

Article

Motivare allo studio della fisica attraverso il teatro

**Marina Carpineti, Michela Cavinato, Marco Giliberti, Nicola Ludwig,
Laura Perini**

ABSTRACT: Un'indagine da noi effettuata nella scuola secondaria superiore mostra che la maggior parte degli studenti considera la Fisica una risorsa importante ma principalmente legata alla sola tecnologia, che non porta "cultura", è troppo difficile. Il suo apprezzamento tende a spegnersi col crescere della classe frequentata. La ricerca di modalità di comunicazione della Fisica che aumentino interesse e motivazione negli studenti ha spinto il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano a far nascere nel 2004 il Laboratorio di ScienzaTeatro (SAT). Finora (maggio 2010) SAT ha realizzato tre spettacoli e una lezione-spettacolo con tema centrale la Fisica, per studenti di tutte le fasce scolari. L'efficacia di tali produzioni teatrali è valutabile dal numero di rappresentazioni effettuate (a maggio 2010 sono 256), dal prestigio dei teatri che hanno ospitato gli spettacoli e dai risultati di due indagini, che hanno coinvolto più di 50 classi ciascuna, sul raggiungimento degli obiettivi prefissati.

Contesto

La situazione italiana

Il livello delle conoscenze scientifiche di base nei giovani in Italia è per molti aspetti critico e preoccupante. Le indagini comparative OCSE-PISA (2003-2006)¹ hanno evidenziato negli studenti italiani di 15 anni gravi carenze soprattutto nell'ambito delle competenze scientifiche e matematiche che sono oggi considerate indispensabili per comprendere e agire nella vita sociale e che dovrebbero formarsi dall'esperienza scolastica.

Nell'indagine OCSE-PISA 2006¹ l'Italia, su 57 paesi partecipanti, è risultata al 33esimo posto per competenze di lettura, al 36esimo per cultura scientifica e al 38esimo per cultura matematica. L'Italia si trova così al di sotto praticamente di tutti i paesi con i quali si confronta per lo stile di vita. Inoltre, in Italia ben il 25,3% degli studenti si colloca al di sotto del livello di sufficienza, mentre meno del 5% degli studenti si colloca nei due livelli più elevati della scala di scienze (contro una media OCSE dell'8,8%).

L'analisi qui citata riguarda comunque le competenze e non l'immagine che gli studenti hanno della scienza e di chi opera in campo scientifico, mentre il generale calo delle iscrizioni ai corsi di laurea scientifici "duri" evidenzia una riduzione dell'interesse dei giovani per le tematiche scientifiche.

Un'indagine di Eurobarometro² sulle cause del disinteresse dei giovani europei per gli studi scientifici lega la mancanza di attrattiva alla difficoltà delle lezioni e ai troppo bassi guadagni di chi lavora nel mondo della ricerca.

L'indagine da noi effettuata su un campione di circa mille studenti di scuola secondaria di secondo grado di Milano e provincia, riguardante la loro percezione della Fisica^{3,4}, mostra tuttavia che la maggior parte di essi considera la Fisica un'utile risorsa. In particolare, l'80% degli studenti (indipendentemente dall'età e dal tipo di scuola frequentata) ritiene che la Fisica sia importante per la società e che i giovani debbano conoscerne gli elementi fondamentali. In una scala da 1 (minimo) a 10 (massimo), l'affermazione "La Fisica fornisce un contributo importante alla società" viene valutata con un voto medio di 7.4, mentre l'affermazione "La Fisica fornisce un contributo importante ai modi di pensare in generale" riceve un voto medio di 5.8.

Gli studenti vedono la Fisica come una materia principalmente legata al solo sviluppo tecnologico, e per di più la considerano non strettamente legata alla cultura e che perciò non può influire sui modi di

pensare e di vedere della società, compito che viene in generale ritenuto di competenza delle discipline umanistiche. Inoltre circa il 60% degli intervistati ritiene la Fisica una materia troppo difficile perché la maggior parte delle persone la possa comprendere.

A questo aggiungiamo che purtroppo i dati raccolti indicano che la scolarità agisce in maniera "negativa": l'apprezzamento della Fisica tende a spegnersi col tempo, diminuendo in generale col crescere della classe frequentata. Mentre al biennio il 49% degli studenti ritiene la Fisica affascinante e solo l'11% la ritiene noiosa, al quinto anno le percentuali precedenti diventano rispettivamente del 28% e del 21%^{3,4}.

Scienza e democrazia

Questa situazione può avere anche importanti ripercussioni sociali. Per esempio, come dice Nicoletta Salvatori⁵, da un punto di vista sociale "oggi vivere pienamente la democrazia significa sapere di scienza" anche perché "in effetti sono le persone informate che sono le più critiche...". Nel libro "Scienza e media ai tempi della globalizzazione" di Pietro Greco e Nico Pitrelli⁶ si legge come "senza comunicazione pubblica della scienza non ci sia una vera società democratica della conoscenza". Sapere di scienza (che è molto di più che avere informazioni sulla scienza) è, però, molto complesso. In base alle sole informazioni, non sempre si è in grado di prendere decisioni, come richiede la democrazia: per poterlo fare serve un criterio per leggere i dati, per distinguere il vero dal falso e bisogna riconoscere che queste categorie hanno significato solo all'interno di una teoria formale. Ma perché il cittadino si appropri di una teoria formale abbiamo bisogno di un lavoro molto lungo e sistematico, più nel campo della formazione che in quello della divulgazione.

