

MASTERCLASS DI FISICA DELLE PARTICELLE

SANDRA LEONE

STEFANO VENDITTI

INFN, Sezione di Pisa, e Dipartimento di fisica, Università di Pisa

1. Premessa

Nell'ambito di Pianeta Galileo 2010 si è svolta una giornata dedicata a una Masterclass di fisica delle particelle elementari, rivolta a studenti dell'ultimo anno dei licei scientifici e classici. Hanno partecipato 27 studenti provenienti da quattro scuole della provincia di Pisa (Pisa e Pontedera) e da una scuola di Empoli. I ragazzi, accompagnati da un docente di riferimento della propria scuola, hanno trascorso l'intera giornata ospiti della Sezione di Pisa dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e del Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa. Il programma dettagliato della giornata è riportato nella pagina seguente.

Le Masterclass di fisica delle particelle nascono in Inghilterra nel 1997, in occasione del centenario della scoperta dell'elettrone fatta da J. J. Thomson [1]. Si trattava, fin dall'inizio, di un evento della durata di un giorno, organizzato in contemporanea in vari istituti di fisica, che si rivolgeva a studenti delle scuole superiori e ai loro professori ed era caratterizzato dallo slogan *Vivi un giorno da ricercatore!*

Lo *European Particle Physics Outreach Group* (EPPOG) promuove la divulgazione scientifica nel campo della fisica delle particelle degli istituti e laboratori per i paesi membri del CERN. Nel 2005, in occasione dell'Anno Mondiale della Fisica che commemorava *l'annus mirabilis* di Albert Einstein, Michael Kobel, dell'Università di Dresda, propone all'EPPOG di organizzare delle Masterclass a livello europeo. Pisa ha aderito alla Masterclass europea fin dalla sua prima edizione e, dato il grande successo dell'iniziativa in termini di gradimento da parte di studenti e professori, la Masterclass è diventata un appuntamento annuale [2]. Abbiamo pensato che quest'iniziativa ben si adattasse alle finalità e allo spirito di Pianeta Galileo, progetto che dedica un mese alla conoscenza scientifica nelle città della Toscana, perciò abbiamo accettato con entusiasmo di organizzare una giornata di Masterclass all'interno del programma di Pianeta Galileo 2010.

2. Che cos'è la Masterclass

L'idea alla base della Masterclass è quella di far lavorare per un giorno gli studenti dei licei come veri scienziati, in un vero istituto di fisica dove si fa ricerca. Durante la mattina, gli studenti hanno assistito a lezioni tenute da ricercatori, per apprendere le

nozioni di base che servono a capire il mondo di quark e leptoni e per avvicinarsi ai temi e ai metodi di ricerca rivolti alla comprensione della materia e delle forze presenti in natura.

In queste lezioni si cerca di dare una risposta a una serie di domande: quali sono i costituenti fondamentali della materia? Come si possono identificare? Quali forze li tengono insieme? Come agiscono queste forze? A che punto siamo nella comprensione della natura? Il tutto con un linguaggio adatto al livello di conoscenze dei giovani studenti. Il programma della mattina è stato completato con una rassegna delle applicazioni delle tecniche sviluppate nel campo della fisica delle particelle alla fisica medica e alla conservazione dei beni culturali, per mostrare come vi sia interdipendenza tra la cosiddetta “ricerca pura” e la “ricerca applicata” e come ciascuna non possa fare a meno dell'altra.

Poiché i nostri giovani ospiti si trovano a un passo dal momento cruciale in cui dovranno scegliere il corso di studi universitario, abbiamo ritenuto opportuno che potessero discutere con docenti del dipartimento di fisica anche degli aspetti pratici e amministrativi legati all'accesso all'università.



