado di fare dei richiami stretti e importanti, spesso molto chiari ed espliciti, in gran parte delle altre discipline scolastiche.

Tuttavia mi riesce difficile parlare solo di storia dell'astronomia qui, in questo contesto, se non nell'ambito più vasto della storia della scienza e delle idee.

La storia della scienza, infatti, consente una contestualizzazione del modo in cui si sono sviluppate le idee; una contestualizzazione e uno sviluppo che nei libri di testo fanno spesso molta fatica a essere presentati. E ancora, all'interno di questa storia, la storia istituzionale gioca un ruolo altrettanto importante, in quanto tradizione culturale e tradizione istituzionale sono indissolubilmente legate.

Si pensi al mutamento strutturale subito dall'insegnamento – e quindi dalla cultura – passando, dopo l'anno Mille, dalle scuole monastiche alle scuole cattedrali e poi alla nascita delle prime università. Oppure all'esplosione tecnologica ottocentesca in Germania, seguita all'istituzione dei politecnici e soprattutto delle scuole tecniche. E per venire a tempi a noi più vicini, si pensi al discredito della scienza, e quindi delle discipline scientifiche, prodotto dalla Riforma Gentile del 1923, al mutamento nell'insegnamento, e nella cultura in generale, introdotto nel 1962 dalla scuola media unificata e poi dall'università di massa nel 1969, per non parlare dell'introduzione (o presunta tale) delle nuove tecnologie nella scuola e delle discussioni ministeriali (e quindi istituzionali) di non molti anni fa sull'insegnamento o meno dell'evoluzionismo a scuola.

Il fatto è che una teoria scientifica nasce in un contesto di convinzioni, credenze e valutazioni che non sono puramente scientifiche, ma anche filosofiche, politiche, religiose, estetiche, tecnologiche e, in quanto tali, investono tutta la cultura di un'epoca. Qualche veloce esempio?

Si veda la rivoluzione copernicana e l'ambiente in cui è nata e si è sviluppata. Può essere sufficiente – in una scuola, e in questo come in tanti altri casi – far cercare agli studenti i nomi dei personaggi più noti che sono vissuti in quell'epoca, appunto rivoluzionaria, per trovare, tra i contemporanei di Copernico, Cristoforo Colombo, Leonardo da Vinci, Michelangelo, Albrecht Dürer, Martin Lutero, Niccolò Machiavelli, Ludovico Ariosto, Erasmo da Rotterdam, per citarne solo alcuni. Personaggi, cioè, che hanno realizzato delle "rivoluzioni" nei propri campi.

Oppure si può provare a discutere in classe perché la grande scuola scientifica arabo-islamica non abbia realizzato la rivoluzione scientifica, pur avendo sviluppato al suo interno tutte le potenzialità che furono poi sfruttate dagli studiosi europei. Quali furono le cause, esterne e interne, che praticamente bloccarono lo sviluppo di quelle idee già così avanzate?

Si può poi analizzare con gli studenti come, con la condanna di Galileo, la scuola scientifica (e anche tecnica) italiana – e non solo italiana, basti pensare a Cartesio che, ricevuta la notizia della condanna, brucia il suo *Traité du monde* – subisce un declino dal quale impiegherà secoli per riprendersi.

E ancora, discutendo sulle teorie di formazione del nostro Sistema solare, si può vedere come l'ipotesi di Laplace sul "mondo del Cosmo" – formazione e stabilizzazione dei sistemi rigidamente sottoposti alle regole della gravità – s'inquadrava proprio nelle

nuove idee della sua epoca sul “mondo dell’Uomo”, il quale, dopo un lungo sviluppo dalla barbarie e dall’ignoranza iniziale, aveva raggiunto la sua condizione finale sotto le regole della libertà e della ragione: tutto così andava perfettamente al suo posto e l’Uomo razionale poteva proseguire tranquillamente ad abitare un Cosmo razionale ben governato dalle note leggi della meccanica, dallo stesso Laplace splendidamente descritte nel suo imponente *Traité de mécanique céleste*.

Ma rimaniamo al secolo appena trascorso: con la scoperta dell’espansione dell’universo, della radiazione cosmica di fondo, dell’accelerazione dell’espansione e della supposta esistenza di un’energia oscura, con la conquista della Luna e le esplorazioni spaziali, con la scoperta di migliaia di nuovi pianeti, la visione della nostra posizione nel mondo è cambiata e con essa forse anche la visione del nostro ruolo (ammesso che ce ne sia uno); in sostanza è cambiato il paradigma intorno al quale ci muoviamo.

Certo, i problemi che ci circondano – oggi – sono enormemente più pressanti rispetto al sapere se esiste o meno il famoso bosone di Higgs, ma proprio per questo il compito della scuola è di fornire degli strumenti culturali in grado di comprendere questi problemi e un metodo critico in grado di affrontarli. E per questo non dico che la storia della scienza sia imprescindibile, ma certamente la sua conoscenza – o quantomeno la conoscenza e la discussione di alcuni dei suoi passaggi importanti – è in grado di fornire un enorme contributo per meglio comprendere quelle affermazioni che sui libri di testo vengono metodologicamente presentate in un modo puramente assertivo.

Di solito, infatti, il modo in cui sono redatti i manuali scientifici della scuola fa sì che questi ci presentino una sorta di *summa* dei saperi acquisiti in quel momento dalla comunità scientifica. E questo porta facilmente a un atteggiamento quasi fideistico e dogmatico nelle affermazioni della scienza, un atteggiamento che corre il rischio poi di portare – anche e peggio – a un’altrettanta fideistica e dogmatica negazione acritica della scienza stessa: vedi i rifiuti a vaccinare i figli con la storia dell’autismo, legati a un articolo del 1998 su *The Lancet*, poi ritirato addirittura dalla rivista stessa (con molte scuse ai lettori) poiché dimostratosi falso (The Editors of *The Lancet* 2010).

Consideriamo, per un attimo e con attenzione, il seguente paradosso: quando parliamo del moto della Terra intorno al Sole, in sostanza stiamo chiedendo ai nostri ragazzi un atto di fede: l’aberrazione e la parallasse annue della luce delle stelle (le uniche due prove del moto di rivoluzione) richiedono osservazioni astronomiche accurate non certo riproducibili in una scuola. E chiediamoci allora: perché i ragazzi devono credere al moto della Terra e allo sbarco dell’uomo sulla Luna e non alle scie chimiche?

Da un punto di vista metodologico può essere proprio la contestualizzazione storica di quelle leggi che troviamo scolpite in caratteri più grandi nei manuali – la legge della gravitazione universale, le leggi della termodinamica, la legge di Ampère o quella di Hubble – a far capire come queste non siano Verità con la v maiuscola, ma siano appunto il prodotto di osservazioni, esperimenti, ipotesi, e poi ancora osservazioni, modelli e verifiche, nati tutti da quegli strumenti culturali e da quel metodo critico che ha portato e porta all’evoluzione delle idee.

Si potranno allora discutere in modo più consapevole quei temi che oggi sono (o almeno dovrebbero essere) di attualità anche per i ragazzi, quali i rapporti scienza-

tecnica o scienza-tecnologia o, meglio ancora, scienza-società, scienza-ambiente, scienza-qualità della vita e, perché no, scienza-politica.

È stato detto (Bandiera 2005) che in un processo formativo scolastico (scientifico e non solo) due domande potrebbero (o dovrebbero) essere poste:

«In che modo hanno origine le conoscenze?»

«Cosa garantisce l'affidabilità delle conoscenze attuali, per esempio, quelle stampate nei libri di testo?»

Le risposte a queste due domande si possono trovare nei processi di ampliamento delle conoscenze sviluppati nel passato, non solo in quelli che hanno portato a quanto si studia oggi sui libri scolastici, garantito come giusto e definitivo, ma anche agli errori, ai “binari morti” intrapresi e poi abbandonati.²

L'uso della storia della scienza – e quindi della storia dell'astronomia – all'interno della formazione scolastica viene quindi ad avere un importante carattere interdisciplinare o multidisciplinare o, come si dice adesso, trasversale, ma che io preferisco indicare con un termine che magari oggi è desueto: un carattere culturale, nel senso più ampio.

E stimolare e sviluppare nei nostri studenti tutto questo è importante? Certo, non fosse altro – consentitemi la battuta – perché almeno potranno discutere con un minimo di conoscenza e di competenza (magari durante un *happy hour* con gli amici) sulle scie chimiche o sul “tunnel della Gelmini” su cui avrebbero dovuto viaggiare le particelle sparate dall'acceleratore del CERN.

Poiché uno dei temi che ci avevano portato, nel Consiglio Direttivo della SISFA, a programmare questo incontro era anche quello di cercare di mettere sul tavolo qualche idea per tentare di iniziare un discorso in comune tra storici e didattici della fisica e dell'astronomia, provo a portare qualche minimo contributo che deriva dalla mia esperienza all'interno della Società Astronomica Italiana.

Da molto tempo, direi con Mario Rigutti, proprio qui a Napoli, a partire dagli anni Settanta, la SAI si è occupata di didattica dell'astronomia, favorendo contemporaneamente al suo interno la nascita di un piccolo gruppo di cultori di storia dell'astronomia, e i due settori collaborarono spesso insieme.

Un problema, non piccolo, specifico dell'astronomia, che emerse subito all'epoca e che è un punto centrale ancora oggi della didattica scolastica dell'astronomia, è che, come disciplina, l'astronomia non esiste nelle scuole. Una volta, quando c'erano i “programmi”, l'astronomia veniva trattata nel corso di Scienze, laddove gli insegnanti quasi mai avevano una preparazione astronomica, sia pur superficiale. Di conseguenza, la materia era affrontata con un approccio in sostanza solo di tipo morfologico, linneiano direi: il Sole, i pianeti, le stelle, le galassie. E l'aspetto fisico ed evolutivo dell'universo e dei suoi oggetti finiva per scomparire.