Scienza e spiritualità

Nella nostra epoca molte persone vivono la contrapposizione tra la spiritualità e i pericoli di una scienza che svela, scopre, mette a nudo, razionalizza. Essa risale almeno all'antica Grecia (basti pensare al mito di Prometeo che viene punito dagli dei perché, donando all'uomo il fuoco ovvero la conoscenza scientifica e la tecnica, lo allontana dalla natura e dal mistero) e si è aggravata ulteriormente a partire dalla metà del secolo scorso "quando alcuni effetti della scienza e delle sue applicazioni (in particolare in campo bellico) hanno favorito la rappresentazione di una scienza non sempre benefica"⁷.

Obiettivi

La situazione qui descritta ci spinge alla realizzazione di approcci didattici più efficaci per l'apprendimento e soprattutto per l'aumento della motivazione allo studio nei giovani. Nel 2004 nasce così presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano il Laboratorio di ScienzaTeatro (SAT), per la ricerca di modalità di comunicazione propedeutiche alla Didattica della Fisica che mirino ad aumentare la motivazione degli studenti, e per l'elaborazione di materiale didattico per la formazione iniziale e continua degli insegnanti^{8,9}.

Gli obiettivi di SAT sono:

- promuovere la diffusione della cultura scientifica, rispondendo alle pressanti richieste di informazione e di conoscenza da parte di una società che ci induce a continui cambiamenti e nella quale il ruolo di scienza e tecnologia diventa sempre più determinante;
- rispondere a una domanda di rinnovamento, proveniente dal mondo della scuola, delle metodologie didattiche delle discipline scientifiche, in particolare della Fisica;
- sviluppare un'attività che faccia risaltare il fascino della Fisica, i suoi aspetti creativi e divertenti, che porti a superare la classica presentazione manualistica di questa disciplina, proponendola non come qualcosa di complicato e inaffrontabile, fatta solamente di calcoli e formule, ma come un'esperienza viva e interessante;
- imprimere un carattere innovativo alla comunicazione della Fisica, evitando la divulgazione, ma elaborando un percorso formativo-didattico allo scopo di avvicinare gli studenti alla Fisica attraverso l'utilizzo del teatro, veicolo per trasmettere stupore e incanto e quindi strumento

ideale per stimolare l'interesse e la partecipazione dei cittadini (studenti, ma anche pubblico generico) ai temi della scienza.

Metodi

Dalle emozioni alla motivazione

I risultati delle più recenti ricerche nazionali e internazionali¹⁰ sottolineano che le proposte di intervento didattico affinché la Fisica possa essere meglio appresa e meglio integrata nei "modi di vivere" dei cittadini devono evidenziare il carattere modellistico della conoscenza facendo emergere gradualmente i modi di guardare il mondo propri della Fisica. Tali proposte devono confrontare la complessità dei concetti con la complessità dei fatti, cosa che la struttura "tradizionale" delle conoscenze espressa nei manuali non sempre fa, non rappresentando perciò lo schema più efficace per un primo apprendimento. Per motivare la comprensione è spesso necessaria una profonda riarticolazione dello stesso "sapere fisico" e una riflessione sulle problematiche della mediazione didattica.

L'apprendimento e la motivazione allo studio devono partire dal mondo reale in cui lo studente vive e si relaziona. Le conoscenze dello studente, frutto dell'interazione con la realtà fenomenologica e sociale che lo circonda, costituiscono la base sulla quale costruire un'adeguata conoscenza scientifica^{11, 12, 13}. Inoltre, proprio perché l'ambiente in cui vive lo studente è tanto importante, è indispensabile e basilare fornire un'immagine della Fisica che sia piena di fascino e di potenzialità.

È evidente quindi che un più incisivo approccio didattico richiede un maggiore "radicamento" della Fisica nella società, con una conseguente nuova e migliore immagine della disciplina anche attraverso lo sviluppo di nuove competenze professionali nei docenti.

La Fisica presentata a scuola è spesso senza vita; è una serie sistematica e dettagliata di risposte, senza che vi sia una reale comprensione delle domande corrispondenti; è una scienza piena di certezze frammentarie, senza nessun legame multidisciplinare (e spesso neppure intradisciplinare¹⁴), soprattutto senza emozioni. Per fortuna sopravvive nell'immaginario collettivo, e in particolare nei giovani, il fascino per la figura dello scienziato e la convinzione dell'importanza sociale di chi si occupa di scienza⁷.

Ecco quindi la nostra scelta: invece che partire dai concetti per sperare di arrivare alle emozioni, cosa che normalmente fa la scuola, proviamo a partire dalle emozioni, dalla fascinazione, per creare la condizione d'animo sulla quale poter insediare i necessari sforzi di studio per appropriarsi della disciplina, insomma per generare motivazione.

Perché il Teatro

Negli ultimi anni le iniziative atte a promuovere la ricerca di nuovi canali per la comunicazione della scienza e per cercare di far pervenire a un vasto pubblico il significato della cultura e della ricerca scientifica si sono enormemente moltiplicate e ci si è sempre più accorti di quanto sia necessario passare dall'idea di una comunicazione volta al *public understanding of science* (fondamentalmente inattuabile) a quella di una comunicazione volta al *public awareness of science* (che appare, invece, indispensabile).

Crescono in numero le testate divulgative, le rassegne sulla cinematografia scientifica, gli *science center*, i caffè scientifici, i festival della scienza, le mostre interattive, le iniziative per bambini, i programmi televisivi (come ad esempio la *sitcom The Big Bang Theory* che fa 14 milioni di spettatori a puntata) e le rappresentazioni teatrali.

