

## PROGETTO LAUREE SCIENTIFICHE A FISICA

UN PUNTO DI VISTA

di Giorgio Sironi\*

Anche volendosi limitare ai corsi di laurea in Fisica, le realizzazioni del *Progetto Lauree Scientifiche* approvate dal Ministero e attuate in giro per l'Italia sono estremamente diverse. Si va da attività svolte prevalentemente presso le scuole secondarie di secondo grado ad attività svolte prevalentemente presso dipartimenti universitari, da conferenze, caratterizzate da un ruolo prevalentemente passivo degli studenti coinvolti, ad attività di laboratorio caratterizzate da un ruolo attivo degli studenti coinvolti.

Attori principali nella realizzazione del progetto sono state le università e le scuole secondarie, con la partecipazione, variabile da sede a sede, di enti di ricerca, associazioni industriali e di categoria e con il supporto burocratico degli Uffici Scolastici Regionali nei confronti delle scuole coinvolte.

In questo quadro la realizzazione del progetto attuata presso il Corso di Laurea in Fisica e il Dipartimento di Fisica dell'Università degli Studi di Milano Bicocca risulta abbastanza peculiare. Mi sembra pertanto opportuno descrivere anzitutto LABEX (da *LAB*oratorio *EX*perimentale), il progetto per la Fisica realizzato a Milano Bicocca. A questa illustrazione seguiranno alcune informazioni sui risultati raggiunti. Infine verranno esposte alcune considerazioni personali dello scrivente che ha svolto il ruolo di coordinatore del progetto.

### Il progetto LABEX di Milano Bicocca

La somma complessiva di circa 100000 Euro messa a disposizione a fine 2005 dai Ministeri dell'Università e dell'Istruzione (70% circa) e dall'Università degli Studi di Milano (30% circa) più un piccolo contributo (5% circa) dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare è stata utilizzata per realizzare un laboratorio denominato LABEX. A disposizione delle scuole superiori di secondo grado, esso si propone di portare in laboratorio studenti che, sotto la guida dei propri insegnanti di classe, possano effettuare personalmente alcuni esperimenti e approfondire il metodo fisico di indagine dei fenomeni naturali.

Gli esperimenti sono stati selezionati in modo da mette-

\*Ordinario di Radioastronomia presso la Facoltà di Scienze dell'Università degli Studi di Milano Bicocca.

Le immagini che corredano questo articolo sono tratte dal sito <http://moby.mib.infn.it/~labex/labex.html> in cui è possibile trovare la descrizione delle attività di LABEX.

Per informazioni: Laboratorio Interattivo di Fisica presso il Dipartimento di Fisica "G. Occhialini" e Corsi di Laurea in Fisica, Università degli Studi di Milano Bicocca, Piazza della Scienza 3, 20126 Milano.



re in evidenza le «forze fondamentali» presenti in natura (gravitazionali, elettromagnetiche, di tipo nucleare) in quanto ingredienti partendo dai quali si possono costruire modelli di fenomeni più complessi. L'attività pratica mira a far prendere coscienza agli studenti che: a) l'osservazione di un fenomeno, per poter essere utile, deve essere quantitativa, condurre cioè a misure di grandezze interessanti; b) ogni misura è affetta da incertezze riducibili, ma mai eliminabili; c) l'interpretazione di ciò che viene osservato fa ricorso a modelli schematici della realtà che isolano e legano tra di loro, per mezzo del linguaggio matematico, solo le grandezze misurabili veramente importanti nella particolare situazione fisica in esame; d) criterio per verificare o falsificare un modello fisico è il confronto tra il valore delle grandezze fisiche prese in considerazione dal modello e i risultati di misure delle stesse grandezze effettuate sul sistema reale; e) modelli della realtà, per quanto esteticamente o filosoficamente interessanti, non sottoponibili al vaglio dell'osservazione e della misura non sono modelli fisici.