Poi, con le linee guida (o come tutto questo si chiami oggi) si è deciso di lasciare all'insegnamento di Scienze la sola cosiddetta geografia astronomica: coordinate e moti dei corpi celesti, anche se nei testi ministeriali si parla di “descrizione dell'universo”: una frase che vuol dire tutto e niente, tenuto conto che di questi argomenti si dovrebbe

² Questa discussione è ampiamente trattata (con una vasta bibliografia di riferimento) in Bandiera (2005).

trattare al primo anno delle superiori, quando appunto gli studenti non hanno alcuna conoscenza fisica: nuovamente un approccio morfologico.

La parte dell'astrofisica, infatti, sarebbe lasciata (con una certa libertà didattica) ai corsi di fisica, laddove, tuttavia, pochi degli insegnanti hanno svolto un qualche corso di astrofisica all'università e i metodi dell'astrofisica non sono gli stessi di quelli della fisica delle particelle: si presenta quindi anche qui un problema riguardante la verticalità delle conoscenze degli insegnanti e di riflesso degli studenti.

Inutile dire che, comunque, un approccio nelle scuole che coinvolga anche gli aspetti storico-scientifici per sfruttarli didatticamente in senso trasversale è in pratica del tutto inesistente. Al massimo può capitare che qualche insegnante si limiti a premettere un brevissimo richiamo storico a qualche argomento, come si può trovare in alcuni manuali (molto raramente) o in certe schede didattiche di approfondimento.

Proprio per questi motivi, la Società Astronomica Italiana ha cercato di coinvolgere gli insegnanti con delle proposte che li avvicinassero all'astronomia, sia con un processo verticale di aggiornamento della disciplina, sia con un processo trasversale di collegamenti interdisciplinari.

In particolare, negli ultimi decenni, una particolare attenzione è stata dedicata alle scuole di astronomia per insegnanti (di alcune sono stato anche responsabile per diversi anni). Queste scuole di aggiornamento (ora è rimasta solo quella di Stilo), ufficialmente riconosciute dal Ministero, sono tenute da astronomi con lo scopo non di "insegnare a insegnare" l'astronomia – nessuno degli astronomi docenti ha la preparazione o la presunzione di poterlo fare – ma con lo scopo di fornire agli insegnanti (insegnanti di varie discipline, non solo scientifiche) proprio degli strumenti culturali, ovviamente di tipo astronomico. Strumenti che poi, nei gruppi pomeridiani di lavoro, gli insegnanti stessi possono sfruttare per una trasposizione didattica, cioè realizzare delle proposte didattiche che siano veramente trasversali alle diverse discipline. Proprio per questo motivo, un ruolo importante in queste scuole è svolto dalle lezioni di storia dell'astronomia che sviluppano e approfondiscono il suo peculiare carattere multidisciplinare.

Devo dire che i risultati, anche secondo il parere degli insegnanti che vi partecipano, sono sempre stati molto incoraggianti. Gli insegnanti – che sono abituati a lavorare in gruppi di discipline differenti – hanno sviluppato varie proposte didattiche, in cui la storia dell'astronomia gioca spesso un ruolo centrale. Molte di queste sono state anche pubblicate sul «Giornale di Astronomia» della SAI, che dirigo – devo dire – oramai da troppo tempo (quasi vent'anni).³

Questa potrebbe essere una proposta da discutere con i colleghi della didattica della fisica: organizzare delle scuole di fisica e astronomia per insegnanti, nelle quali, appunto, la parte storica non si limiti a un semplice racconto di chi era Newton o Volta o Einstein, ma costituisca una descrizione metodologica di cosa gli scienziati in esame hanno fatto e in che modo; una descrizione in grado di poter essere utilizzata in modo trasversale nell'elaborazione delle tematiche da discutere e in modo verticale per il loro approfondimento. Questo al fine di elaborare una narrazione che renda poi più

³ Vedi l'indice degli articoli della sezione "Didattica dell'astronomia" nel sito web [Giornale di Astronomia].

comprensibile agli studenti il modo in cui le conoscenze attuali presentate nei loro libri si sono originate, sviluppate, evolute, abbandonate, modificate, aggiungendo nel tempo piccoli frammenti di conoscenza ad altri piccoli frammenti di conoscenza, alla ricerca non della Verità, bensì di una migliore descrizione del mondo in cui viviamo.

Un punto rilevante della questione riguardante i rapporti tra didattica e storia delle nostre discipline, nella logica appunto che l'approccio storico non sia limitato, come si diceva, a una sintetica descrizione degli avvenimenti precedenti alla Verità, sta, a mio avviso, nella domanda: chi fornisce una formazione storica ai didattici della fisica e dell'astronomia? Poiché queste non sono necessariamente seguite all'università da chi poi entrerà nell'insegnamento scolastico, sia perché non sono molti i corsi in storia della fisica e ancora meno in storia dell'astronomia, sia perché non sono obbligatori per i futuri insegnanti.

Anche questo potrebbe essere un futuro punto di discussione con i colleghi della didattica.

Prima di terminare, credo sia opportuno spendere qui alcune parole solo per sollevare un tema che merita certamente un più ampio approfondimento: la situazione dell'insegnamento della storia dell'astronomia a livello universitario.

A quanto mi risulta, si contano sulle dita di una mano i corsi universitari attivi di storia dell'astronomia: Giulio Peruzzi a Padova (con la collaborazione di Valeria Zanini) e Giuseppe Longo alla "Federico II" di Napoli, oltre ai corsi di Storia dell'Astronomia e di Storia della Cosmologia che io tengo a Bologna. Mi risulta inoltre un corso di Storia dell'Astronomia tenuto da Costantino Sigismondi, nel Master in Scienza e Fede all'Ateneo Pontificio "Regina Apostolorum" di Roma, e due corsi di Archeoastronomia: uno di Giulio Magli, ad Architettura al Politecnico di Milano, e uno di Adriano Gaspani, all'Istituto Superiore di Scienze Religiose e Università "Card. Giovanni Colombo" di Milano. Per inciso, nessuno di questi docenti (a parte il sottoscritto) mi risulta oggi iscritto alla SISFA.

Inoltre, un aspetto che mi preme sottolineare è che la nuova struttura dei corsi universitari fa sì che la tesina di laurea triennale si risolva ufficialmente in uno scarno elaborato compilativo non originale e, almeno nel caso bolognese, la presenza di una laurea magistrale in Astrofisica e Cosmologia fa sì che gli studenti si rivolgano ovviamente a tesi di ricerca in ambito astrofisico, se vogliono avere una minima possibilità di accedere ai successivi dottorati. Ne risulta come non sia più possibile seguire quelle "vecchie" tesi di laurea quadriennali di ricerca che, restando almeno alla mia esperienza personale, consentivano di far crescere alcuni bravi studenti nel campo delle discipline storico-astronomiche; allievi che, proprio per la mancanza di sbocchi professionali nel settore, sono poi stati costretti o a emigrare all'estero o ad abbandonare il campo della ricerca.

Inutile riprendere adesso il discorso già fatto riguardo all'importanza delle questioni istituzionali per lo sviluppo di una disciplina, se non per rilevare come il risultato di tutto questo sia che, se è vero che dall'accademia, cioè da un corso d'insegnamento, nasce un ambiente dedicato a una disciplina, si può tristemente affermare come la storia dell'astronomia – come disciplina universitaria istituzionale –

abbia già tranquillamente raggiunto nel nostro paese la temperatura critica quasi prossima alla radiazione cosmica di fondo: cioè la sua “morte termica”.

Mi piace terminare citando un passaggio dal necrologio di Einstein per Ernst Mach che sottolinea l'importanza per gli studenti degli studi in storia ed epistemologia della scienza:

Come accade che un fisico di talento si cominci ad occupare di epistemologia? Non c'è lavoro più importante da fare nella sua specialità? E sento che molti colleghi la vedono proprio così. Ma io non riesco a condividere questo punto di vista. Quando penso agli studenti più bravi che ho incontrato nel mio insegnamento – che sono quelli che si distinguono per indipendenza di giudizio e non solo per velocità di pensiero – posso affermare che avevano tutti un vigoroso interesse per l'epistemologia. Iniziavano volentieri discussioni sui metodi e i fini della scienza, e mostravano in modo non equivoco, attraverso la tenacia con cui difendevano il loro punto di vista, che tale materia per loro era importante (Einstein 1916, p. 101).⁴

Formare abilità: il ruolo della Ricerca in Didattica della Fisica e il suo rapporto con la storia della fisica (Marisa Michelini)

L'istruzione può essere una semplice offerta d'informazione; essa mira a produrre l'acquisizione di conoscenze, non è quindi disgiunta dalla formazione di capacità o ancor meglio di competenze che formano una cultura di ambito. Le discipline fondano, infatti, il processo interpretativo e si configurano come mappe per orientarci nell'interpretare l'esperienza. Produrre educazione e cultura significa produrre appropriazione di modi di guardare (epistemologie), strumenti e metodologie per farlo.

La missione della formazione oggi non è quella di insegnare, ma di trovare strategie e modalità per far apprendere. Si deve produrre l'appropriazione di strumenti e metodi disciplinari nei contesti disponibili per saperli utilizzare in seguito in altri contesti, spesso interdisciplinari.

L'innovazione richiesta alla scuola oggi è legata alla trasformazione dalla scuola delle conoscenze a quella delle competenze, dai programmi delle discipline alla progettazione unitaria del curriculum verticale e dall'insegnamento sequenziale delle singole materie a un processo di insegnamento/apprendimento con personale coinvolgimento di chi apprende.