Possiamo tuttavia osservare che oggi l'emozione della scoperta dell'ignoto viaggia spesso su binari non scientifici (basti pensare al successo e alla simpatia suscitati da Harry Potter, al clamore attorno ai libri di Dan Brown o al successo di un film come "Avatar" e persino alla diffusione delle fatine Winx). Occorre quindi riprendere il contatto con la meraviglia propriamente scientifica così che stupore e ragione si incontrino, viaggino insieme, favorendo un'azione sinergica tra scienza, etica e società.

Il teatro scientifico è il luogo ideale per favorire questo incontro e per suscitare emozioni contestualizzate. Come dice Bertolt Brecht nei suoi "scritti teatrali": "*qualcuno [...] si chiederà anche, molto preoccupato, se serate teatrali di questo genere [scientifiche] non corrano il rischio di essere notevolmente opprimenti. La risposta è no. Il contenuto scientifico che può essere racchiuso in una opera*

poetica deve essere, infatti, completamente risolto in poesia. [...] in un'epoca di grandi scoperte e invenzioni come la nostra [bisogna potersi assicurare] anche il godimento della sua poesia."¹⁵

SAT nasce a partire da una certezza: la Fisica è appassionante e sorprendente. I fisici si *divertono* a studiare, perché capire e scoprire è entusiasmante.

Le scelte di SAT

Quando si parla di teatro scientifico ci si riferisce a un vasto repertorio di esperienze molto diverse tra loro che rispecchiano le tante sfumature del rapporto tra scienza e teatro. Quale messaggio si vuole dare? A quale pubblico ci si vuole rivolgere? Che tipo di immagine della scienza si vuole trasmettere? Se, come e quanto, scienza e teatro devono sacrificare qualcosa di se stessi per permettere una comunicazione ragionevole e motivante? E ancora, per un teatro scientifico rivolto alla scuola, è meglio puntare sui concetti o sulle emozioni?

La risposta a queste domande dipende fortemente dagli obiettivi che ci si è prefissati. La scelta di SAT è quella di fare teatro di scienza con lo scopo principale di generare motivazione, come stato personale che sostiene i comportamenti "virtuosi" e crea le basi sulle quali poter inserire una didattica efficace: infatti è proprio la motivazione uno dei principali aspetti mancanti nell'approccio dei giovani alla Fisica. Per riuscire a trasferire il fascino che essa esercita su di noi è stato necessario fare alcune scelte.

- I. La prima è stata quella di non far diventare gli spettacoli delle lezioni, per le quali, infatti, le aule e non i teatri sono i luoghi più consoni. In aula l'uditore può, almeno in generale, scrivere, scambiare due parole col vicino, fare domande; è illuminato dalla luce presente nella stanza ed è disposto all'apprendimento. In teatro invece lo spettatore è al buio, fermo in una zona chiaramente separata dal palcoscenico, in silenzio, e in generale è passivo. Questa situazione di immobilismo rende lo spettatore più facilmente disponibile al viaggio che tenterà di fargli fare lo spettacolo e gli impedisce, ad esempio, di prendere appunti.
- II. La seconda è stata quella di non rappresentare biografie di scienziati/i. Infatti, in tal caso, la Fisica diventa solo una delle componenti del vissuto, dell'*humus* sul quale si intrecciano i drammi, gli amori, le storie e perciò con difficoltà diventa protagonista.
- III. La terza è stata quella di evitare la divulgazione, pur riconoscendone l'importanza, il valore e l'utilità per la nostra società. Questo perché la divulgazione, quella buona, trasmette sì delle nozioni, ma non la capacità di collocare le nozioni in quella rete individuale di relazioni, intra e inter-disciplinari, che promuove la trasformazione delle nozioni in conoscenze, poi in cultura e infine in una propria *weltanschauung*. Essa semplifica i concetti nel linguaggio quotidiano e il cambiamento di linguaggio tende a snaturare il senso di ciò che si vuole trasmettere. Per appassionare a una disciplina bisogna utilizzare il linguaggio meraviglioso, chiaro e potente, proprio della disciplina (che per la Fisica non è certamente solo fatto da termini tecnici, ma anche da esperimenti, immagini, grafici), altrimenti il rischio di perderne il fascino diventa altissimo. Si è mai provato a pretendere che la parafrasi semplificata dell'*Infinito* di Leopardi generi emozioni? Perché allora pensarlo possibile per l'Elettromagnetismo o la Meccanica Quantistica?

Il problema del linguaggio

Il problema del linguaggio scientifico da utilizzare è molto delicato perché la comunicazione teatrale è molto diversa sia dalla divulgazione che dalla comunicazione in aula. Ecco allora che nella comunicazione teatrale per conquistare l'attenzione, bisogna trasportare lo spettatore, utilizzando parole, scene, musica e luci, in un mondo altro da quello in cui è.

La Fisica è complessa ed è proprio per la sua complessità che porta ricchezza e fecondità, che lascia spazio a differenti punti di vista, a visioni personali, a contrapposizioni vitali radicate nella cultura. Per trasmettere questa complessità bisogna adottare un linguaggio che non può essere il linguaggio quotidiano non scientifico, non poetico, poco esatto... al contrario bisogna trasmettere le "emozioni scientifiche" con quanta più precisione è possibile con il linguaggio proprio dell'arte e della poesia e anche della scienza. Come dice Claudio Longhi: "*La specificità del teatro è parlare da quel suo punto di vista 'altro' e non 'attuale'. Il teatro è distante da tutto quello che è la quotidianità in termini di comunicazione: [perciò] è un mezzo che parla [...] nel profondo*"¹⁶.