Per realizzare questi obiettivi LABEX ha messo a punto un nutrito gruppo di esperimenti che vengono, di seguito, brevemente presentati. Tutti gli esperimenti, a eccezione della torre di caduta dei gravi realizzata nella tromba di una delle scale che collegano i piani del Dipartimento di Fisica, sono montati in un unico spazio riservato a LABEX. Ogni esperimento è montato su un proprio tavolo e dispone di tutti gli strumenti e accessori necessari a svolgerlo. Il numero ideale di studenti simultaneamente impegnati su ogni esperimento è tre. In linea di principio tutti i gruppi di esperimenti possono essere utilizzati contemporaneamente da gruppi diversi di studenti.

#### *Torre di caduta dei gravi*

Alta circa 30 m permette di studiare la caduta dei gravi con misure sia manuali (osservazioni a occhio con cronometro azionato manualmente) che automatiche (rete di cellule fotoelettriche che controllano cronometri digitali). Oltre a consentire misure dell'accelerazione di gravità, permette di mettere in evidenza gli effetti dell'aria sulla caduta dei corpi e di studiare il rimbalzo del corpo al termine della caduta.

#### *Misure di forze tra cariche elettriche, tra magneti e tra fili percorsi da corrente*

La tradizionale bilancia di torsione di Coulomb viene utilizzata per misurare la forza tra cariche elettriche mentre un insieme di bobine di Helmholtz e di equipaggi mobili in cui inserire magneti permette di realizzare una bussola delle tangenti e di misurare il campo magnetico terrestre. La combinazione di una bilancia elettronica commerciale da casa con supporti a cui vengono applicati circuiti stampati su cui sono disegnati percorsi conduttori diversi, permette di misurare le forze (intensità, direzione e verso) tra fili percorsi da correnti.



*Produzione e rivelazione di onde elettromagnetiche*

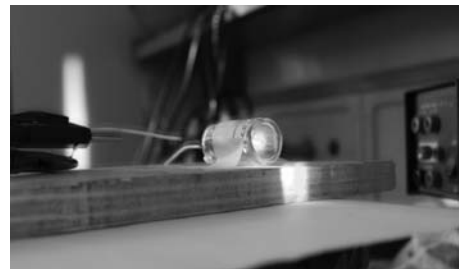
È stata realizzata una replica dell'esperimento di Hertz utilizzando componenti commerciali attuali al posto di alcuni dei componenti utilizzati da Hertz: un trasformatore per alta tensione per lampade fluorescenti al posto del rocchetto di Ruhmkorff e un diodo a stato solido come rivelatore. È possibile verificare: la generazione e propagazione di onde elettromagnetiche prodotte da una scarica; la dipendenza del segnale ricevuto dalla distanza generatore-rivelatore e dal mezzo interposto; la polarizzazione della radiazione; l'influenza di oggetti circostanti.

*Dualismo onda particella della radiazione elettromagnetica*

Partendo da un'unica sorgente (lampada a scarica) vengono prodotti effetti ondulatori (il fascio di radiazione viene fatto passare attraverso un reticolo ottenendo la separazione spaziale delle componenti di diversa frequenza presenti nella radiazione prodotta dalla lampada) ed effetti corpuscolari (effetto fotoelettrico prodotto dalle diverse componenti della radiazione separate per mezzo del reticolo). Si misura tra l'altro il potenziale d'arresto dei fotoelettroni e si può usare tale misura per ricavare la costante di Planck.

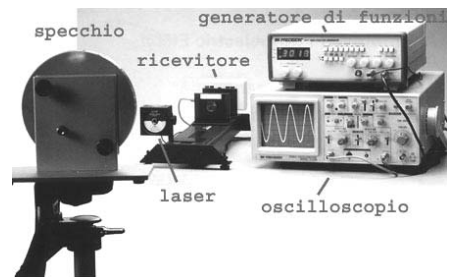
*Misura della velocità della luce*

Un fascio di luce laser modulato in ampiezza, viene inviato verso uno specchio, a distanza nota, che lo rimanda verso la sorgente. Misurando lo sfasamento della modulazione tra il segnale in partenza e quello che torna e rapportandola al periodo, noto, del segnale modulante si ottiene il tempo impiegato dal segnale a percorrere la distanza nota e quindi la velocità del segnale luminoso. Viene fatto constatare come una misura differenziale (specchio mobile) sia generalmente più accurata di una misura assoluta (specchio fisso).