La Ricerca in Didattica della Fisica (RDF), come quella in storia della fisica, si colloca in un settore scientifico disciplinare (FIS/08) in difficoltà per molte ragioni tra cui principalmente: lo scarso riconoscimento che ha tale ricerca nei dipartimenti di fisica in cui si trova e in cui vuole collocarsi, la mancanza di finanziamenti e di risorse umane; la carriera in tale settore non è promossa, anzi, è particolarmente ardua. Eppure la RDF contribuisce al successo formativo a tutti i livelli scolari e c'è oggi un grande bisogno d'innovazione didattica a tutti i livelli, non di meno a livello universitario. Il contributo della RDF è confuso con la comunicazione, la divulgazione, l'applicazione di

⁴ L'originale in Einstein (1916) è in tedesco, qui è riportata la traduzione da Dorato (2008).

conoscenze. Le RDF sono spesso confuse con ricerche pedagogiche, sociologiche o psicologiche, oppure identificate con la pedagogia della fisica nel senso di aspetti metodologici generali come il ruolo del lavoro di gruppo, dei compiti a casa o del lavoro individuale nell'ambito delle attività didattiche. Non è compresa la natura specifica della RDF, volta a conoscere modalità di apprendimento specifiche disciplinari e a mettere a punto percorsi di integrazione di conoscenze e abilità, aspetti culturali e strumenti operativi per formare quelle competenze che costituiscono cultura.

La messa a punto di percorsi basati su evidenze di ricerca viene poi spesso considerato allo stesso livello di una pianificazione o programmazione scolastica operata dall'insegnante esperto, la cui esperienza e il cui intuito vengono considerati sostitutivi di studi e ricerche. Si confondono così il testimone di esperienza e la buona pratica con la ricerca, quando entrambi sono indispensabili per lo sviluppo professionale del docente. È quindi necessario chiarire in primo luogo il carattere delle RDF.

Le ricerche in Didattica della Fisica (RDF) sono specifiche dei contenuti, dell'epistemologia, degli strumenti e dei metodi della fisica e della sua didattica. Esse hanno natura interdisciplinare con altri campi di ricerca in pedagogia, in psicologia, in sociologia, in linguistica e in comunicazione, ma hanno specifici contenuti e ruoli. Trovare i modi per produrre apprendimento della meccanica quantistica nella scuola secondaria e capire quali piste di ragionamento si attivano nel processo da parte dei ragazzi è evidentemente uno specifico della RDF, che nessuno degli altri campi di ricerca con cui essa si relaziona può condurre.

Le RDF sono poi diverse e di natura diversa, ne derivano pertanto contributi in un ampio spettro.

Come appare in Fig. 1, vi è il filone della ricerca e dello sviluppo, che produce materiali didattici di diverso tipo, come esperimenti, software, schede di lavoro. Vi è il filone delle ricerche sul curriculum che porta a studi comparati nei contenuti, nelle attività e nel modo di condurre percorsi verticali e permette di studiare e fissare esiti di apprendimento nelle diverse fasi del curriculum. In Fig. 2 è riportato il quadro teorico di riferimento di van den Akker, che è uno dei più diffusi per la ricerca curriculare (van den Akker, Fasoglio, Mulder 2008), mentre la Tabella 1 illustra esempi di domande di ricerca in questo campo.

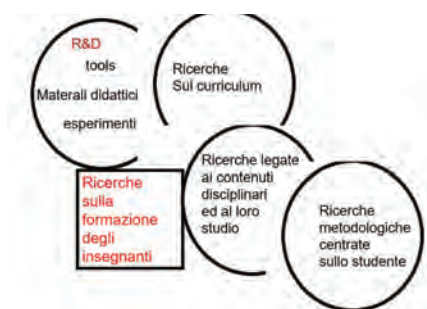


Fig. 1. I diversi campi di Ricerca in Didattica della Fisica (RDF)

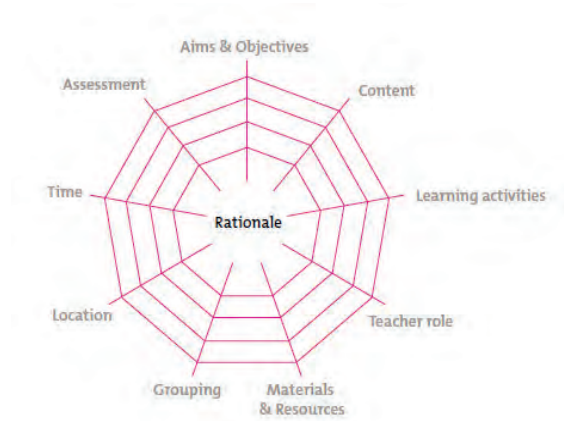


Fig. 2. Uno dei principali quadri teorici di riferimento della ricerca curriculare definito in (van den Akker, Fasoglio, Mulder 2008)

Un ampio ambito di ricerche RDF è focalizzato sui contenuti disciplinari (“content research”) e sulle modalità con cui vengono appresi, ivi comprese strategie, metodi, strumenti di ricerca, ragionamenti degli studenti e modelli interpretativi, che determinano i modi con cui i contenuti disciplinari possono essere proposti per favorire l’apprendimento. Una domanda che gli stessi ricercatori in questo ambito si sono posti è: perché focalizzare la ricerca sui contenuti invece che sui soli metodi?

RQ1. Gli studenti sono interessati e motivati nello studio di MST?	Out1. Come motivare gli studenti.
RQ2. Quali sono le principali attività didattiche effettuate a scuola?	Out2. Quale contributo ad arricchire le attività didattiche.
RQ3. Quanto tempo gli studenti dedicano allo studio delle MST?	Out3. Come differenziare le attività.
RQ4. Quali sono i materiali didattici che gli alunni utilizzano a scuola?	Out4. Quali materiali didattici offrire.
RQ5. Come sono valutati gli alunni?	Out5. Le valutazioni e il monitoraggio degli apprendimenti.
RQ6. Dove si svolgono le lezioni?	Out6. Studio di nuove occasioni e modalità didattiche.

Tabella 1. Domande di ricerca sul *curriculum*

La risposta è arrivata assieme a diversi studi sulla ricerca didattica basata sui contenuti *physics education content research* ben rappresentati dai documenti (McDermott, Redish 1999) e dal contributo di rassegna di Hans Niedderer (2010). Tali studi ci portano le seguenti risposte: 1) la didattica di una specifica disciplina è essenzialmente lo studio di come offrire educazione scientifica; 2) l'apprendimento è legato a specifici contenuti e non basta considerare metodi generali; 3) si deve migliorare la pratica didattica nel merito dei contenuti disciplinari con la ricerca; 3) si deve promuovere la ricerca sulla struttura dei contenuti; 4) esplorare i processi di insegnamento /apprendimento per nuovi argomenti è una necessità a cui solo la RDF può rispondere; 5) serve esplorare l'apprendimento concettuale e l'attività di laboratorio; 6) lo studio di strategie e metodi per superare nodi concettuali è strettamente legato ai contenuti e ai materiali messi in campo, in termini di ruolo in apprendimenti specifici; 7) vi è un estremo bisogno di studiare percorsi didattici e apprendimenti associati.

I tipi di ricerca nell'ambito della *Content-Oriented Theory* riguardano, ad esempio: la determinazione di obiettivi e contesti, le idee dei ragazzi sulle spiegazioni e interpretazioni dei fenomeni e i ragionamenti associati, i percorsi e i processi di apprendimento degli studenti; lo sviluppo di test su specifici contenuti; trovare risultati in merito al ruolo per l'apprendimento di approcci, concetti, contesti, motivazioni in merito a specifici temi; individuare profili concettuali e concezioni parallele rispetto a quella scientifica; studiare le traiettorie di apprendimento e gli associati processi. Si studiano percorsi di insegnamento/apprendimento, ruolo di strumenti differenziati nell'apprendimento, *Design-Based Research* (discussa in Constantinou 2011), lo sviluppo del pensiero formale, i progressi nell'apprendimento e la formazione degli insegnanti e del loro sviluppo professionale (nel sito [GIREP]) e in alcuni siti di ricerca didattica si trovano contributi significativi presentati in convegni, come in [GIREP Seminar 2001] e in [GIREP Seminar 2003] oppure in [UNIUD Proceedings].

Il quadro teorico di riferimento per le ricerche in questo campo è il *Model of Educational Reconstruction*, la cui struttura si articola come segue:

A. Analisi della struttura dei contenuti

A1. Chiarificazione disciplinare:

A1.1 – libri di testo e pubblicazioni;

A1.2 – sviluppo storico delle idee;

A1.3 – concezioni e idee spontanee dei ragazzi.

A2. Analisi della significatività educativa.

B. Ricerca sui percorsi di I/A.

C. Sviluppo di materiali e attività di ricerca. Proposte di I/A con nuovi metodi.

Particolare attenzione è dedicata in queste ricerche ai nodi concettuali. Essi nascono da ragionamenti di senso comune, ragionamenti naturali impliciti con correlati elementi di coerenza (come le convinzioni che serve una forza per avere un moto a velocità costante, il calore è una sostanza, il galleggiamento è una posizione nel liquido proporzionale al peso del corpo). Oggi sappiamo che non c'è l'osservazione senza un'idea interpretativa (esplicita o implicita). Ciascuno di noi nel leggere la

fenomenologia fa ragionamenti di senso comune, che originano: da elementi percettivi ed evidenze sperimentali contingenti (sensazione termica, meccanismo della visione), da ambiguità del linguaggio (avere forza), da modelli interpretativi storici superati ed entrati nella nostra cultura (calore). Il relativo livello di coerenza ne determina la resistenza. Dalle ricerche in didattica scientifica emerge che la conoscenza scolastica e i ragionamenti naturali spesso coesistono nello stesso territorio. Vi sono angoli strategici dai quali la conoscenza di senso comune interpreta la fenomenologia e fornisce chiavi interpretative, che emergono in termini operativi per un grande numero di contesti fenomenologici (attrito, linee di campo, modelli oggettuali...). Spesso esse non coincidono con la struttura ortodossa della disciplina. È necessario trovare le chiavi interpretative e gli angoli strategici per costruire i ponti per raggiungere la visione scientifica, trovando angoli di attacco per attivare i ragionamenti. Si deve porre attenzione a non rafforzare le idee ingenui e di senso comune e il linguaggio approssimato, ma costruire il ponte verso la visione scientifica dei fenomeni, come associando il concetto di forza allo sforzo muscolare, lasciar costruire l'idea che l'energia è un ente reale, che passa, si consuma, si genera, si disperde, si immagazzina, limitare il concetto di pressione.