Il problema degli attori

Il problema degli attori risiede nel fatto che chi vuole comunicare passione, suscitare curiosità, coinvolgere e rendere partecipe il pubblico su temi scientifici, deve avere sensibilità per il discorso e il linguaggio scientifico, oltre ovviamente a quella per il discorso e il linguaggio teatrale. Come afferma Salvatore Fruguglietti¹⁷, *“E’ necessario poter assicurare la quotidiana straordinarietà della comunicazione teatrale della scienza. Per questo gli artisti vengono scelti tra quelli che hanno curiosità scientifica, voglia di indagare oltre all’argomento scientifico anche il metodo scientifico per far sì che gli spettacoli (o le generiche forme di comunicazione teatrale della scienza) utilizzino un linguaggio artistico per spiegare quello scientifico”*.

La scelta di SAT in questi anni è stata molteplice. In occasione del debutto, e in occasioni particolarmente rilevanti, ogni spettacolo è stato recitato da tre degli autori (M. Carpineti, M. Giliberti e N. Ludwig) che hanno messo in scena la loro azione professionale e quindi interpretato il loro modo di concepire la Fisica e la loro creatività. Per questo è stata necessaria una formazione fornita dai registi che si sono susseguiti nell’allestimento degli spettacoli per acquisire competenze in campo teatrale. Tuttavia questa strada non sempre è praticabile, soprattutto quando il numero di rappresentazioni cresce oltre un certo limite. Nella *routine* molte repliche sono state recitate da attori professionisti formati precedentemente dai fisici di SAT sugli aspetti scientifici e con la presenza a teatro di almeno un fisico per il controllo della qualità e come esperto in un eventuale dibattito finale. In alcuni casi particolari gli spettacoli sono stati rappresentati da studenti universitari in Fisica, fatto particolarmente significativo perché ha permesso a una trentina di studenti nell’arco di quattro anni di avere un primo approccio alle tecniche di comunicazione della scienza e ha dato loro la possibilità di approfondire i temi specifici di Fisica trattati.

Quale ruolo al ricercatore in comunicazione della scienza

Anche se è ormai assodato che il teatro è un valido strumento comunicativo e un formidabile aiuto nella comunicazione della scienza, tarda a radicarsi la consapevolezza che un ricercatore che fa teatro scientifico, o che più in generale si occupa di comunicazione della scienza, non lo fa per *hobby*, ma lo fa come attività professionale vera e propria, che deve essere pienamente riconosciuta come attività di ricerca. *“A dispetto di quanto si ritiene comunemente, non si può più ridurre questa comunicazione [la comunicazione pubblica della scienza], se mai è stato possibile, a un divertimento per scienziati in pensione, ricercatori incapaci o giornalisti precari”*⁶.

Risultati della ricerca

Dal 2004 a maggio 2010 sono stati realizzati tre spettacoli teatrali e una lezione spettacolo. Una descrizione delle rappresentazioni, che hanno coinvolto (dai bambini della scuola primaria, agli studenti universitari, a un pubblico generico) circa 67.000 spettatori di cui circa 6.000 insegnanti, si può trovare al sito <http://spettacolo.fisica.unimi.it>.

Nella valutazione finale dei prodotti dell’attività di ricerca teatrale (come quelli sotto elencati) bisogna tener conto del raggiungimento degli obiettivi prefissati ma anche della valutazione del pubblico. *“E come valutiamo la reazione del pubblico alle sollecitazioni che derivano da uno spettacolo teatrale che parla di scienza? Orecchi, bocca, occhi! Il silenzio che si protrae per un po’ alla fine dello spettacolo prima di diventare applauso, lo stupore di chi ha compreso nonostante pensasse potesse essere complicato per lui, gli occhi che brillano di quello che Wagensberg chiama l’allegria intellettuale!”*¹⁷.

*Facciamo luce sulla materia: lo spettacolo della Fisica*¹⁸

Rappresentazione teatrale per il triennio della scuola primaria realizzato da SAT in collaborazione con il “Teatro del Sole”, compagnia di teatro ragazzi. Lo spettacolo mette in scena un laboratorio di Fisica nel quale tre scienziati eseguono 32 esperimenti sugli stati della materia e sulla luce e le sue proprietà. E’ a disposizione anche una pubblicazione a uso degli insegnanti, con schede di approfondimento sugli esperimenti¹⁹.

Durata: 45 minuti + dibattito di 20 minuti.

Debutto: Festival della Scienza di Genova nel 2004.

Totale delle rappresentazioni effettuate: 230.

Pubblico totale: 65.000 persone.

In Tabella 1 segnaliamo alcune rappresentazioni in contesti particolarmente significativi

Anno	Rappresentazioni
2005	<ul style="list-style-type: none"> • Open Day - Laboratori INFN del Gran Sasso. • Congresso di divulgazione scientifica Mosaicoscienze (Mantova e colline moreniche del Garda). • Museo di scienze naturali di Bruxelles - giornata conclusiva del progetto LERU Kids University (tre repliche, in tre lingue). • Lo Spettacolo è stato inserito dalla Direzione Scolastica Regionale della Lombardia in un concorso di fisica proposto alle scuole secondarie di secondo grado dal titolo: "Lo spettacolo della fisica: Una classe secondaria adotta una classe primaria". Al concorso hanno partecipato circa 600 studenti provenienti da diverse scuole della Lombardia.
2006	<ul style="list-style-type: none"> • Open Day - Università degli Studi di Milano • Open Day - Laboratori INFN del Gran Sasso, nuova versione dello Spettacolo dal titolo "DeLuciDAzioni". • Festival scientifico Bergamoscienza (Bergamo) - due rappresentazioni.
2007	<ul style="list-style-type: none"> • Manifestazione "Documentaria - Le vie della Scienza le vie dell'educazione" (Modena).
2008	<ul style="list-style-type: none"> • Festival delle Scienze di Novara - due rappresentazioni. • Museo scientifico "Phaeno" di Wolfsburg (Germania) su invito dell'Istituto di Cultura Italiana - tre rappresentazioni.
2009	<ul style="list-style-type: none"> • Aula Magna dell'Università degli Studi di Milano nell'ambito del progetto Teatro Scienza (http://www.performings.it/) - una rappresentazione. • Piccolo Teatro Studio di Milano - due rappresentazioni.