*Osservazione di interazioni con la materia delle particelle elementari presenti tra i raggi cosmici e studio della geometria dell'interazione*

Il percorso delle particelle viene visualizzato attraverso una camera a scintille costituita da cinque moduli, controllata da un telescopio di scintillatori plastici. Ogni qualvolta il telescopio sente il passaggio di una (o più) particelle cariche, applica tensione ai moduli della camera rendendo visibile il percorso fatto dalla o dalle cariche con una scia di scintille. Inserendo spessori diversi dello stesso materiale o di materiali diversi tra i moduli e regolando le soglie di attivazione del telescopio si possono visualizzare diversi tipi di interazione (produzione di sciami elettromagnetici, scattering di particelle, produzione di particelle). Le tracce possono essere osservate a occhio o con un sistema automatico che ne digitalizza il percorso proiettato su due piani ortogonali, consentendo il successivo studio geometrico e la ricostruzione tridimensionale del percorso delle particelle.



Nella stanza in cui si svolgono questi esperimenti sono inoltre disponibili supporti di calcolo e supporti didattici.

Per ogni esperimento è disponibile un PC con cui registrare i risultati delle misure, automaticamente in alcuni casi, manualmente in altri, e analizzarli. Per ogni esperimento i dati raccolti dai diversi utilizzatori vengono poi riuniti in un *database*, disponibile per successive ulteriori analisi, sia per valutare il grado di preparazione dei diversi utilizzatori che per permettere agli utilizzatori di disporre di un set di dati più ampio di quello ottenibile in una singola sessione. Sono inoltre disponibili altri tre PC dotati di software (*Excel*, *Origin*) per l'analisi statistica e la modellizzazione dei risultati.

Inoltre, per ogni esperimento sono disponibili schede che descrivono il principio dell'esperimento stesso, danno suggerimenti sull'utilizzo della strumentazione e cercano di stimolare la curiosità degli utilizzatori. Sono inoltre in preparazione schede riguardanti metodi statistici di analisi dei dati e il metodo dei modelli.

Una descrizione completa di LABEX è disponibile sul sito <http://moby.mib.infn.it/~labex/labex.html>

Le classi o i gruppi di studenti interessati possono prenotare l'uso di LABEX, di norma attraverso il loro insegnante. L'attività in laboratorio viene svolta dagli studenti sotto la supervisione dell'insegnante stesso al quale, prima dell'arrivo della classe, si offre la possibilità di incontrare il personale universitario per approfondire il funzionamento e le modalità di utilizzo del o degli esperimenti richiesti. Quando gli studenti sono in laboratorio il personale universitario è disponibile per contatti, scambi di idee e approfondimenti. Lo stesso personale universitario è anche disponibile per realizzare sia prima che dopo l'utilizzo di LABEX incontri con gli studenti su aspetti specifici dei singoli esperimenti o per approfondire il «metodo fisico».

A tutti i partecipanti viene sottoposta una scheda da compilare, utilizzata per valutare il gradimento e l'utilità di LABEX.

A ogni studente viene rilasciato un attestato di partecipazione.

## La partecipazione a LABEX

Il *Progetto Lauree Scientifiche* ufficialmente copre gli anni accademici 2005-2006 e 2006-2007. Nel corso del primo anno è stato costituito un gruppo di lavoro composto da quattro docenti universitari e sette docenti di scuola secondaria di secondo grado provenienti da istituti con sede a Milano o in zone limitrofe (da Gallarate a Monticello Brianza) a cui si sono affiancati alcuni docenti in pensione aderenti all'Associazione per l'Insegnamento della Fisica (AIF). Questo gruppo ha innanzitutto individuato gli esperimenti da implementare e quindi ha proceduto alla loro progettazione e realizzazione. In alcuni casi i materiali sono stati acquistati da ditte specializzate in didattica della fisica e utilizzati così come erano, altri sono stati modificati, altri ancora sono stati realizzati completamente in modo

autonomo. Tutti gli esperimenti sono ora funzionanti e utilizzabili, a eccezione della camera a scintille che, dopo alcune prove preliminari, è ora in fase di completamento.

