

L'ESPERIENZA DELLE SCUOLE DI VIAREGGIO NELL'AMBITO DEL PROGETTO EXTREME ENERGY EVENTS (EEE)

BARBARA NATUCCI

Liceo Scientifico "Barsanti e Matteucci", Viareggio

Durante gli "Incontri di fisica" organizzati dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), Sezione Laboratori Nazionali di Frascati, ebbi l'occasione di conoscere il Progetto EEE grazie ai ricercatori S. Miozzi e G. Bencivenni dei Laboratori, che già avevano portato nella nostra scuola "La fisica su ruote" nell'anno mirabile 2005.

Il progetto "La scienza nelle scuole: Extreme Energy Events (EEE)", ideato da Antonino Zichichi (Emerito dell'Università di Bologna), è stato avviato nel 2005 in collaborazione con l'INFN, il CERN (Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare), la Società Italiana di Fisica ed il Centro Fermi, sotto l'egida del Ministero per l'Università e la Ricerca Scientifica. Obiettivo principale del progetto è quello di portare la scienza nel cuore dei giovani, mettendoli in diretto contatto con la realizzazione di un esperimento scientifico di grande attualità: contribuire alla comprensione di come, dove e quando nascono i raggi cosmici.

EEE è infatti un esperimento per la rivelazione e lo studio dei raggi cosmici di alta energia attraverso l'utilizzo di telescopi per la rivelazione di particelle cariche (principalmente muoni, prodotti finali dello sciame di particelle prodotte dalla collisione di un raggio cosmico primario con il nucleo di un elemento presente in atmosfera) denominati Multigap Resistive Plate Chambers (MRPCs). Tali telescopi sono costruiti al CERN di Ginevra direttamente dagli studenti e insegnanti impegnati nel progetto, coadiuvati da personale del CERN, dell'INFN e del Centro Fermi, partendo da rivelatori ideati nell'ambito dell'esperimento ALICE (A Large Ion Collider Experiment) presso l'acceleratore LHC (Large Hadron Collider). I telescopi MRPC consentono anche di rivelare le coincidenze e le correlazioni temporali tra le diverse scuole, studiando gli sciami di particelle generati nell'atmosfera.

Questi rivelatori infatti sono stati pensati per ottenere la massima precisione possibile nella misura del tempo di volo delle particelle e raggiungono una risoluzione temporale, fino a oggi insuperata, di alcune decine di millesimi di milionesimi di secondo.

L'esperimento che prevede la disposizione dei rivelatori su una superficie di decine di migliaia di chilometri quadrati del territorio italiano, investe scuole di diverso indirizzo e di diverse regioni attraverso la partecipazione di studenti e insegnanti, non solo nella costruzione e installazione dei rivelatori, ma anche nella raccolta di dati e nell'analisi dei risultati – in sostanza, in tutte le diverse fasi dell'esperimento.

A Frascati, Miozzi e Bencivenni mi condussero a vedere l'allestimento delle camere presso il Liceo Scientifico Bruno Touschek di Grottaferrata (Roma) e la messa in funzione della complessa strumentazione che costituisce il telescopio a muoni. Mi colpì immediatamente il fatto che gli studenti partecipassero quotidianamente e responsabilmente alla raccolta di dati, alla gestione e al controllo della strumentazione.

Comunicai il mio entusiasmo per l'esperimento ai colleghi del Liceo e a D. Lucchesi, docente all'Istituto Nautico "Artiglio" di Viareggio, insieme al quale facemmo richiesta al Centro Fermi per essere inseriti nel numero assai ristretto delle scuole selezionate per l'attuazione del progetto EEE.

Oggi sono 32 le scuole medie superiori italiane che partecipano alla "caccia" ai raggi cosmici nel Progetto EEE: un progetto che vede coinvolti centinaia di studenti, da Torino a Catania, passando per Reggio Emilia, Bologna, L'Aquila, Cagliari, Lecce, Parma, Savona, Frascati, Grottaferrata, Teramo, Altamura, Bari, Grosseto, Catanzaro, Trinitapoli, Savona, cui si aggiungano i nostri studenti di Viareggio, lasciando sperare che nel prossimo futuro il progetto possa essere ulteriormente esteso a molte altre scuole e città.