Agenda Masterclass di Fisica delle Particelle
Giovedì 18 Novembre 2010
Sezione INFN di Pisa - Dipartimento di Fisica Università di Pisa

Sala Seminari 131 Piano Terra Edificio C	
09:15	Apertura della Masterclass: Dr. Gloria Spandre, INFN Sezione di Pisa
09:30	Primo Seminario: preparazione per l'esercitazione al PC Introduzione alla fisica delle particelle e al Modello Standard Prof. Giorgio Chiarelli, INFN Sezione di Pisa Discussione
10:20	Breve Pausa
10:35	Secondo Seminario: preparazione per l'esercitazione al PC Acceleratori di particelle e rivelatori Prof. Sandra Leone, INFN Sezione di Pisa Discussione
11:25	Terzo Seminario: Applicazioni di tecniche di fisica nucleare nella nostra società Prof. Maria Giuseppina Bisogni, Università di Pisa Discussione
12:15	Informazioni locali: Studiare fisica a Pisa Prof. Giuseppe Grosso, Presidente del Corso di Laurea in Fisica dell'Università di Pisa
12:45	Pianeta Galileo Prof. Marco Maria Massai, Università di Pisa
13:00-13:45	Pausa per il pranzo; spazio antistante laboratori edificio C (piano -1) Discussioni informali con i ricercatori e i tutors
Laboratorio di Informatica (aula M-Lab)	
13:45-16:00	Esercizio al PC: Misura dei rapporti di decadimento della particella Z al LEP 14:00 Introduzione 14:30 Gli studenti lavorano al PC 15:30 Raccolta dei risultati, discussione e interpretazione
Sala Riunioni 250 Primo piano Edificio C	
16:00	Breve pausa
16:15-17:30	Video Conferenza con il Fermi National Accelerator Laboratory Interverranno ricercatori e Dottorandi dell'Università di Pisa Discussione
17:30	FINE della Masterclass, distribuzione di materiale: e.g. brochures, CDs,...

Figura 1. Programma dettagliato della Masterclass.

Nel pomeriggio gli studenti hanno avuto la possibilità di effettuare una misura di fisica analizzando dati reali raccolti da un esperimento presso l'acceleratore LEP del CERN di Ginevra (l'esperimento OPAL) e applicando le nozioni acquisite in mattinata. Dopo la pausa-pranzo hanno preso posto in un'aula dei laboratori di informatica e sono stati divisi in gruppi di 2 persone, ognuno dei quali aveva a disposizione un PC.

Attraverso internet ogni coppia di studenti si è collegata alla pagina web in cui sono presenti le immagini (*event displays*) dei decadimenti da analizzare. In particolare, si trattava di decadimenti del bosone Z^0 in coppie di leptoni di carica opposta (elettroni, muoni, tau) o quark. Prima d'iniziare l'esercizio sono state ricordate le nozioni acquisite in mattinata, con particolare riferimento al modo di riconoscere le diverse particelle prodotte a seconda del tipo di segnale registrato nei vari sistemi di rivelazione che compongono l'esperimento OPAL. I gruppi sono stati poi incaricati di analizzare 100 eventi ciascuno, di riconoscere in ogni evento la tipologia di decadimento dello Z^0 e di calcolare il numero di decadimenti trovati per ogni tipologia. Durante l'esercizio vero e proprio, della durata di circa 40 minuti, i ricercatori hanno risposto alle domande poste dagli studenti riguardo all'identificazione dei modi di decadimento nei singoli eventi. Una volta compresi i criteri del "codice di interpretazione", gli studenti hanno scoperto di essere in grado di riconoscere da soli le particelle, almeno nella maggior parte dei casi. Ma hanno anche scoperto che i ricercatori non possono avere la certezza, evento per evento, che la loro classificazione sia corretta. Nelle Figure 2 e 3 mostriamo un esempio del tipo di immagini che gli studenti hanno dovuto classificare.



Figura 2. Display che mostra il decadimento di un bosone Z^0 nell'esperimento OPAL, presso l'acceleratore LEP del CERN, in una coppia elettrone-positrone, nella sezione perpendicolare all'asse dei fasci (a sinistra) e parallela all'asse dei fasci (a destra).