L'altro grande ambito su cui le ricerche RDF si inquadrano riguarda gli aspetti metodologici centrati sullo studente, come i modi in cui si realizza il cambiamento concettuale e il ruolo di modelli, argomentazioni, rappresentazioni nei processi di apprendimento in fisica. Esempi di linee di ricerca basate su aspetti metodologici sono: 1) apprendimento scientifico e comprensione concettuale; 2) aspetti cognitivi, affettivi e sociali dell'apprendimento scientifico; 3) processi di insegnamento scientifico; 4) natura della scienza: storia, filosofia e sociologia della scienza; 5) discorsi e argomentazioni nell'educazione scientifica; 6) alfabetizzazione scientifica e questioni socio-scientifiche; 7) ambiente, salute ed educazione scientifica nel mondo intorno a noi; 8) valutazione dell'apprendimento e dello sviluppo di competenze; 9) questioni culturali, sociali e di genere nell'educazione scientifica e tecnologica; 10) questioni metodologiche nella ricerca sull'educazione scientifica.

Uno spazio a sé stante merita il vastissimo campo di ricerche su modelli e processi della formazione degli insegnanti. Si tratta degli studi sull'apprendimento dell'insegnante e lo sviluppo della professionalità docente, che si collocano in un ampio contesto di analisi dei bisogni dell'insegnante per l'appropriazione di strategie e metodi che producono competenze professionali specifiche per la fisica.

La RDF riguarda quindi strumenti per la didattica, contenuti e percorsi didattici, metodi per l'apprendimento, formazione degli insegnanti, ambiti e contesti differenziati in cui i processi di apprendimento avvengono.

Le ricerche in didattica della fisica a Udine. Le ricerche in didattica della fisica di Udine si svolgono in 3 direzioni:

1. Processi di apprendimento e ruolo di:
 - ragionamento nell'operatività: *hands-on & minds-on* per interpretare i fenomeni;

- modelli oggettuali: strumenti per costruire il ponte tra il senso comune e le idee della fisica.
- 2. Contributo delle TIC: RTL e *modeling*.
- 3. Costruire il pensiero teorico: un percorso ispirato a Dirac per affrontare la meccanica quantistica.

Dalle ricerche sappiamo che in base alla “idea” di una realtà... *nei singoli e nei gruppi* si costituiscono delle rappresentazioni/schemi mentali rilevanti per relazionarsi con essa – “riconoscere” e comprendere le azioni, progettare modi di rapportarsi a essa. L’immagine di un contesto definisce le aspettative di chi si rapporta con esso a tutti i livelli e orienta le scelte: è quindi importante offrire ai giovani esperienze metodologicamente diverse e riferite a diverse realtà.

Un impegno particolare riguarda la ricerca sulla formazione degli insegnanti a partire dal quadro di riferimento fondato da Shulman (1998) del PCK (*Pedagogical Content Knowledge*, o insegnabilità), che va oltre la conoscenza della disciplina in sé, gli aspetti pedagogici della didattica e comprende le più utili e alternative forme di analogie significative, rappresentazioni, illustrazioni ed esempi, spiegazioni. Comprende una comprensione di ciò che rende facile o difficile l’apprendimento di specifici argomenti (didattica dei contenuti), concezioni e preconcezioni (processi di apprendimento agiti), strategie fertili nella riorganizzazione della comprensione, idee spontanee e loro influenza sull’apprendimento, conoscenza basata sulla ricerca e comprensione dei contenuti disciplinari.

Dalle sperimentazioni di ricerca sulla formazione degli insegnanti emerge che la conoscenza dei contenuti tradizionale (CK) associata alla conoscenza pedagogica tradizionale di base (PK) non produce automaticamente nell’insegnante l’integrazione tra CK e PK. L’insegnante formato in questo modo riproduce lo stile d’insegnamento trasmissivo con una lista narrativa di nozioni: risposte a questioni non poste! Il ragionamento di senso comune è evocato come strategia per coinvolgere lo studente, ma non è usato come punto di partenza per produrre l’evoluzione del modo di pensare dello studente stesso. La prospettiva globale non è promossa da quella locale nei ragionamenti.

La soluzione proposta è allora costruire la conoscenza dei contenuti CK analizzando proposte didattiche che vengono dalla ricerca e l’integrazione di tre modelli nella formazione degli insegnanti; quello metaculturale, quello esperienziale e quello situato. Il modello metaculturale offre esempi di trattazione didattica dei contenuti integrando una riflessione su conoscenza della materia, natura della conoscenza in fisica, esemplificando modalità in percorsi didattici in cui si affrontano i nodi concettuali e le difficoltà nei processi di apprendimento della disciplina. Quello esperienziale propone all’insegnante mediante tutorial e attività specifiche di vivere nell’innovazione didattica la stessa esperienza dello studente che apprende in termini di sfide intellettuali e problematiche. Quello situato si fonda sulla ricerca-azione e rappresenta l’apprendimento dell’insegnante nel contesto professionale in cui esplora i ragionamenti dei ragazzi, ne analizza le difficoltà e monitorizza il processo di evoluzione di idee.

La seguente figura sintetizza questa irrinunciabile integrazione.

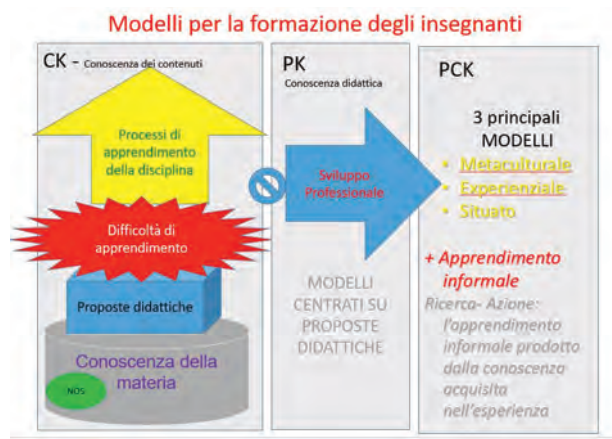


Fig. 3. Modelli per la formazione degli insegnanti

La nuova legge sulla formazione degli insegnanti prospetta l'opportunità di operare questa saldatura, o meglio integrazione, e offre anche la possibilità di saldare la formazione iniziale dell'insegnante con lo sviluppo professionale dell'insegnante in servizio, poggiandosi sul ponte tra ricerca didattica e pratica scolastica. Si deve porre attenzione a non ricadere nelle ambiguità sopra menzionate e fare della RDF una risorsa per lo sviluppo e la qualità nella didattica della fisica.

La storia contribuisce in termini multidimensionali alla RDF. Vediamone alcuni. La storia delle idee, degli uomini in un contesto sociale, gli strumenti sono un contenuto in sé, ma offrono anche contributi metodologici. Esempi di natura diversa sul ruolo della storia sono gli strumenti concettuali della storia delle idee, che utilizziamo per superare i nodi di apprendimento, come l'esperimento mentale di Newton del lancio di una palla da un'alta montagna, l'ascensore di Einstein o il telo di Eddington per chiarire cosa vuol dire cadere.

Le rappresentazioni per organizzare idee e concetti costituiscono una risorsa per l'esplorazione concettuale, come le linee di campo magnetico.

Sono palestra di apprendimento i modelli di ragionamento per spiegare fenomeni, come nell'ottica geometrica l'interazione della luce con i materiali e il meccanismo della visione, le ombre, la riflessione, la camera oscura, il caso della rifrazione e, non ultima, la storia dell'arte e i fenomeni ottici: capire i colori (dalla luce alla radiazione).

La natura della spiegazione e il significato dell'interpretazione, come la costruzione e rivisitazione delle leggi fenomenologiche a confronto con le teorie, fondano l'identità della fisica nella sua didattica e devono entrare nel processo di apprendimento come esperienza di personale rielaborazione concettuale. Ciò spinge la ricerca didattica a fare della storia della fisica e della sua ricerca una risorsa concettuale. Per rimanere nel campo dell'ottica ecco allora che l'esplorazione del ruolo e delle conseguenze dell'applicazione del principio di Huygens costituisce risorsa per l'apprendimento che fonda cultura in fisica, come anche nelle nuove linee guida per il

curriculum di spettroscopia, l'emissione e assorbimento di radiazione, una storia interpretativa, la nascita di nuove idee, la nascita di nuove teorie.

Abbiamo bisogno di una storia della fisica e della scienza senza narrazione per l'argomentazione e la costruzione di una conoscenza che sia strumento per nuove conoscenze.

La formazione dei ricercatori in Storia della Scienza (Augusto Garuccio)

I temi del ruolo della storia della scienza nella formazione dei fisici e quello più generale della formazione dei ricercatori in storia della scienza sono molto complessi, giacché sono l'intreccio dello sviluppo storico delle ricerche nel settore, della sensibilità della comunità rispetto al tema, di scelte didattiche e accademiche.