Tabella 1. Alcune rappresentazioni di *Facciamo luce sulla materia* in contesti particolarmente significativi.

Per valutare l'efficacia dello spettacolo rispetto agli obiettivi prefissati abbiamo^{20, 21}:

- 1 compiuto interviste di circa 45 minuti a bambini di 57 classi di scuola primaria, delle quali 26 avevano visto lo spettacolo nell'anno della ricerca, 13 nell'anno precedente e 18 (di controllo) non l'avevano visto;
- 2 analizzato le 188 diverse domande che i bambini avevano posto al termine di 13 spettacoli;
- 3 catalogato, in base agli esperimenti rappresentati e alla loro accuratezza, 479 disegni scelti in modo casuale fra le migliaia che i bambini avevano spontaneamente spedito a SAT dopo lo spettacolo;
- 4 analizzato le risposte ai questionari proposti agli insegnanti nei 13 spettacoli oggetto particolare della ricerca e riguardanti l'efficacia didattica dell'iniziativa.

Le interviste hanno evidenziato che i ricordi dei bambini sono molto ricchi e numerosi; emergevano spontaneamente nel 71% dei casi per le classi che avevano visto lo spettacolo nell'anno della ricerca e nel 42% dei casi per le classi che l'avevano visto l'anno precedente.

Più dell'80% delle classi che avevano partecipato a *Facciamo luce sulla materia* hanno fornito risposte chiare e convincenti alla domanda "che cosa studia un fisico?". Esempi significativi di risposte sono state: "fa gli esperimenti", "studia i colori che sono dentro al bianco", "fa esperimenti con l'azoto liquido ... che è molto freddo", "la luce ... quello che può fare la luce con l'acqua ...", che fanno, quindi, riferimento in modo pertinente agli esperimenti mostrati. Alla stessa domanda le risposte più frequenti degli alunni che non avevano visto lo spettacolo sono state del tipo: "... studia l'educazione fisica, il corpo, gli organi", "... studia la cartina fisica", "fa esperimenti sulle sostanze chimiche". Scende così al 20% la percentuale di chi dà una risposta corretta. E, se per coloro che avevano partecipato allo spettacolo, lo scienziato che studia la luce è "il fisico", alcuni degli altri hanno parlato di "astrologo" o di "scienziato lunare".

Le domande poste dai bambini alla fine delle rappresentazioni hanno chiaramente indicato quanto la partecipazione sia stata attiva ed entusiasta, indice di grande apprezzamento. Esse si sono rivelate numerose, intelligenti e interessanti e, a parte quella "in scena ci sono veri scienziati oppure attori?", tutte pertinenti la Fisica! Il 14.5% delle domande ha riguardato gli stati della materia, per esempio "di che stato fa parte il budino o la schiuma?", "ma il ghiaccio si può sciogliere nell'acqua fredda o nell'acqua calda?". Gli esperimenti con l'azoto liquido hanno attirato in modo particolare l'attenzione dei bambini, infatti circa il 20% delle domande sono state del tipo: "perché quando si mette il palloncino dentro quel

contenitore blu [un dewar] diventa tutto ... sgonfiato?”, “cosa succede se metto una mano nuda nell’azoto?”, “come mai l’azoto non bagna quando viene rovesciato?”. Anche gli esperimenti con la telecamera a infrarossi hanno riscosso grande interesse (circa il 12% delle domande), come quelli con i polarizzatori (10.5%). Il restante 43% delle domande ha riguardato: laser e diffusione, laser e riflessione, specchi, rifrazione, luce-colori e ombre, inchiostri, prisma.

Anche i disegni sono stati fedeli allo spettacolo, con particolari molto curati; spesso sono stati accompagnati da ringraziamenti entusiasti. I due esperimenti più disegnati sono stati quello di un fascio laser verde inviato su una vasca trasparente contenente acqua e Ludox[®], cioè nanosfere di silice (22.9%) e quello con l’azoto liquido (19.5%).

E’ evidente che alcuni esperimenti hanno attirato particolarmente l’attenzione e quelli che sono stati maggiormente rappresentati con un disegno sono stati anche quelli oggetto di più numerose domande. Alcune differenze potrebbero essere attribuite alla difficoltà di rappresentazione grafica, per esempio le proprietà del Silly Putty[®], materiale polimerico viscoelastico, sono praticamente impossibili da rappresentare in un contesto statico. Di contro l’esperimento con il fascio laser verde nella vasca è stato molto disegnato anche per l’incisività scenica che ha nello spettacolo.