Quali motivazioni ci hanno spinto ad aderire al Progetto EEE? Innanzitutto, per promuovere l'insegnamento della fisica moderna nella scuola e per completare la programmazione curricolare con un progetto a diretto contatto con la realtà dell'università e della ricerca. Era anche un'occasione unica per partecipare a un progetto nazionale di valenza internazionale. Agli studenti è data, infatti, la possibilità di entrare in un progetto di ricerca sui raggi cosmici di durata pluriennale che ha tutte le caratteristiche di un esperimento scientifico internazionale. Inoltre, questa iniziativa, che ha un elevato valore didattico e ha pure le caratteristiche di una vera ricerca condotta da studenti e docenti, supportati da fisici delle sezioni INFN coinvolte oltre che dal Centro Fermi, potrebbe auspicabilmente condurre a importanti risultati in un campo con molti aspetti ancora ignoti.

Si tratta di un'impresa entusiasmante che oltre alla valenza scientifica, propone un obiettivo di tipo sociale/culturale: per la prima volta, infatti, viene a crearsi una particolare opportunità di collaborazione fra profili scolastici differenti: le caratteristiche storico-didattiche diverse per ciascuna scuola coinvolta permetteranno, infatti, di organizzare un lavoro di squadra in cui il valore aggiunto sarà determinato proprio dagli apporti di abilità differenti e complementari.

La partecipazione al Progetto EEE è poi utile a favorire l'aggiornamento degli insegnanti sugli sviluppi della fisica, a favorire lo scambio di conoscenze ed esperienze sull'argomento tra docenti e ricercatori.

Infine, è un'ottima opportunità per lavorare in modo nuovo a fianco degli studenti fuori dall'aula in un rapporto paritario e ciò consente di conoscerli più a fondo e di scoprire, come infatti è stato, qualità che sui banchi di scuola potevano non emergere.

Il progetto è stato inserito da ben quattro anni nel POF delle scuole ed è una porta aperta verso la moderna ricerca scientifica che coinvolge gli studenti direttamente

e li responsabilizza. È un modo per dimostrare quale importanza abbia la fisica nella scienza odierna e quali legami ci siano tra la fisica del cosmo e variazioni climatiche che sconvolgono il nostro pianeta.

Il Progetto EEE si sviluppa attraverso le seguenti fasi principali:

- formazione continua degli studenti,
- costruzione dei rivelatori MRPC presso il CERN,
- verifica delle prestazioni dei rivelatori presso una sezione INFN,
- installazione del telescopio MRPC presso le scuole e messa a punto della strumentazione,
- raccolta dati e analisi.

Vediamo brevemente come la partecipazione al progetto sia stata realizzata congiuntamente dalle due scuole di Viareggio.

prima fase: organizzazione interna alle scuole

Percorso di formazione sugli aspetti scientifici e pratici del telescopio per raggi cosmici.

Formazione di un gruppo di lavoro in grado di affiancare i ricercatori nella fase di formazione degli studenti, installazione del telescopio nelle scuole e della successiva raccolta e analisi dei dati.

seconda fase: selezione degli studenti

La selezione è avvenuta tenendo conto delle seguenti caratteristiche: interesse verso il progetto, volontà, capacità, assiduità ai corsi e alle lezioni preparatorie, elevato rendimento scolastico e in concorsi (olimpiadi della fisica e della matematica).

terza fase: formazione

Partecipazione alle lezioni teoriche del progetto sui raggi cosmici, come di seguito elencate.

– Anno scolastico 2007/2008, presso Istituto Tecnico Nautico “Artiglio”:

elettromagnetismo (Francesco Celati),

fisica dei raggi cosmici, rivelatori MRPC e loro funzionamento (David Lucchesi),

relatività (David Lucchesi),

elettronica dei rivelatori per le alte energie (Marcello Givoletti, CAEN, Viareggio).

– Anno scolastico 2008/2009, attività formativa esterna:

i rivelatori di particelle e la visione del mondo subatomico (Giorgio Chiarelli, INFN, Pisa),

i raggi cosmici: messaggeri dell’Universo (Giorgio Chiarelli, INFN, Pisa),

obiettivi del progetto EEE (Franco Fabbri, LNF-INFN, Frascati),

i raggi cosmici, i rivelatori MRPC e la loro costruzione (Silvia Miozzi (LNF-INFN, Frascati).