Credo che una relazione come quella del collega Rossi dovrebbe essere un punto di riferimento per tutti i giovani che si avvicinano, per esempio, alla fisica teorica in generale e alla teoria dei campi nello specifico. A tutti noi è successo tante volte di iniziare ad affrontare una nuova problematica scientifica entrando direttamente nel terreno della specificità della questione senza avere la possibilità, eventualmente con la guida di qualcuno, di distaccarsi dal contingente (risolvere il problema, pubblicare il più presto possibile, pubblicare sulla rivista di maggior impatto, ecc.) e affrontare la questione da un punto di vista prospettico per comprendere in quale tematica generale, in quale direzione, con quale relazione con le idee fondamentali della scienza e della fisica i ricercatori attuali stanno lavorando.

Il rapporto con la storia della disciplina è un problema fondamentale nella formazione dei giovani fisici ed è ancora più drammatico rispetto agli altri settori del sapere scientifico, come per esempio quello della formazione degli ingegneri, dove per tradizione l'attività consiste nel realizzare "qui e subito" e non anche affrontare temi legati non necessariamente a cose immediatamente realizzabili.

I fisici hanno una lunga tradizione di dibattiti sul fatto che non solo le cose si possono osservare e si possono descrivere, ma anche che si possono ipotizzare anche se non direttamente e immediatamente osservare. Basti pensare alla discussione, che si ebbe nell'Ottocento con la nascita della meccanica statistica, sull'esistenza degli atomi, nella quale si è visto che i fisici sono arrivati per ultimi e con grande sforzo ad accettare l'esistenza degli atomi, recuperando alla fine una fertile idea della cultura greca presente già nei presocratici e riaffiorata nel pensiero occidentale con la scoperta del manoscritto del *De rerum natura* da parte dell'umanista Poggio Bracciolini nel 1417, scoperta che molti studiosi considerano come l'elemento chiave del passaggio dall'Umanesimo al Rinascimento. Oppure al dibattito che si apre nei primi del Novecento intorno ai vari *Gedanken Experiment* sulla meccanica quantistica, come ad esempio il Paradosso di Einstein, Podolsky e Rosen.

Ritornando al nostro tema, credo che la sua risoluzione sia molto complessa, perché tra l'altro tocca alcuni nodi non del tutto sciolti: il rapporto tra storia della fisica (storici della fisica) e storia della scienza (storici della scienza) e, accanto a questo, un terzo nodo rappresentato dalla relazione con la didattica della fisica (didattici della

fisica) unificati in un unico settore scientifico disciplinare (FIS/08) e ora accorpati in un settore concorsuale insieme alla fisica applicata. Il sistema è troppo complesso, come noi ben sappiamo per tutti i problemi a “tre corpi”, e come tale è risolvibile tramite “approssimazioni successive” che necessariamente devono partire dall’idea di accettare la realtà che c’è intorno a noi per trovare man mano soluzioni sempre migliori.

Accanto a questo primo problema c’è un’altra difficoltà tutta interna alla comunità dei fisici: il ruolo degli storici della fisica (ma anche dei didattici della fisica) all’interno dell’organizzazione dei dipartimenti di fisica. Un’interazione in generale difficile, con qualche positiva eccezione, che pesa molto negativamente sull’orientamento dei giovani verso questo settore. Per quella che è la mia esperienza, il 50% degli studenti che seguono i corsi di storia della fisica lo fa perché risulta essere un corso relativamente “facile”, ma il restante 50% lo considera un corso interessante, un corso nel quale riprendono e riavvolgono quel filo generale dello sviluppo della fisica e del suo valore culturale, che in un certo senso hanno smarrito durante il loro corso di studio.

Gli studenti di Fisica si iscrivono a questo corso di laurea non perché siano interessati allo sviluppo di specifici settori come la meccanica quantistica o la teoria dei campi o la fisica delle particelle o la fisica dello stato solido; si iscrivono perché hanno in mente il progetto di poter partecipare allo sviluppo delle conoscenze fisiche e contribuire in qualche modo anche al progresso della collettività. Poi lentamente questo interesse è attutito con l’apprendimento delle competenze specifiche disciplinari, che ovviamente sono fondamentali per formare un fisico moderno. Perdono, però, la visione d’insieme del processo di formazione del loro sapere, per cui, ad esempio, non sanno più localizzare i pensatori nello spazio e nel tempo, perdendo quella dimensione storica del sapere fisico che è, però, una dimensione fondamentale della loro formazione culturale. Senza la dimensione storica, senza la riflessione sull’epistemologia della fisica, la fisica diventa quello che Croce voleva che diventasse: una pura scienza tecnica, un insieme di applicazione subalterna rispetto alla razionalità del pensiero filosofico.

Anche nella fase di formazione dei giovani ricercatori in storia della fisica ho personalmente trovato alcuni ostacoli. Persone autorevoli del mio dipartimento con molto garbo mi invitarono fin dall’inizio a portare le mie ricerche di storia della fisica in un Dottorato diverso da quello di Fisica; per fortuna fui accettato molto volentieri dal collega Mauro Di Giandomenico nel Dottorato di Storia della Scienza dell’Università di Bari, dove incominciai una collaborazione molto proficua, fino a diventarne recentemente coordinatore. Questa esperienza per me è stata un momento di crescita culturale, grazie al confronto tra posizioni e approcci anche diversi portati avanti dai colleghi di storia della scienza; dopo di me, entrarono nel Dottorato altri fisici, chimici, informatici, biologi: tutti contribuendo ad arricchire il Dottorato di Storia della Scienza con le proprie diverse competenze. Ovviamente, però, questo genera una personale dicotomia: la ricerca e la formazione di nuovi ricercatori in storia della fisica si volge l’ambito del Dottorato in Storia della Scienza, ma quella nei fondamenti della fisica nel Dottorato in Fisica. Ogni tanto devo formalmente scegliere quale ruolo assumere.

Questo comportamento non è comune a tutte le Università. Ho cercato di recuperare dei dati riguardanti il peso del settore FIS/08 nei vari Dottorati. Devo dire che non è stato

facile, perché diversi Dottorati non precisano in nessun modo i settori scientifico-disciplinari di fisica che vi afferiscono. Alcuni sì. In questa ricerca ho trovato pochi Dottorati che fanno esplicito riferimento al settore di storia della fisica; molto spesso è indicato solo il settore scientifico disciplinare FIS/08 e, quindi, non si può distinguere tra storici e didattici della fisica. Ad esempio, il Dottorato di Bologna ha sicuramente tra i settori quello di FIS/08, e lo stesso per Napoli; per Padova non è chiaro, perché comprende genericamente tutti i settori; a Udine c'è FIS/08, che è più riferito al settore della didattica, a Genova è citato esplicitamente l'indirizzo di Storia della Fisica.

Nel complesso i Dottorati in Fisica che includono in maniera esplicita il tema della storia della fisica sono una minoranza rispetto al numero totale: forse sono 5 o 6 quelli in cui è affrontato in maniera chiara e precisa.

Ovviamente storia della fisica o FIS/08 sono soltanto un'etichetta; bisognerebbe poi fare un'analisi su quanti sono i dottorandi che effettivamente lavorano in questo settore, ma credo che non si vada oltre il numero delle dita delle due mani. E questo è un problema fondamentale, perché è ben noto che con la nuova normativa introdotta dalla legge 240/2010 bisogna possedere il titolo di dottore per accedere alla carriera universitaria. Mentre in passato si poteva arrivare alle posizioni permanenti universitarie senza titolo di PhD, il vincolo ora vigente impone un percorso di formazione che sia obbligatoriamente all'interno del sistema universitario, anche se non necessariamente italiano.

Allora, qual è la proposta che in questa Tavola rotonda voglio presentare e discutere? Certamente ognuno è libero di continuare per la via già battuta e, tra parentesi, il Dottorato di Storia della Scienza di Bari è sempre stato e continuerà a essere aperto a tutti quelli che vogliono partecipare. Ma questa non è una soluzione di sistema: è una soluzione individuale.

Credo che si dovrebbe pensare a una strategia diversa. Qualche tempo addietro, in Italia avevamo una realtà importante costituita dalla Domus Galileiana, che è stata per molte delle persone qui presenti il luogo nel quale hanno cominciato a discutere di storia della fisica e di storia della scienza e a formarsi come ricercatori: storia delle scienze dure, non soltanto medicina del Settecento o meccanica del Settecento. Ora la Domus Galileiana vive in uno strano stato, una sorta di limbo, e credo che sia attualmente sotto il controllo, o la tutela, della Scuola Normale. Però, forse, potremmo cominciare all'interno della SISFA, così come anche di tutte le società di Storia della Scienza, a elaborare un progetto intorno alla Domus che la ponga al centro della formazione dei nuovi storici delle scienze. Viviamo, infatti, l'assurdo che ora la Domus Galileiana sia gestita dalla Scuola Normale, in cui la raggiunge con punte di eccellenza, però non conosciamo le strategie di questa Istituzione rispetto a quella realtà che ha segnato un momento importante per lo sviluppo in Italia delle ricerche in storia della scienza in generale e della fisica in particolare.

La mia proposta, quindi, è quella di concentrare gli sforzi sulla nascita di un nuovo Centro d'eccellenza centrato sulla Domus, nel quale si formino, in collaborazione con le Università interessate, i nuovi ricercatori di storia della fisica (e delle varie scienze) che, poi, rispondano all'esigenza di storici specialistici nei vari dipartimenti su tutto il territorio nazionale. Può essere un ragionevole tentativo da metter in atto prima di

dichiarare il fallimento di ogni nostra politica della ricerca in storia della fisica e rinchiuderci ciascuno nel proprio orticello.