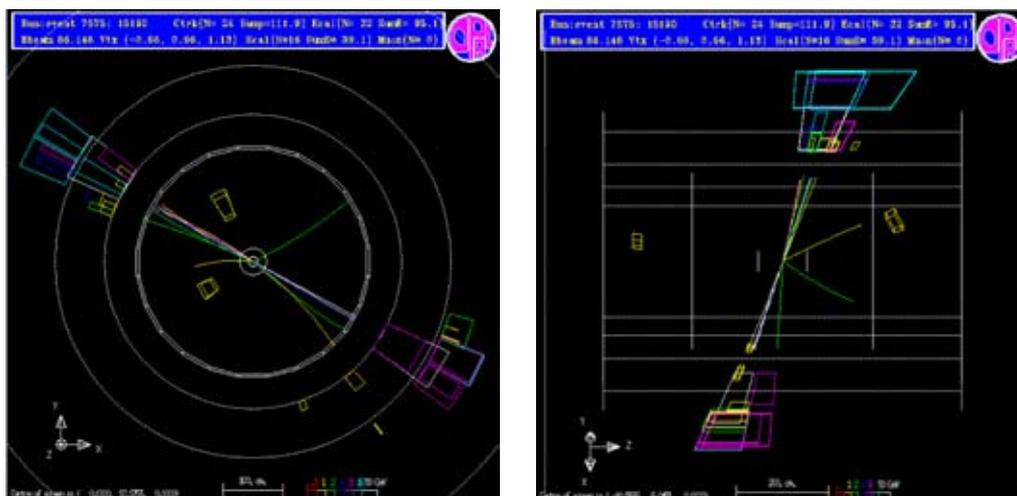


Figura 3. Display che mostra il decadimento di un bosone Z^0 in una coppia di quark che formano sciami di particelle collimate, nella proiezione perpendicolare e parallela.

Una volta esaurita l'analisi dei dati assegnati, si è proceduto, gruppo per gruppo, alla rilevazione del numero di eventi identificati per ogni categoria e al loro successivo inserimento in un foglio di calcolo Excel appositamente preparato, tramite cui si è ottenuta la media delle misurazioni delle frazioni di decadimento del bosone Z^0 nei vari canali e il loro errore statistico.

La misura finale così ottenuta è stata quindi confrontata con l'analoga misura di fisica realmente effettuata dagli esperimenti del CERN e con la predizione della teoria. È stato spiegato agli studenti perché a livello teorico ci si aspetta quei risultati e sono state fornite le ragioni delle discrepanze tra il loro risultato e il valore sperimentale misurato al CERN. Si è inoltre evidenziata la necessità di raccogliere il maggior numero di dati possibile e di limitare gli effetti strumentali nei rivelatori al fine di diminuire l'incertezza sulla misura effettuata.



Figura 4. Gli studenti lavorano in coppie al PC per identificare vere particelle in dati raccolti presso l'acceleratore LEP del CERN.

La Masterclass europea generalmente si conclude con un collegamento in videoconferenza con altri istituti che hanno ospitato una Masterclass, per mostrare come la

tecnologia aiuta a lavorare (e collaborare) in gruppi di ricerca internazionali formati da scienziati provenienti da ogni parte del mondo. In occasione della Masterclass di Pianeta Galileo, ci siamo collegati in videoconferenza con il laboratorio Fermilab, situato nei pressi di Chicago, e in particolare con la sala di controllo dell'esperimento *Collider Detector at Fermilab* (CDF). Gli studenti hanno avuto la possibilità di parlare in videocollegamento con un giovane ricercatore che sta per conseguire il dottorato di ricerca in fisica presso l'università di Pisa e trascorre lunghi periodi presso il laboratorio americano per effettuare le sue ricerche.

Gli studenti hanno fatto domande su: quali sono i compiti specifici di un ricercatore presso il laboratorio, quale è il percorso formativo ideale di uno studente che aspira a fare ricerca e, più in generale, come si svolge la vita di un giovane ricercatore italiano all'estero.