– **Anno scolastico 2008/2009, presso Istituto Tecnico Nautico “Artiglio”:**

l’elettronica dei rivelatori MRPC (Franco Lari, Istituto Nautico “Artiglio” Viareggio),
i raggi cosmici (David Lucchesi),
relatività (David Lucchesi),
principi di conservazione (David Lucchesi),
simmetrie e invarianze (David Lucchesi).

– **Anno scolastico 2008/2009, presso Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”:**

teoria degli errori, analisi dati e problemi di FIT (Stefano Romani, Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”),
elementi di meccanica quantistica: righe spettrali, corpo nero, effetto Compton ed effetto fotoelettrico, elementi di fisica delle particelle e modello standard (Cristiana Corona, Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”),
relatività: invarianza della massa, principi di conservazione, annichilazione (Stefano Romani, Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”),
elettromagnetismo (Barbara Natucci, Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”),
fisica solare, formazione ed evoluzione stellare e supernovae (Fabrizio Ciabattari, Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”),
approfondimenti su temi di elettronica e fisica dei materiali (Biagio De Masi, Liceo scientifico “Barsanti e Matteucci”).

– **Anno scolastico 2008/2009, presso Istituto Tecnico Nautico “Artiglio”:**

È stato organizzato un ciclo di conferenze per l’Anno Internazionale della Astronomia, finalizzate al Progetto EEE, sui temi qui elencati.

Astrofisica

La nascita delle stelle (Daniele Galli, INAF-Firenze)

Le ultime fasi dell’evoluzione stellare (Marco Salvati, INAF-Firenze)

I buchi neri: le più potenti sorgenti di luce dell’Universo (Guido Risaliti, INAF-Firenze)

Origine dei raggi cosmici (Pasquale Blasi, INAF-Firenze)

Planetologia

Dinamica e fisica dei corpi minori del Sistema Solare (Alessandro Rossi, CNR-Pisa)

Se ci cade addosso il cielo: il rischio di impatti sulla Terra (Adriano Campo, Dipartimento di Fisica, Università di Alicante)

Astronomia

Galileo: la scoperta delle lune di Giove e le pre-osservazioni di Nettuno (Anna Nobili, Dipartimento di Fisica, Università di Pisa)

Fisica fondamentale

Universalità della caduta libera e principio di equivalenza: da Galileo a Newton, ad Einstein, alla odierna fisica fondamentale (Anna Nobili, Dipartimento di Fisica, Università di Pisa)

Fisica spaziale

La gara spaziale e i primi sbarchi umani sulla Luna (Luciano Anselmo, CNR-Pisa)

quarta fase: gli sviluppi

L'obiettivo principale di EEE, tramite opportune misure di coincidenza fra più rivelatori su base molto ampia, consiste nello studio di raggi cosmici di energie talmente alte che vengono definite "estreme". Si tratta in realtà di un obiettivo molto ambizioso che cerca di rilevare raggi cosmici con energie superiori a 10¹⁹ eV, corrispondenti a un flusso di particelle inferiore a 1 particella/km²/anno! Questo spiega la necessità di una base di rivelatori molto ampia, con l'interessamento di più scuole su più città. Le coincidenze vengono stabilite sincronizzando i tempi di arrivo ai diversi rivelatori tramite ricevitori del sistema Global Positioning System (GPS).

Gli "extreme energy events" sono portatori di messaggi ancora tutti da comprendere e, in effetti, nessuno conosce con certezza la loro origine. Ad esempio, sappiamo che:

- i raggi cosmici dovrebbero variare in funzione dell'attività solare e del campo magnetico solare che agisce come una sorta di schermo;
- poiché c'è un legame tra raggi cosmici e macchie solari e poiché le macchie solari hanno effetti sul clima, dovrebbe esserci un legame tra raggi cosmici e clima.
- in particolare, dovrebbe esserci una relazione tra periodi di glaciazione e ingresso della Terra in zone in cui aumenta il flusso di raggi cosmici;
- maggiore è il flusso dei raggi cosmici nell'atmosfera, più nuvole vengono prodotte, con un conseguente effetto sulla meteorologia sul breve periodo, e sul clima su tempi lunghi;

Al di là di questi obiettivi ambiziosi, EEE sicuramente costituisce ai ragazzi un'opportunità unica di studio e ricerca, fornendo la possibilità di collaborare direttamente con ricercatori e tecnici dell'INFN e delle università, nonché la possibilità di approfondire importanti argomenti di fisica contemporanea e di condurre un'attività sperimentale di grande interesse.