Terminata la fase di realizzazione, nell'ultimo trimestre del 2006 LABEX è stato aperto agli studenti e sottoposto a collaudo da parte delle classi degli insegnanti che avevano collaborato alla progettazione e realizzazione. Da gennaio 2007 il laboratorio è aperto a tutte le classi che ne fanno richiesta.

Formalmente a fine 2007 il *Progetto Lauree Scientifiche* si conclude e quindi LABEX chiude. Qualunque sia il futuro del progetto (è stata ventilata la possibilità di un rinnovo) è intenzione di coloro che lo hanno realizzato di mantenerlo in funzione ed eventualmente aggiornarlo. LABEX potrebbe anche diventare il primo nucleo dei laboratori della futura Laurea Specialistica per la Formazione degli Insegnanti in Fisica.



### Alcune considerazioni e un bilancio preliminare

LABEX differisce dalla maggior parte di altre realizzazioni del *Progetto Lauree Scientifiche* per diversi motivi.

In primo luogo si è preferito ridurre al minimo le spese per manifestazioni (conferenze, presentazioni, eccetera) in quanto tali attività sono già svolte dal Dipartimento di Fisica di Milano Bicocca e si sono concentrati invece gli sforzi sull'acquisto di strumentazione che restasse a disposizione nel tempo.

Le apparecchiature sono state concentrate in unico luogo, il Dipartimento di Fisica, anziché distribuite tra le scuole. Ciò consente un maggior utilizzo delle stesse e tiene conto delle differenze, spesso non trascurabili, nella disponibilità di laboratori scientifici attrezzati nei diversi istituti.

Non si è fatto uso dei normali laboratori didattici del corso di laurea in Fisica in quanto questi non sono utilizzabili nei (lunghi) periodi in cui sono già impegnati per le attività del corso di laurea.

Si sono scelti esperimenti semplici, non mediati da complesse apparecchiature che creano una barriera alla comprensione del fenomeno e al collegamento tra le grandezze finali da ricavare e quelle direttamente misurate. In esperimenti semplici è più facilmente comprensibile il fenomeno della propagazione degli errori. Sono quindi stati esclusi esperimenti di fisica moderna la cui interpretazione richiede conoscenze che spesso gli studenti non hanno ancora acquisito. L'unica

eccezione è costituita dalle osservazioni in camera a scintilla delle interazioni radiazione-materia. Questo esperimento intende sottolineare che in natura esistono anche fenomeni e quindi forze che pur essendo fondamentali sfuggono alla percezione immediata.

Per gli stessi motivi si è evitato di introdurre, almeno per il momento, una sezione di esperimenti virtuali fatti al computer.

Benché il *Progetto Lauree Scientifiche* non sia ancora terminato alcune considerazioni provvisorie sono già possibili.

Tutti gli studenti e i docenti (di scuola secondaria di secondo grado e universitari) che hanno preso parte a LABEX si sono mostrati molto interessati.

Tra gli studenti spesso i più entusiasti sono risultati quelli provenienti da scuole, come l'Istituto d'Arte, dove le materie scientifiche occupano solo una parte modesta dei piani di studio. Indipendentemente dalla scuola di provenienza al termine dell'attività di laboratorio gli studenti erano soddisfatti e mostravano di aver cominciato a comprendere il metodo scientifico.

Il fatto che l'attività sperimentale si svolga all'interno dell'università ha contribuito a rompere un certo timore reverenziale degli studenti di scuola superiore nei confronti del mondo universitario e ha stimolato molti a interessarsi delle ricerche svolte nel Dipartimento di Fisica.

