



# SISFA 2016

## XXXVI Convegno della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia

Napoli 4-7 ottobre 2016

Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini" - I.N.F.N. Sezione di Napoli  
Complesso Universitario di Monte S. Angelo  
Via Cinthia, Aula Magna "E.R. Caianiello"

### Other Venues

Complesso Monumentale di S. Maria della Pace - Sala del Lazzaretto - Via dei Tribunali 226  
INAF - Osservatorio Astronomico di Capodimonte - Salita Moiariele 16  
Scuola Militare "Nunziatella" - Via Generale Parisi 16

#### Topical sessions

- Panel discussion: Vertical and transversal skills: the role of research in the history and teaching of physics and astronomy
- Historical Collections of Scientific Instruments in Naples and Southern Italy
- Gravitational waves: a century of General Relativity predictions
- Giuseppe Saverio Poli (1746-1825) and the development of Science in Southern Italy

#### SISFA Advisory Committee

Fabrizio Bonoli (Università di Bologna)  
Paolo Breini (CNR - Firenze, FST - Firenze)  
Danilo Capocci (Università di Roma Sapienza)  
Salvatore Esposito (INFN - Sezione di Napoli)  
Lucio Fregonesi (Università di Pisa)  
Roberto Mantovani (Università di Urbino)  
Angelo Pagano (INFN - Sezione di Catania)  
Pasquale Tucci (Università degli Studi di Milano)

#### Local Organizing Committee

Salvatore Esposito (INFN - Sezione di Napoli)  
Mauro Gargano (INAF - Oss. Astr. di Capodimonte)  
Adele La Rana (TERA Foundation, Nocera)  
Giampiero Mangano (INFN - Sezione di Napoli)  
Roberto Mantovani (Università di Urbino "Carlo Bo")  
Gennaro Miela (Università di Napoli "Federico II")  
Ofelia Pisanti (Università di Napoli "Federico II")  
Anna Sicolo (Direzione sanitaria - ASI, NaI)  
Pasquale Tucci (Università degli Studi di Milano)



Casparino, Affresco della Sala del Lazzaretto - Picture by E. Casparino

[www.sisfa.org/convegni/](http://www.sisfa.org/convegni/)



Comune di Napoli  
Municipalità 4

## **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.<sup>1</sup>

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

---

<sup>1</sup> 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.

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).<sup>4</sup>

### **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

---

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

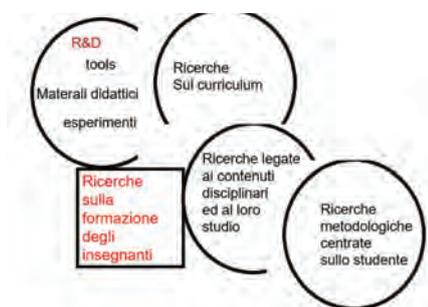
conoscenze. Le RDF sono spesso confuse con ricerche pedagogiche, sociologiche o psicologiche, oppure identificate con la pedagogia della fisica nel senso di aspetti metodologici generali come il ruolo del lavoro di gruppo, dei compiti a casa o del lavoro individuale nell'ambito delle attività didattiche. 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.

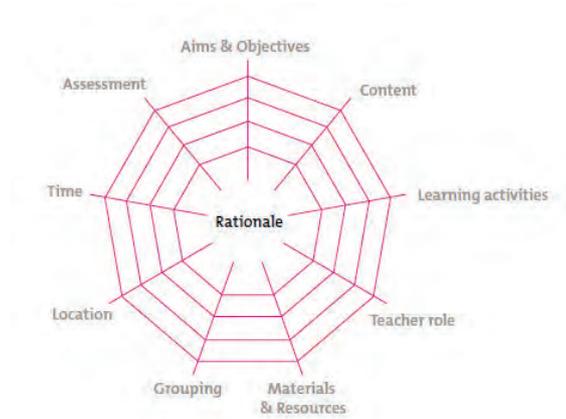
Le ricerche in Didattica della Fisica (RDF) sono specifiche dei contenuti, dell'epistemologia, degli strumenti e dei metodi della fisica e della sua didattica. Esse hanno natura interdisciplinare con altri campi di ricerca in pedagogia, in psicologia, in sociologia, in linguistica e in comunicazione, 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 ingenue 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.

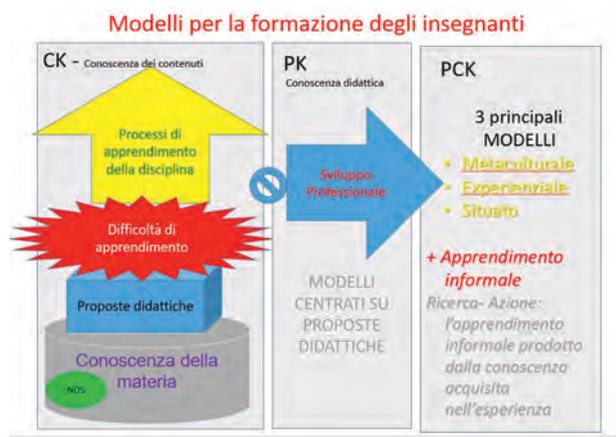
Dalle ricerche sappiamo che in base alla “idea” di una realtà... *nei singoli e nei gruppi* si costituiscono delle rappresentazioni/schemi mentali rilevanti per relazionarsi con essa – “riconoscere” e comprendere le azioni, progettare modi di rapportarsi a essa. L’immagine di un contesto definisce le 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 accorpatisi 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.

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](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](http://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].
- Niedderer 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](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].