Per fare un solo esempio: si è pensato di utilizzare il Laboratorio di Meteorologia dell'Istituto Navale per studiare le correlazioni (o anticorrelazioni) dei raggi cosmici secondari con le condizioni meteorologiche in quota e al suolo – pressione (effetto barometrico), temperatura, umidità, struttura e distribuzione della massa d'aria atmosferica – mettendo così in relazione il flusso dei raggi cosmici con l'attività solare.

Qui di seguito sono ricostruite, in sintesi, le tappe che hanno condotto le scuole di Viareggio a partecipare al Progetto EEE.

Novembre 2006. Le scuole di Viareggio partecipano all'incontro nazionale, organizzato presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Bologna, alla presenza di Antonino Zichichi, con le scuole già inserite nel progetto e con quelle desiderose di parteciparvi.

Novembre 2007. Le scuole partecipano al Primo Workshop del Progetto EEE organizzato dal Centro Fermi di Roma e presieduto dallo stesso Zichichi presso la Fondazione Ettore Majorana di Erice. Tale convegno ha visto la partecipazione e gli interventi dei

colleghi Natucci, De Masi e Lucchesi. In quest'occasione, grazie anche alla collaborazione ed il sostegno di Rinaldo Baldini Ferroli (Direttore del Centro Fermi) e di Franco Luigi Fabbri (LNF-INFN di Frascati), viene confermata la partecipazione delle due scuole di Viareggio al Progetto e la successiva "chiamata" a Ginevra per costruire le camere.

Dicembre 1007 – febbraio 2009. In questo periodo il nostro paese ha dovuto affrontare una seria crisi economica che ha investito anche i Centri di Ricerca, per cui le scuole hanno dovuto cercare fondi per far avanzare il progetto nel rispetto dei tempi della programmazione scolastica. La situazione si è poi sbloccata: le scuole hanno ottenuto aiuti in termini economici dalla Fondazione San Paolo di Torino (Concorso Cento Scuole, per quanto riguarda l'Istituto Nautico) e dalla Provincia di Lucca. Tali fondi ci hanno consentito di proseguire nel Progetto con le attività svolte nelle scuole. Infine, grazie al contributo della CAEN e a quello (determinante) del Centro Fermi, che sovvenziona l'esperimento, il progetto ha potuto proseguire il suo iter. Durante questo difficile periodo non sono venuti mai meno il sostegno morale e gli aiuti in termini di competenze da parte dei ricercatori dell'INFN di Pisa e, in particolare, di Carlo Avanzini.

Marzo 2009. Finalmente arriva dal Centro Fermi la convocazione per recarsi al CERN, presso Ginevra, dove gli studenti hanno preso parte alla costruzione dei rivelatori MRPC.

Aprile 2009. Inizia l'avventura per alcuni degli allievi delle nostre scuole. Per il Liceo Scientifico: Sara Lucarotti, Manuel Grotti, Tania Cortopassi, Bartolomeo Fiorini, Sara Nuti, Claudia Puntoni, Irene Amato, Michele Biancalana, Michele Corti, Michele Franceschi, Gianluca Paolinelli e Tiziana Mazzoni. Insegnanti accompagnatori: Barbara Natucci e Stefano Romani. Per l'Istituto Nautico: Claudio Bessi, Roberta Del Chiaro, Martina Petrucci, Onofrio Langella, Simone Guidi, Matteo Panconi, Joseph Bensellam, Giacomo Casci. Lorenzo Edoardo Pierini. Insegnanti accompagnatori: David Lucchesi e Marco Pescaglioni.

Un tecnico dell'INFN di Pisa, Carlo Avanzini, ha accompagnato e affiancato i gruppi nell'attività di costruzione dei rivelatori e nelle visite ai laboratori del CERN, il più grande laboratorio del mondo di fisica delle alte energie, ed in particolare ai diversi esperimenti di LHC. Avanzini ha inoltre contribuito a creare un clima di cordialità unica, che i ragazzi hanno apprezzato e tutt'ora ricordano, a distanza di un paio d'anni, con affetto. Gloria Spandre e Marco Maria Massai hanno per qualche giorno condiviso con noi questa esperienza esaltante.