Purtroppo il numero di colleghi universitari che hanno accettato di lavorare al progetto e quindi ne conoscono i problemi e le finalità è risultato estremamente esiguo. Anche per quanto riguarda i docenti di scuola secondaria, il numero dei partecipanti è stato limitato. Coloro che hanno deciso di collaborare alla realizzazione o all'utilizzo di LABEX sono insegnanti che avevano già avuto in passato o hanno tuttora contatti con il Dipartimento e con il Corso di Laurea in Fisica.

L'informazione su LABEX in particolare e sul *Progetto Lauree Scientifiche* in generale è stata trasmessa alle scuole dell'area milanese attraverso l'Ufficio Scolastico Provinciale, l'AIF, contattando diret-

tamente le (poche) scuole e gli insegnanti con cui il Dipartimento è venuto in contatto negli ultimi anni e attraverso scambi di informazioni tra insegnanti. Purtroppo l'informazione che giunge per via ufficiale, pur essendo la più capillare, finisce per restare nascosta e sfugge anche agli insegnanti più motivati.

Sul piano strettamente burocratico vale la pena di notare la tendenza degli organi ufficiali, inclusa l'università, a considerare chiuso il proprio impegno con il versamento dei fondi e a non preoccuparsi di aspetti altret-



tanto importanti come per esempio il reperimento e la strutturazione degli spazi per le attività di laboratorio.

Inoltre, il coinvolgimento di enti rappresentanti del mondo produttivo si è dimostrato (almeno per quanto riguarda la fisica) assolutamente inutile e motivato quasi esclusivamente da aspetti di immagine; invece il coinvolgimento delle associazioni di tipo scientifico, come la Società Italiana di Fisica (SIF) o professionale come l'AIF si è invece rivelato utile e fruttuoso.

Ancora, sul piano burocratico-amministrativo, la divisione dei fondi tra due Ministeri (Università e Istruzione) e quindi tra due enti gestori, Università (che delega i dipartimenti) e Ufficio Scolastico Regionale (che delega un istituto come centro di spesa), si è rivelata farraginoso con l'elevato rischio di parziale non utilizzo dei fondi provenienti dal Ministero dell'Istruzione, almeno nel caso di un Progetto come LABEX attuato interamente all'interno dell'università.

## Conclusioni

La principale differenza che lo scrivente nota tra questa e altre realizzazioni del *Progetto Lauree Scientifiche* sta nel fatto che LABEX ha impiegato quasi integralmente il finanziamento ricevuto per l'acquisto di strumentazione e per realizzare un laboratorio, puntando più sulla formazione che sulla propaganda. Altri progetti hanno speso cifre simili per incontri, manifestazioni, conferenze. E questo lascia un po' perplessi.

Al momento non è ancora possibile decidere quale delle due politiche sia stata più efficiente nel realizzare lo scopo, cioè invogliare un maggior numero di studenti a scegliere un corso di laurea di tipo scientifico. Per una prima valutazione occorrerà attendere l'anno accademico 2007-2008 e anche quelli successivi in quanto solo una frazione delle classi che hanno partecipato a LABEX erano classi terminali della scuola secondaria di secondo grado.

Pur essendo stato coinvolto dal Consiglio di Corso di Laurea in Fisica all'ultimo momento, costretto a inventare e preparare il progetto da solo, a meno di dieci giorni dalla scadenza per la presentazione delle proposte al Ministero, una volta entrato in gioco ho trovato l'operazione stimolante. Per fortuna, dopo l'approvazione di LABEX, ho trovato la collaborazione di quattro colleghi e tre tecnici universitari (Marta Calvi, Marco Paganoni, Gianni Lucchini, Giuliano Boella, Andrea Passerini, Sandro Baù e Stefano Banfi) e cinque insegnanti (Cristian Bonfanti, Bruna Castoldi, Valerio Giani, Valter Giuliani ed Anna Vitali) che si sono a loro volta entusiasmatis. Senza il loro aiuto LABEX non sarebbe diventato realtà.

La responsabilità per le opinioni sopra esposte è puramente mia. ❖