Alla fine del collegamento si è passati a un questionario a risposta multipla, in cui gli studenti, in gruppi di 2, hanno risposto a domande (alcune delle quali erano di una certa complessità) sui temi affrontati durante la giornata, per permetterci di verificare l'attenzione prestata e la comprensione dei temi. La coppia che ha risposto esattamente al maggior numero di domande ha ricevuto un piccolo "premio". Inoltre, a ogni partecipante è stato consegnato un CD contenente gli esercizi svolti al computer e materiale divulgativo sui temi di ricerca in fisica delle particelle elementari.

3. Valutazione della Masterclass

Abbiamo chiesto agli studenti di compilare anche un questionario per verificare se e quanto la Masterclass avesse risposto alle loro aspettative. Le risposte ottenute sono state analizzate e sono risultate in linea con quelle degli studenti che hanno partecipato alle Masterclass negli anni precedenti.

La totalità degli studenti ha dichiarato che gli argomenti dell'attività svolta sono stati interessanti e che valeva la pena partecipare. Il 75% vorrebbe che, a scuola, si prestasse maggiore attenzione all'aspetto sperimentale e pratico nell'insegnamento della fisica. Il 70% ha dichiarato di interessarsi di fisica al di fuori della scuola e il 60% che il proprio interesse per la fisica è aumentato dopo aver partecipato alla Masterclass. Questa percentuale è stata più alta tra gli studenti che non si interessano di fisica al di fuori delle attività scolastiche. Il 75% ha dichiarato di aver migliorato la propria conoscenza su come è organizzata la ricerca scientifica e l'80% di essere uscito dalla Masterclass sapendone di più di fisica delle particelle. Solo il 50% degli studenti pensa che la partecipazione alla Masterclass possa essere utile nella scelta degli studi futuri, confermando che la Masterclass si colloca nell'ambito della divulgazione scientifica più che dell'orientamento scolastico.

Infine, è interessante cercare di capire come gli studenti vedono i ricercatori e come proiettano se stessi nel futuro. L'ultima domanda che abbiamo posto loro era: *Vorresti fare lo scienziato?* Abbiamo chiesto di motivare la risposta scegliendo tra varie opzioni. Il 70% ha risposto affermativamente, e le tre motivazioni prevalenti sono state: "Mi

piacciono le materie scientifiche”, “Mi piace l’idea di studiare i misteri dell’universo e rispondere a domande sempre nuove” e “Questo lavoro mi permetterebbe una vita più interessante”. Tra i restanti invece le tre motivazioni prevalenti per “non” voler fare lo scienziato sono state: “Non mi sento portato/a”, “Le materie scientifiche sono troppo difficili” e “Voglio una vita normale”.

4. Conclusioni

Durante la Masterclass abbiamo toccato con mano come vi sia da parte dei ragazzi il desiderio di capire e approfondire i temi inerenti alla ricerca di base nel campo della fisica delle particelle e le sue ricadute tecnologiche nella vita di ogni giorno. Gli studenti si sono divertiti avvicinandosi a un mondo che non conoscevano e diventando protagonisti, scienziati appunto, per un giorno. Le lezioni sono state seguite con interesse e concentrazione, tanto che quando al termine della giornata ai gruppi sono state poste delle domande sui temi trattati, tutti hanno dato una percentuale molto alta (> 85%) di risposte corrette.

Riteniamo che la formula della Masterclass di fisica delle particelle, che unisce momenti formativi a momenti in cui lo studente partecipa in prima persona “hands-on” al processo di nascita del risultato scientifico (in questo caso, una “misura”), potrebbe essere facilmente estesa ad altri campi della fisica e della ricerca scientifica in generale. Pianeta Galileo, che si impegna a tutto campo nella diffusione della cultura e della conoscenza scientifica su scala regionale, rappresenta il contesto ideale in cui poter condividere tra diversi campi di ricerca e sviluppare esperienze efficaci come la Masterclass.

BIBLIOGRAFIA

- [1] M. Kobel, *Masterclass spreads the word for physics*, CERN Courier, 29 settembre, 2005.
- [2] M. Cobal e S. Leone, *L'esperienza delle Masterclass in fisica delle particelle*, Proceedings Comunicare Fisica 07, Frascati Physics Series, 2007.