Costruzione dei rivelatori

Al CERN gli studenti hanno vissuto tra i ricercatori in un ambiente suggestivo e stimolante, hanno lavorato fianco a fianco, hanno apprezzato il fatto che tanti ricercatori di nazionalità e culture diverse collaborino insieme per la riuscita di un esperimento. Hanno imparato che la scienza non ha frontiere né barriere. Hanno avuto, inoltre, la possibilità di confrontarsi e di lavorare al fianco di ricercatori provenienti da tutto il

mondo e lo hanno fatto come se fossero stati "uno di loro", così che un altro universo, quello della ricerca scientifica, che per la gran parte dei nostri ragazzi appare lontano e del tutto estraneo alla loro vita, è diventato un ambiente familiare. I ragazzi hanno lavorato con molto scrupolo, efficienza e anche con grande rapidità. Hanno avuto la possibilità di costruire, con materiali di uso comune, uno strumento di altissima precisione che permetterà loro di "vedere" un universo invisibile anche per il più potente dei microscopi. Hanno imparato a effettuare e assemblare misure di grande precisione e hanno infine preso coscienza di quanto lavoro, pazienza, perseveranza ed entusiasmo ci siano dietro a un'idea che diventa esperimento. Hanno compreso quanta differenza ci sia tra *guardare* e *osservare* e hanno di persona sperimentato che per comprendere veramente l'universo di cui facciamo parte non ci si può fermare a ciò che si vede ma si deve sempre fare lo sforzo di andare *molto oltre* a ciò che appare.

Il rivelatore che hanno costruito occupa una superficie di due metri quadrati, è alto circa 2 metri, funziona con l'alimentazione di rete, consuma quanto due lampadine da 250 Watt ed è costruito con materiali di uso comune come vetro, metallo, plastica, ecc. Quindi si può fare ricerca seria anche con materiali "poveri".

Saranno questi studenti a istruire i compagni che poi si occuperanno, insieme a loro, della registrazione dei segnali che arrivano dal cosmo, della loro rielaborazione, analisi e interpretazione fisica. L'avventura della scoperta, per questi studenti, è appena iniziata eppure li ha già profondamente maturati, dando loro la possibilità di esprimere le loro potenzialità e abilità in ambiti molto diversi. Sono, infatti, emerse le loro capacità organizzative, di relazione, di analisi, e la loro inventiva: hanno studiato non per sostenere un'interrogazione, ma per comprendere ciò che loro stessi stavano costruendo per poi lasciarlo in eredità ai loro compagni più giovani. Sono cresciuti come uomini e donne, ma soprattutto come cittadini, perché fare ricerca non significa solo voler comprendere un nuovo fenomeno naturale, ma anche voler migliorare se stessi per essere protagonisti attivi e non spettatori passivi del mondo. È stato un lavoro lungo, faticoso e molto avvincente.

I rivelatori sono stati successivamente trasportati dal CERN alla sezione INFN di Pisa, dove attualmente si trovano, per essere controllati, completati con l'elettronica di lettura e infine testati.

Stiamo quindi attendendo ansiosamente l'arrivo nelle nostre scuole dei rivelatori MRPC e di tutte le altre apparecchiature elettroniche necessarie al loro funzionamento. A breve i rivelatori verranno ufficialmente consegnati alle scuole. Verranno quindi installati, collegati alla rete, collaudati e calibrati.

A questo punto potrà iniziare la vera raccolta di dati in ciascuna scuola. Il ricevitore GPS consentirà di rilevare le eventuali misure di coincidenza. Le scuole dovranno preoccuparsi dell'acquisizione quotidiana dei dati, controllare e garantire il funzionamento dell'intero apparato in turni di lavoro ben pianificati. Un'attività preliminare importante, al fine delle misure di coincidenza, sarà quella di determinare l'orientamento dei rivelatori rispetto al Nord geografico, così da poter ricostruire la direzione

di provenienza dei muoni dalle due scuole e quindi determinare dove il raggio cosmico primario abbia colpito il nucleo di un elemento presente nella nostra atmosfera.

Il progetto, quindi, è tutt'altro che terminato! La parte più interessante del progetto deve ancora arrivare. Allora gli studenti diventeranno i veri protagonisti, dovranno curare la macchina, rilevare i dati, interpretarli e confrontarli con quelli degli altri Istituti dislocati in tutta Italia.



Figura 2. Studenti ed Insegnanti nella sala Barsanti della Croce Verde di Viareggio.