Infine anche le risposte al questionario rivolto agli insegnanti hanno evidenziato un grande apprezzamento. Il 98% degli insegnanti ha ritenuto che i contenuti presentassero collegamenti con il programma didattico svolto in classe e, di questi, il 90% ha ritenuto lo spettacolo molto utile come sussidio didattico. Il 43% degli insegnanti ha dichiarato che praticamente tutti i bambini avessero parlato dello spettacolo spontaneamente durante la prima settimana successiva alla rappresentazione. L’interesse dei bambini è stato giudicato elevato (52% degli insegnanti), buono (46%), discreto (2%). La comprensione dei contenuti elevata (19%), buona (70%), discreta (11%).

E’ importante rilevare la ripetuta richiesta da parte degli insegnanti di maggior materiale e suggerimenti per un ulteriore e più approfondito lavoro in classe.

*Luce*²²

Lezione-spettacolo sulla luce per la scuola secondaria di primo grado, realizzato per "Teatro-Scienza".

Durata: 60 minuti.

Debutto: Spazio Eurolab del Piccolo Teatro di Milano nel 2008.

Totale delle rappresentazioni effettuate: 10.

Pubblico totale: 500 persone.

Non è stata ancora effettuata una ricerca sull’efficacia dello spettacolo.

*Luce dalle stelle*²³

Rappresentazione teatrale per la scuola secondaria di secondo grado; meta-spettacolo sull’osservazione astronomica a varie lunghezze d’onda con l’ambizione di riflettere su pregi e pericoli della divulgazione scientifica.

Durata: 85 minuti.

Debutto: Festival della Scienza di Genova nel 2009

Totale delle rappresentazioni effettuate: 7.

Pubblico totale: 1200 persone.

Non è stata ancora effettuata una ricerca sull’efficacia dello spettacolo.

*Tracce*²⁴

Rappresentazione teatrale per il triennio della scuola secondaria di secondo grado e per l’università.

Ha come tema centrale “*gli occhi non possono vedere quello che la mente non è preparata ad accettare*” (frase tratta dal testo), declinato attraverso la gioia della scoperta scientifica e con molte riflessioni sul significato e sul ruolo della scienza²⁵.

Durata: 55 minuti.

Debutto: Teatro Duse di Genova per il Festival della Scienza di Genova nel 2007.

Totale delle rappresentazioni effettuate: 9.

Pubblico totale: 2100 persone.

In particolare segnaliamo nel 2008 una rappresentazione presso il Piccolo Teatro Studio di Milano.

Per la nostra ricerca sulla percezione della Fisica negli studenti di scuola secondaria di secondo grado abbiamo analizzato circa mille questionari anonimi compilati dagli studenti prima e dopo la visione dello spettacolo e questionari somministrati agli insegnanti^{3,4}.

Il 22% degli studenti ha sviluppato dalla visione dello spettacolo nuove idee riguardo alla Fisica che sono state raggruppate in categorie (Tabella 2).

Categoria	% di risposte	Esempi di risposta
Applicazioni della Fisica	28	La Fisica può essere applicata ad ambiti che in apparenza sono completamente diversi . Mi ha molto colpito il collegamento tra Fisica e Arte.
Fisica interessante, concreta e divertente	22	Si può imparare anche divertendosi. E' una materia molto affascinante, il cui studio va approfondito il più possibile.
Fisica e scuola	18	La Fisica non è uguale alle formule che troviamo sui libri. Forse me l'ha fatta osservare in modo davvero diverso, come qualcosa di vivo e applicabile, di affascinante, che però sui libri sembra solo leggi astratte su fenomeni particolari.
Fisica nella quotidianità	9	La Fisica è più vicino alla vita di tutti i giorni di quanto mi aspettavo. C'è Fisica ovunque.
Ricerca	9	La ricerca è fondamentale per l'attività del fisico. La Fisica non è fatta solo di nozioni, ma nasce da una continua ricerca.
Idee "negative"	7	Spero che i fisici non siano tutti come quei tre. Non farò Fisica all'università.
Fisica e Filosofia	5	La Fisica è strettamente legata all'animo umano. E' una conseguenza della Filosofia e del dubbio . Il fatto che forse esiste veramente qualcuno che conosce il mondo, qualcuno che vedendo solo tracce risale a conoscenze profonde.
Fisica teatrale	2	E' molto pratica e spettacolare (è possibile portarla nei teatri). Può essere vista meno come materia tecnica e può trovare impiego nel teatro.

Tabella 2. Lo spettacolo ti ha suggerito idee nuove riguardo alla Fisica?.

Da notare che, di questo 22%, il 44% si era dichiarato non interessato alla Fisica nel questionario pre-spettacolo.

Il 41% degli studenti ha sostenuto che vorrebbe approfondire temi affrontati nello spettacolo.

In Tabella 3 riportiamo gli argomenti indicati con le loro percentuali calcolate rispetto al numero di studenti.

Argomento	%
Ottica, riflessione, rifrazione e miraggio	54,3
Telecamera a infrarossi	30
Termocamera	9,5
Legame spazio-tempo	6,3
Fisica nucleare: microparticelle	6
Astrofisica: supernovae	5,4
Oscillazioni del pendolo	4,1
Tiro alla fune vettoriale	3,3
Onde	2,3
Caduta libera	2,3
Ricerca e innovazione	2,3
Il lavoro del fisico, realizzazione degli esperimenti	2,3
Rapporto tra scoperte scientifiche e capacità della mente di comprenderle	2,3
Fisica per la società	1,3
Rapporto Fisica-Religione	1,3
Concetto di infinito	0,9
CERN	0,8
La scienza esclude una ragione universale	0,4
Velocità di fuga	0,4

Tabella 3. Ci sono temi affrontati nello spettacolo che ti piacerebbe approfondire? Se sì, indicane fino ad un massimo di tre.