La scommessa dei nuovi linguaggi (Stefano Oss)

Qualcuno parla di *soft skills* per riferirsi a quella classe di competenze che non sono strettamente disciplinari ma comunque utili a completare la figura professionale e culturale dello scienziato. Fisico o altro che sia. Si tratta di un aspetto di tutto rilievo nel contesto della società contemporanea che chiede – anzi, pretende – una chiarezza e una comunicatività senza precedenti agli addetti alla ricerca scientifica, e giustamente. Uno sguardo obiettivo e impietoso sui percorsi formativi degli studenti dei corsi di studio in fisica mostra un grave difetto a tale proposito. Può anche darsi che i nostri laureati conoscano un sacco di fisica (la “conoscono” oppure la “sanno”?). Però le loro competenze comunicative – a parte sicuramente lodevoli improvvisazioni e casi di estemporaneo valore – sono carenti. Molto carenti. Ci premuriamo che i laureati in fisica non sfigurino nell’eloquio anglosassone (il che va sicuramente bene) ma non ci accorgiamo che il “seminario quadratico medio” che sono in grado di produrre è, il più delle volte, una sequenza densa e asettica di trasparenze fitte di formule, grafici, gergalità che, a volte, nemmeno gli addetti ai lavori riescono ad apprezzare.

Che la scienza diventi noiosa o accessibile a pochi iniziati è inaccettabile. Non si tratta di un proclama recente, tutto sommato. Galilei, Faraday, Watson, Sagan, per non scomodare personalità meno influenti del panorama della grande scienza, si erano fortemente schierati a favore della demolizione della torre di avorio nella quale si erano (e ancora sono) barricati certi detentori della pratica scientifica. Queste figure avevano compreso, nella loro grande genialità e umanità, che la conoscenza è sì non “per tutti” (sono gli addetti ai lavori a produrre scienza, nessuno ha e può avere da discutere su quest’aspetto) ma è comunque “di tutti”. Non ha senso che la nostra società sia esclusa dall’affacciarsi al panorama delle conquiste della ricerca scientifica e, soprattutto, dalla consapevolezza che tali conquiste siano tali da portare benessere, miglioramenti e vantaggi ad ampio spettro nella vita e nel quotidiano di tutti.

Ciò che serve – e che deve essere tenuto sempre vivo e alimentato – è un canale comunicativo a elevata efficienza e operatività fra i produttori di scienza e gli utilizzatori di scienza. Fra scienziati e società. Come questo si realizzi, è problema aperto e nemmeno da poco tempo. Ci sono continui tentativi di rimodulazione dell’offerta didattica (nei metodi e nei contenuti) che riguardano, per lo più, il livello scolastico preuniversitario. Nelle aule degli atenei invece l’impianto educativo è piuttosto statico, ormeggiato a stili tradizionalmente frontali, unidirezionali. Non che queste modalità formative siano sostituibili: le scienze fisiche necessitano di studio, riflessione, approfondimento, lettura e riletture di “testi sacri”, di continua sperimentazione e vita da laboratorio di misura. Tutti aspetti ineludibili. Questo non è però sufficiente per realizzare il collegamento scienza-società di cui qui si sta discutendo.

Gli studenti universitari sono anzitutto cittadini e, in quanto tali, hanno il diritto-dovere di essere sostenuti in una crescita a più ampio spettro culturale. Come a dire, “la

fisica non è tutto”. Ci sono altri due pilastri portanti nella formazione dello scienziato contemporaneo.

Da un lato è necessario inventare e realizzare percorsi formativi dedicati esplicitamente alle menzionate *soft skills*, ovvero a quella classe di competenze che sono necessarie a completare la figura professionale del futuro fisico. Ci si riferisce qui a quella parte di conoscenze che sono più affini ad aspetti giuridico-economico, a quelli di genere storico-filosofico e a questioni di tipo comunicativo ed espositivo. Per quanto riguarda i primi, è evidenza quotidiana che la vita nei centri di ricerca (università incluse) è fortemente influenzata da questioni per l'appunto burocratico-amministrativo. È certamente vero che al fine di supportare queste esigenze esiste il comparto di professionisti dedicati. Il più delle volte però accade che i ricercatori “non capiscano” il linguaggio della burocrazia. Semplicemente perché non lo conoscono nemmeno a livello dei suoi fondamenti. Non basta dunque appoggiarsi passivamente all'operato degli amministrativi. È necessario collaborare con loro per giungere a un'intesa efficiente e vantaggiosa per tutti. Per quanto riguarda invece gli aspetti di ordine storico-filosofico, è essenziale che la figura dello scienziato contemporaneo sia completata e arricchita da un minimo di conoscenze che permettano un dialogo partecipato e fattivo al cospetto di dibattiti e riflessioni pubbliche su questioni per esempio di etica e cittadinanza scientifica, di epistemologia e di responsabilità sociale. Non si tratta di aspetti sui quali si possa più di un tanto improvvisare. Si tratta di argomenti critici e forieri di importanti conseguenze generali per quanto riguarda la percezione sociale della ricerca scientifica. Le questioni poi di genere “comunicativo” sono legate alle (mancanti, a volte) abilità del ricercatore di esporre i risultati del suo lavoro con efficacia diversa e mirata in funzione del pubblico. Siamo in tempi di potentissimo supporto informatico e multimediale all'operato della ricerca. Le tecniche di visualizzazione (incluse le nuove realtà virtuali e aumentate) hanno rivoluzionato il modo in cui è possibile accedere alle informazioni e ai risultati che caratterizzano un'indagine scientifica. Nonostante ciò, allo studente dei corsi di studio in fisica non si offre molto più di qualche corso introduttivo al linguaggio e alla programmazione informatica oppure a qualche pacchetto di applicativi scientifici. E le presentazioni, i seminari, le conferenze continuano a venire realizzate in modalità statiche, in modo non del tutto dissimile da quando il supporto erano le “antiche” trasparenze per il proiettore retroilluminato.

È dunque necessario predisporre un'offerta formativa “estesa”, che includa corsi introduttivi e/o generali sulle sunnominate discipline (amministrazione pubblica, giurisdizione nella ricerca, storia, filosofia e sociologia della scienza, tecniche di visualizzazione, organizzazione di seminari, *public speaking* e così via).

A titolo di esempio, presso l'Ateneo di Trento è stato predisposto e offerto agli studenti (di qualsiasi corso di studio, a partire dal primo livello magistrale) un corso [*Scientific Visualization*] nel quale viene presentata una rassegna sui principali “motori di visualizzazione” e sulle tecniche di realizzazione di tipo grafico supportata dal computer. Detta rassegna si rivolge a molti ambiti disciplinari, spaziando dalla biologia alla matematica, dall'ingegneria alla fisica, all'informatica, alle varie specialità tecnologiche.

Il secondo pilastro è quello della scoperta e padronanza di “nuovi” linguaggi nella comunicazione e nella diffusione della cultura e della ricerca scientifica.

In quest'ambito si intende riferirsi *in primis* ad abilità espressive che, tutto sommato, dovrebbero risultare standard per chiunque si esprima nella propria lingua nativa. La situazione è invece diversa. È certamente vero che il gergale delle scienze fisiche non si permette troppe finezze sintattiche (in qualsiasi lingua) e che lo stile letterario di una pubblicazione scientifica non è particolarmente attraente dal punto di vista della metrica e dell'estetica. Ed è giusto che sia così, quando ci si deve muovere all'interno dell'ambito tecnico. Diverso è però se il fisico deve "raccontare una storia di scienza". È altro da scrivere una pubblicazione, nella quale "è proibito emozionarsi ed emozionare": la gente che non fa della scienza la propria professione ha diritto di essere "meravigliata" almeno quanto lo è lo scienziato al cospetto del fascino delle sue ricerche e dei risultati che ottiene.

Per affrontare e iniziare a dirimere questi problemi si deve procedere su due fronti. Da un lato, gli studenti dei corsi di studio scientifici devono ridiscutere e modulare il loro stile di redazione di testi e, allo stesso tempo, gli studenti di corsi di studio umanistico (non che la scienza sia disumana, ma si è sempre prigionieri della dicotomia crociana della cultura) e letterario devono ricevere sufficiente informazione su questioni scientifiche e tecnologiche. Un incrocio virtuoso di abilità che può essere realizzato in laboratori "misti", nei quali, per esempio, studenti "scienziati" e studenti "poeti" collaborano per convergere alla redazione di testi di contenuto tecnico e di spessore stilistico appropriato. Questo tipo di collaborazione è stato realizzato a Trento presso l'Istituto della Provincia Autonoma per la Ricerca e Sperimentazione Educativa in una serie di attività combinate fra docenti di scuole di I e II grado secondario di ambiti scientifico e umanistico. Con risultati piuttosto sorprendenti (il docente di italiano è "più bravo" di quello di scienze a raccontare la storia – e la sostanza! – di un esperimento condotto in laboratorio). La ricchezza del linguaggio parlato (e scritto) non contamina il rigore della matematica e delle scienze, tutt'altro: si rivela fonte di arricchimento e di approfondimento anche contenutistico, ben oltre gli aspetti estetici.

Un altro versante che è stato sperimentato a Trento in tema di nuovi linguaggi è quello dell'intesa fra narrazione teatrale e contenuto scientifico. È noto e conosciuto il binomio teatro-scienza da molti decenni. Si tratta però di un connubio per lo più affidato ad attori e registi – non scienziati – che drammatizzano avventure umane nelle quali i protagonisti sono dedicati all'impresa della ricerca scientifica. L'idea tridentina va oltre questa modalità. È stato fondato un laboratorio di teatro scienza (JPT [*Jet Propulsion Theater*]) nel quale scienziati e artisti condividono profondamente le loro competenze, dialogano, si offrono al pubblico, rivolgendosi anche alle scuole in un intento con dense valenze didattiche e formative. All'interno di questo laboratorio nasce anche l'offerta formativa a livello universitario consistente in un corso a livello di laurea triennale (senza distinzioni di corso di studio ma con priorità di accesso agli studenti di fisica) [Emozionare con la Scienza]. Gli studenti, sotto la guida di un attore, drammaturgo, scrittore e fisico di formazione, seguono un percorso di scuola teatrale che li conduce alla realizzazione di un evento narrativo (un monologo, tipicamente) personale, una sperimentazione che consente di capire come sia difficile (ma altamente coinvolgente e corroborante) l'arte di meravigliare parlando di cose di scienza.