Osserviamo che di questo 41%, il 76% si era dichiarato non interessato alla Fisica nel questionario pre-spettacolo.

Solo meno del 20% degli insegnanti ha risposto al questionario loro indirizzato. Lo spettacolo ha ottenuto una valutazione media di 8 su 10 e, in rapporto alle altre iniziative sulla Fisica è sopra la media per il 60% degli insegnanti, nella media per il 20% e sotto la media per il 10%. L'altro 10% degli insegnanti ha dichiarato di non avere termini di confronto. Secondo gli insegnanti il gradimento dello spettacolo negli alunni ha ricevuto una valutazione media di 6.5 su 10.

La maggior parte dei docenti (anche coloro che non hanno risposto al questionario) ha manifestato la necessità che lo spettacolo sia accompagnato da materiale esplicativo, suggerimenti per attività in classe e incontri con gli studenti.

Conclusioni

Nel 2004 presso il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano è nato il Laboratorio SAT per la ricerca di modalità di comunicazione teatrale della Fisica propedeutiche alla didattica che mirino ad aumentare la motivazione negli studenti.

La scelta di SAT è stata di fare Teatro di Fisica, cioè di costruire vere *pièce* teatrali mettendo in scena esperimenti scientifici accompagnati da riflessioni sul ruolo e il significato della Fisica e del lavoro di ricerca. Per fare questo è stato necessario affrontare due questioni particolarmente delicate: quella del linguaggio da utilizzare e quella della scelta degli attori. Per quanto riguarda il linguaggio, SAT ha deciso di adottare quello proprio della Fisica, con grafici e parole tecniche inserite in un *ensemble* di suoni, luci, *gag* evocative e divertenti. Per quanto riguarda gli attori, molte rappresentazioni sono state recitate dagli stessi autori, altre da una compagnia teatrale, altre infine da studenti della facoltà di Scienze. Il gradimento avuto dal pubblico, il prestigio dei teatri nei quali sono stati rappresentati alcuni spettacoli e il loro numero, sono le prove sperimentali dell'efficacia della strada intrapresa e degli sforzi fatti. Due indagini, una su *Facciamo luce sulla materia* e una su *Tracce*, ci hanno mostrato infine l'elevato grado di raggiungimento degli obiettivi prefissati per quanto riguarda lo spettacolo per la scuola primaria e il discreto raggiungimento di essi per quanto riguarda lo spettacolo per i più grandi. E' possibile che in quest'ultimo caso i risultati si possano ancora migliorare preparando materiale per i docenti e per le classi.

Infine, l'esperienza maturata indica che l'utilizzo del teatro può essere strumento efficace per la comunicazione della Fisica anche per un pubblico diverso da quello degli studenti. Infatti, un numero ridotto di repliche degli spettacoli è stato aperto a un pubblico generico con una notevole partecipazione della cittadinanza. Sempre più spesso SAT riceve richieste di nuove repliche di questo tipo, a testimonianza che questo approccio innovativo di comunicazione della Fisica risponde a un bisogno sempre maggiore di conoscenza da parte dei cittadini.

Note e riferimenti bibliografici

- ¹ OCSE, http://www.invalsi.it/download/pdf/pisa06_Primirisultati_PISA2006.pdf
- ² European Commission, Eurobarometer Unit (2001), *Europeans, Science and Technology*, Eurobarometer, 55.2.
- ³ E. Veronesi, *La percezione della Fisica negli studenti di scuola superiore: indagine statistica collegata allo spettacolo teatrale Tracce*, Elaborato finale per il Corso di Laurea Triennale in Matematica (Università degli Studi di Milano). Relatore M. Giliberti, Correlatore M. Cavinato.
- ⁴ M. Giliberti (2010), *La Percezione della Fisica negli Studenti di Scuola Secondaria di secondo grado: Indagine Statistica collegata allo Spettacolo Teatrale TRACCE*, Frascati Physics Series – Italian Collection, Collana: Scienza Aperta vol. II (2010) – ComunicareFisica2010, Atti 3° Convegno "Comunicare Fisica e altre Scienze", Frascati, 12-16 April 2010.
- ⁵ N. Salvatori, http://www.torinoscienza.it/chi_siamo/apri?obj_id=1543.
- ⁶ P. Greco and N. Pitrelli (2009), *Scienza e media ai tempi della globalizzazione*, Codice Edizione, Torino.
- ⁷ M. C. Brandi, L. Cerbara, M. Misiti and A. Valente (2005), *Youth and Science in Italy: between enthusiasm and indifference*, *JCOM* **04**(02): A01.
- ⁸ M. Cavinato e M. Giliberti (2010), *La Fisica in un Laboratorio, di Teatro*, Scienzainrete, 16 April 2010, <http://lascienzainrete.it/node/2299>.
- ⁹ M. Carpineti e N. Ludwig (2010), *Fisica e Teatro: una scommessa vinta dal laboratorio SAT*, Scienzainrete, 26 April 2010, <http://lascienzainrete.it/node/2427>.
- ¹⁰ P. Guidoni (2008), "Presentazione", *Approcci e proposte per l'insegnamento-apprendimento della fisica a livello preuniversitario*, edited by P. Guidoni and O. Levrini, FORUM Editrice Universitaria Udinese, p. 9-14.

- ¹¹ A. Tiberghien, E.L. Jossem e J. Barojas (Eds.) (1998), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*, I.C.P.E. Book: International Commission on Physics Education.
- ¹² L. Viennot (1996), *Raisonnement en Physique*, DeBoeck.
- ¹³ D. Hammer (2000), *Student resources for learning introductory physics*, *American Journal of Physics*, *Physics Education Research Supplement* **68** (S1): S52-S59.
- ¹⁴ E. Sassi (2009), *On the use of new methods and multimedia*, general talk MPTL 14, Udine 23-25 September.
- ¹⁵ B. Brecht, *Brecht on Theatre*, edited and translated by John Willet. Copyright 1964 by Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main.
- ¹⁶ C. Longhi, <http://www.humanitasalute.it/index.php/interviste/salute-e-spettacolo/4019-claudio-longhi-teatro-e-scienza-un-binomio-possibile>.
- ¹⁷ S. Fruguglietti (2009), *The theatre, (art) and science: between amazement and applause!*, *JCOM* **08**(02): C07.
- ¹⁸ Di: M. Carpineti, S. Ghioldi, M. Giliberti, N. Ludwig e A. Rota, collaborazione tra il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano e il "Teatro del Sole", compagnia di teatro per ragazzi.
- ¹⁹ M. Carpineti, M. Cavinato, M. Giliberti, N. Ludwig e L. Perini (2009), *Guida agli esperimenti di Facciamo Luce sulla Materia: lo Spettacolo della Fisica*, Cilea, Consorzio Interuniversitario Lombardo per l'Elaborazione Automatica, ISBN 978-88-88971-15-5.
- ²⁰ M. Carpineti, G. Cavallini, M. Giliberti, N. Ludwig, C. Mazza e L. Perini (2006), *Let's throw light on matter: a physics show for primary school*, *Il Nuovo Cimento* **121 B**(8): 901-911. ISSN 1594-9982.
- ²¹ C. Mazza, *Valutazione degli effetti dello Spettacolo della Fisica sulla percezione della scienza nei bambini*, Elaborato finale per il Corso di Laurea Triennale in Fisica (Università degli Studi di Milano), Relatore M. Giliberti, Correlatori M. Carpineti, G. Cavallini, N. Ludwig.
- ²² Di: M. Carpineti, M. Giliberti e N. Ludwig.
- ²³ Di: M. Carpineti, M. Giliberti, N. Ludwig e S. Sandrelli.
- ²⁴ Di: M. Carpineti, S. Ghioldi, M. Giliberti, N. Ludwig e A. Rota, collaborazione tra il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano e il "Teatro del Sole", compagnia di teatro per ragazzi.
- ²⁵ R. Kolb (1997), *Blind watchers of the sky*, Perseus Publishing.

Autori

Marina Carpineti (Milano 1965), Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano. Laurea in Fisica nel 1990 e dottorato di ricerca in Fisica nel 1994. Dal 1999 è collaboratore tecnico e lavora attualmente svolgendo attività di ricerca nel campo della "materia soffice" studiata con tecniche ottiche. E' inoltre ideatrice e responsabile di diverse attività divulgative e coautrice di quattro spettacoli di teatro scientifico. E' autrice di 25 pubblicazioni su riviste internazionali. E-mail: marina.carpineti@unimi.it.

Michela Cavinato (Milano 1955), Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano. Ricercatrice, è professore aggregato di Fisica Generale. Si è occupata di Fisica Nucleare, in particolare della elaborazione di metodi numerici e tecniche di programmazione adeguate al calcolo di reazioni elettromagnetiche e reazioni indotte da adroni. Ultimamente, grazie all'esperienza maturata nell'ambito della SSIS Lombardia sezione di Milano, l'attività scientifica di M. Cavinato si è orientata verso la ricerca in Didattica e Comunicazione della Fisica. E-mail: michela.cavinato@unimi.it.

Marco Giliberti (Milano 1962), Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano. Ricercatore, è professore aggregato di Preparazione di Esperienze Didattiche. La sua attività di ricerca è rivolta soprattutto alla Didattica della Fisica Quantistica, alla Formazione degli Insegnanti e alla Didattica e Comunicazione della Fisica attraverso strumenti informali; collabora al progetto "Auger" per lo studio e la rilevazione di raggi cosmici di altissima energia. E' autore di più di 30 pubblicazioni e di 4 spettacoli teatrali. E-mail: marco.giliberti@unimi.it.

Nicola Ludwig (Milano 1966), Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano. Ricercatore, è professore aggregato di Metodi Analitici per lo Studio dei Beni Culturali. Le attività di ricerca riguardano indagini diagnostiche su monumenti (termografia), su dipinti (riflettografia infrarossa) e su pigmenti pittorici (spettroscopia in fibra ottica). Ultimamente si occupa di Comunicazione della scienza attraverso spettacoli teatrali e televisivi. È autore di oltre 80 pubblicazioni scientifiche e di un libro sulle tecniche di Fisica per i beni culturali. E-mail: nicola.ludwig@unimi.it.

Laura Perini (Milano 1952), Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Milano. Ordinario di Fisica Nucleare e Subnucleare. Dopo vari esperimenti di Fisica delle Alte Energie, dal 1992 lavora in ATLAS a LHC, dal 2000 specialmente su calcolo e Grid. Per vari anni responsabile Grid-ATLAS, e calcolo-ATLAS-Italia. Vice-direttore del Dipartimento di Fisica, coordina il centro di Milano per il calcolo LHC. Responsabile locale del Progetto Lauree Scientifiche. Autore di oltre 70 pubblicazioni su riviste scientifiche internazionali. E-mail: laura.perini@mi.infn.it.

HOW TO CITE: M. Carpineti, M. Cavinato, M. Giliberti, N. Ludwig and L. Perini, *Theatre to motivate the study of physics*, *Jcom* **10**(01) (2011) A01.