A proposito di meraviglia, l'Ateneo di Trento, assieme al teatro Portland che è la componente artistica del *Jet Propulsion Theater*, ha realizzato nel 2017 la prima edizione di un Festival di teatro scientifico [Teatro della Meraviglia], che ha messo in scena una sequenza di otto eventi (recite teatrali e *augmented lectures*, dialoghi fra scienziati e artisti) con una presenza di più di 1000 persone che confermano la voglia – forse addirittura la necessità – della gente di essere coinvolta dalla “Meraviglia”.

Il patrimonio storico-astronomico: problema o risorsa? (Ileana Chinnici)

Nell'iniziare la conversazione su questo tema, vorrei partire da un'esperienza personale. Sono laureata in fisica, ma ho sempre avuto il pallino dell'astronomia: al terzo anno di Università, ho inserito l'astronomia nel mio piano di studi e ho cominciato a bazzicare l'Osservatorio astronomico di Palermo. Quando ho iniziato a frequentare le lezioni, ricordo, in modo molto netto, che la mia attenzione fu attirata da un'enorme stanza con una vetrata, piena zeppa di materiali, strumenti, di vetrine piene di libri, ecc.: una sorta di deposito di oggetti, di strumenti, di materiali che in qualche modo avevano a che fare con il passato e con la storia di quell'Osservatorio.

Parto da questa esperienza, perché sono sicura che un po' tutti noi abbiamo fatto un'esperienza simile: lavorando in una scuola, o in un liceo, o in un istituto, o in laboratorio, tanti di noi hanno avuto a che fare con stanze piene di oggetti, piene di materiali, chiedendosi cosa fossero quei materiali, e rendendosi progressivamente conto che sono la nostra storia, sono l'espressione del passato, della memoria di quello che è stato il cammino che quella istituzione ha compiuto. Nonostante il loro pregnante significato, per tanto tempo questi materiali sono stati considerati un problema; costituiscono un passato ingombrante, non solo in senso metaforico, ma anche in senso fisico: sono, infatti, oggetti che richiedono spazi, che richiedono un recupero, a volte richiedono un restauro, a volte richiedono una catalogazione, o un'inventariazione. Pertanto, al di là dello spazio fisico, che è il primo problema che si pone davanti a un patrimonio materiale consistente, c'è un secondo problema che è quello delle competenze, ovvero di come trattare questo materiale in maniera appropriata.

A questo proposito, vorrei estendere il concetto di patrimonio culturale e storico, che non è ovviamente limitato soltanto agli strumenti, ma include anche i materiali cartacei, quindi i libri e gli archivi. In un ipotetico spazio della memoria, infatti, tre sono gli assi cartesiani in cui dobbiamo muoverci per calcolare il volume del nostro patrimonio: cioè proprio gli strumenti, le biblioteche (cioè i libri) e gli archivi. In realtà, ci sarebbe un quarto asse, nel quale dovrebbero andare a confluire gli arredi, le suppellettili, gli edifici; tuttavia, per semplificare il problema, spalmiamo questi materiali su altre tipologie, e li consideriamo accessori.

Per anni, questi materiali hanno costituito un problema: cosa fare di questi oggetti, cosa fare di questo patrimonio che si accumula nel corso del tempo? Anche la dismissione progressiva degli oggetti e degli strumenti che le nostre istituzioni utilizzano, nonché l'archiviazione progressiva dei documenti che man mano le nostre istituzioni producono, continuano a diventare un patrimonio che spesso non sappiamo come trattare.

Sorvolo sul fatto che una grande quantità di materiali di valore storico è stata buttata via, nel corso dei secoli, per negligenza o anche solo per scarsa sensibilità o per inesperienza, e sottolineo invece che di recente il patrimonio storico scientifico è stato finalmente riconosciuto come bene culturale, con una propria dignità. È vero che l'Italia ha un patrimonio archeologico e artistico tale da sommergere quello scientifico; va però segnalato che, di recente, c'è stata una presa di coscienza del valore anche di questo patrimonio. Il MiBAC, infatti, lo ha finalmente inserito tra il patrimonio da tutelare e salvaguardare e ne ha anche indicato dei criteri di catalogazione, attraverso la formulazione della scheda PST (patrimonio scientifico e tecnologico) da utilizzare per catalogare questo tipo di oggetti. C'è stato un passaggio, tuttavia, che ha portato a questa nuova visione, ed è stato che alcune persone (e alcune di queste sono qui tra noi), di fronte a questo problema, si sono impegnate per trasformarlo in una risorsa. Alcuni dei relatori qui presenti, infatti, hanno, insieme ad altri colleghi, recuperato gran parte di questo patrimonio – e quindi di questa memoria – attraverso un'azione di restauro, salvaguardia, valorizzazione, che aveva come obiettivo finale la restituzione di questo patrimonio alla comunità. In tal modo, si è aperta la possibilità di rendere questo patrimonio fruibile a più livelli, non soltanto allo studioso e allo specialista, che andava a esaminare l'oggetto per un interesse di ricerca, ma anche allo studente, che andava a guardare questi oggetti per apprendimento, e al vasto pubblico, che andava a fruire di queste collezioni per un semplice godimento estetico, oltre che, ovviamente, per un interesse culturale generico.

Queste persone hanno lavorato in maniera tale da trasformare questi depositi in vere e proprie collezioni musealizzate, quindi offerte, in qualche modo, alla collettività. Questo è stato fatto non solo negli osservatori astronomici, ma anche in molti dipartimenti universitari e in molte scuole, e certamente attraverso questa importante operazione di recupero che è stata svolta, oggi il problema è diventato una risorsa. Ma cosa ha reso possibile questo passaggio, quale è stato il processo che ha permesso di trasformare un problema in una risorsa? Non è stata una scelta politica, quella di salvaguardare questo patrimonio: è stata una scelta sostanzialmente legata alla passione, alla sensibilità di alcune persone, le quali hanno deciso di investire tempo ed energie nel recupero di queste collezioni. Dobbiamo dire oggi, a distanza di almeno una ventina di anni, e forse più, che questo investimento ha portato frutto, perché grazie al loro spendersi, noi oggi abbiamo un patrimonio che è fruibile e costituisce davvero una risorsa.

Perché costituisce una risorsa? Non solo per una fruizione a più livelli, come già detto, ma anche perché è materiale su cui è possibile condurre ricerca storica, non soltanto da parte degli studiosi, ma anche in ambito universitario: oggi c'è la possibilità di offrire delle tesi di laurea su questo materiale storico che è conservato nei nostri dipartimenti, o anche nelle scuole o nei licei; si può offrire agli studenti la possibilità di fare delle ricerche sui materiali storici che sono conservati presso la loro scuola. Questo ci fa cambiare prospettiva e guardare questo materiale come un'opportunità; questi oggetti possono continuare a svolgere un loro ruolo, un loro compito, ad avere un loro utilizzo, che abbia poi una ricaduta concreta sull'attuale contesto sociale, culturale, scolastico, e così via.

C'è un rischio, ovviamente, ed è che la risorsa ritorni a diventare problema; infatti, così come nell'operazione iniziale è stato necessario fare un investimento, in termini di persone, di tempo e di energie, occorre ancora fare un analogo investimento, perché questo materiale sia recuperato e reso fruibile, altrimenti torna a diventare un problema: anche recuperare le collezioni, ma non avere poi qualcuno che se ne occupa, e che in qualche modo garantisce le necessarie azioni di tutela e di fruizione, rischia di far ritornare il problema.

Questo non è un momento particolarmente felice, lo sappiamo, per le risorse, sia economiche che umane: però, certamente questo dovrebbe e potrebbe auspicabilmente essere un ambito nel quale investire entrambi i tipi di risorse, proprio per le enormi potenzialità che questo tipo di patrimonio offre, con tutte le problematiche che ha. Certamente il restauro di un oggetto, così come di un libro o di una carta di archivio, non è banale, né lo è la sua conservazione, se vogliamo essere attenti a tutti gli standard che ci sono indicati; una volta fatto questo lavoro, però, ci rendiamo conto della sua importanza e dell'impatto che potenzialmente ha nel proprio territorio. Sta a noi, quindi, adesso, avere cura che non si perda quanto è stato fatto negli ultimi decenni, e garantire lunga vita a queste collezioni, a questi strumenti, a questi libri, a questi archivi: una lunga vita attiva, e non passiva, cioè di semplice conservazione, ma una vita attiva, di interazione con persone che intendano fare di questo materiale degli strumenti per la propria ricerca, per la propria fruizione e formazione.

Intervento (*Fausto Casi*)

Prendo la parola presentandomi e ricordando che il "Museo dei Mezzi di Comunicazione" del Comune di Arezzo, del quale sono il Direttore, ha ospitato la riunione congressuale SISFA 2015, e quindi molti dei presenti si ricordano della nostra struttura.

Sentiti i punti molto critici sulla poca considerazione attuale che la Storia della Scienza e dell'Astronomia ha in questo momento, cosa confermata dagli ultimi interventi alla Tavola rotonda, fatti dai soggetti più direttamente coinvolti, titolari delle pochissime cattedre ufficiali riconosciute dallo Stato, si pone il problema del futuro interesse della scuola, l'Università e il mondo della Ricerca: la mancanza di elementi, di giovani, che possano in futuro prendere la strada della storia della Scienza e dell'Astronomia.

Se questa è la fotografia della nostra Italia dobbiamo fare un esame generale e ammettere che nelle scuole primarie o secondarie non esistono momenti didattici relativi a queste discipline scientifiche e, tanto meno, nei vari piani di studio delle Università.

Negli atenei stranieri esistono, nella serie fra le discipline a scelta di ogni studente, anche quelle sulla Storia della Scienza o dell'Astronomia, e quindi sono in molti a essere iscritti a questi corsi di studio dove trovano insegnanti specializzati nella didattica e nella ricerca in questi ambiti.

Nel nostro Museo abbiamo circa 20 percorsi storico-scientifici e tecnologici, in modo che il visitatore, come l'allievo di scuola primaria o secondaria, possa apprendere – anche se per sommi capi – l'origine del telefono, della radio, del cinema e della televisione, passando per alcuni punti storici evidenziati nelle vetrine e per zone di esercitazioni dirette dove è possibile costatare la riuscita di un esperimento di fisica, sia come gioco ottico, che poi porterà al cinema, sia come azionamento di una apparecchiatura di Guglielmo Marconi dalla cui scintilla trasmessa si ricavano segnali di onde elettromagnetiche capaci di trasportare un messaggio in codice Morse.

Da questi strumenti è facile passare al “fulmine artificiale”, veramente scioccante, che fa ricordare a maggior ragione la visita al Museo, l'esperimento, e, in qualcuno, induce il desiderio di approfondire questa materia, provocando forse la determinazione a fare una scelta di studio su questi argomenti che sono propri della storia della scienza.

In questa prospettiva non abbiamo certo l'aiuto dello Stato che negli ultimi tempi ha considerato superflua anche la storia dell'arte, togliendo dalle scuole artistiche la materia principale per mancanza di professori. Sappiamo di trovarci in un paese che dovrebbe vivere di cultura!

Quindi, la mancanza di occasioni sulla conoscenza è alla base della crisi così profonda che attanaglia l'Italia in questi tempi.

È necessario spronare il Ministro dei Beni Culturali e dell'Università a riconoscere la Storia della Scienza e dell'Astronomia come materie essenziali alla cultura in senso lato; propongo quindi di fare un documento come SISFA, che sono pronto a firmare, per sensibilizzare i vari ministeri onde riottenere la necessaria considerazione nella prospettiva che la nostra generazione sia sostituita da una schiera di giovani studiosi e ricercatori la cui preparazione non sia in nessun lato inferiore a quella straniera.

Intervento (Danilo Capecchi)

Gli argomenti discussi in questa Tavola rotonda si possono raggruppare in due parti. C'è la parte ufficiale teorica, che dà il titolo alla Tavola rotonda e riguarda il ruolo delle discipline trasversali, tra cui la storia della fisica. C'è poi la parte che potremmo chiamare corporativistica, che riguarda la sopravvivenza della storia della fisica come disciplina autonoma.

Io mi riferirò solo alla prima parte. Naturalmente sono d'accordo che le attività trasversali siano fondamentali nella società, ancora di più per la comunità scientifica ormai indirizzata verso forme di specializzazione estreme. Una persona con una formazione scientifica di base dovrebbe avere conoscenze di carattere trasversale che riguardano per esempio la storia, almeno quella moderna, poi il diritto e l'economia e, perché no, anche l'arte. Ciò gli permetterebbe di uscire dall'isolamento in cui attualmente si trova e incidere profondamente sulla società. La storia ci insegna che ciò è possibile; si faccia per esempio riferimento agli scienziati del secolo XIX.

Ma senza allargarsi troppo, i cultori delle materie scientifiche hanno di fronte a sé due attività trasversali che sono loro congeniali e che possono produrre un'apertura mentale importante: la storia e la filosofia della scienza, nel nostro caso della fisica.

Sulla storia si è discusso abbastanza, vorrei quindi spendere due parole sulla filosofia. Essa ha funzioni importanti sia sulla ricerca sia sulla didattica, anche se in modo diverso.

Per ciò che riguarda la ricerca, gli scienziati possono far riferimento ai dibattiti portati avanti dai moderni filosofi della scienza. Dibattiti concentrati specie sulle frontiere della fisica, della biologia e dell'informatica.

Per quanto riguarda la didattica, specie per le scuole secondarie di primo e secondo grado, la situazione è diversa. Ormai non c'è più un dibattito filosofico sulle discipline scientifiche consolidate come, per esempio, la meccanica classica o l'elettrostatica. In questo caso si deve fare riferimento alla storia; essa quando si polarizza sugli aspetti epistemologici diventa filosofia e può stimolare un dibattito che può interessare gli studenti e può far capire loro meglio cosa sia effettivamente la disciplina scientifica che stanno studiando, come la fisica, per esempio.

Credo si debba cercare di fare in modo che la comunità degli storici della fisica interagisca con quella dei filosofi della fisica/scienza per riorganizzare un dibattito su fondamenti delle discipline scientifiche ormai consolidate, che in realtà sono consolidate solo nella prassi ma che lasciano scoperti molti importanti aspetti fondazionali.

Intervento (Roberto Lalli)

Volevo solo richiamare l'attenzione su un punto che, a mio avviso, non è stato affrontato in maniera approfondita nel corso della Tavola rotonda e che, invece, è abbastanza centrale per un discorso strategico sul futuro della nostra società e del settore scientifico-disciplinare FIS/08. A livello internazionale, l'esistenza di un tale gruppo disciplinare è un caso più unico che raro: la presenza di storici disciplinari all'interno di dipartimenti di fisica e astronomia non esiste come tradizione accademica in altri Paesi, almeno se si guarda all'Europa e agli Stati Uniti. Storici della fisica e astronomia, anche coloro con un forte bagaglio tecnico, sono inseriti in genere all'interno di contesti accademici completamente diversi, come per esempio dipartimenti di *Science and Technology Studies* (che per sfortuna in Italia non esistono), storia, filosofia o in istituti di ricerca e dipartimenti dedicati esclusivamente alla storia della scienza.

In Italia, invece, abbiamo una separazione istituzionale netta tra storici disciplinari, che operano dentro dipartimenti di scienze naturali, e storici della scienza con formazione filosofica, che sono inseriti nella stragrande maggioranza all'interno dei dipartimenti di filosofia, distinzione che – ripeto – è tutta italiana. Data l'intenzione, almeno a livello di proclami programmatici e politici, del mondo accademico italiano di adottare standard internazionali, l'unicità del caso italiano e la netta separazione tra due culture disciplinari interne alla storia della scienza può portare altri, accademici o politici che siano, a ritenere il settore FIS/08, o almeno della parte concernente la storia della fisica, come superfluo.

Tale situazione, secondo me, richiede l'ideazione di una strategia comunicativa forte, come gruppo e come società, per convincere i politici dell'importanza di continuare ad avere una tradizione di storia della fisica e dell'astronomia dentro i Dipartimenti di Fisica e Astronomia.

Un modo potrebbe essere quello indicato da Tucci nell'apertura delle discussioni della Tavola rotonda, ossia di evidenziare l'importanza delle storie disciplinari anche a livello sociale, in modo da convincere persone investite del potere decisionale che la tradizione vada mantenuta anche senza avere casi simili all'infuori dell'Italia.

Bibliografia

- Bandiera M. (2005). *Scienza, storia e storie: il punto di vista della didattica* [online]. URL: <http://www.treccani.it/scuola/lezioni/in_aula/fisica/storia_scienze/3.html> [data di accesso: 30/04/2017].
- Constantinou C.P. (2010). *Design based research as a framework for promoting research-informed adoptions of inquiry oriented science teaching* [online]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/Esera2010/lecture1.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].
- Dorato M. (2008). *Parmenide, Einstein e l'irrealtà del tempo* [online]. URL: <www.formascienza.org/dorato.ppt> [data di accesso: 30/04/2017].
- The Editors of *The Lancet* (2010). "Retraction-Ileal-lymphoid-nodular hyperplasia, non-specific colitis, and pervasive developmental disorder in children". *The Lancet*, 375, p. 445.
- Einstein A. (1916). "Ernst Mach". *Physikalische Zeitschrift*, 17, pp. 101-104.
- Greene M.T. (1997). "What cannot be said in science". *Nature*, 388, pp. 619-620.
- McDermott L.C., Redish E.F. (1999). *RL-PER1: Resource Letter on Physics Education Research* [online]. URL: <<http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED439011.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].
- Niederer H. (2010). *Content-specific research in science education* [online]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/Esera2010/Lecture2.pdf>> [data di accesso: 30/04/2017].
- van den Akker J. Fasoglio D. Mulder H. (2008). *A curriculum perspective on plurilingual education* [online]. URL: <https://www.coe.int/t/dg4/linguistic/Source/Source2010_ForumGeneva/SLO_persp2010_EN.pdf> [data di accesso: 30/04/2017].

Sitografia

- [Emozionare con la scienza]. URL: <<http://www.physics.unitn.it/180/emozionare-con-la-scienza>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Giornale di Astronomia]. URL: <<http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/giornale.html>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [GIREP]. URL: <<http://www.girep.org>> [data di accesso: 30/04/2017].

- [GIREP Seminar 2001]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/girepseminar2001/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [GIREP Seminar 2003]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/girepseminar2003/proceedings.htm>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Jet Propulsion Theater]. URL: <<http://www.jetpropulsiontheatre.com/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Scientific Visualization]. URL: <<http://www.physics.unitn.it/175/corso-scientific-visualization-aa-2015-2016>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [Teatro della Meraviglia]. URL: <<http://www.teatrodellameraviglia.it/>> [data di accesso: 30/04/2017].
- [UNIUD Proceedings]. URL: <<http://www.fisica.uniud.it/URDF/mpt114/proceeding.htm>> [data di accesso: 30/04/2017].