



**Università degli studi di Udine  
Master Universitario di II livello  
Innovazione didattica in Fisica e orientamento (IDIFO)  
aa. aa. 2005/06 – 2006/07**

**PROJECT WORK MAJOR  
Modulo E –Problem Solving per l’Orientamento  
di Patrizia Colella**

**TITOLO:  
Orientamento di genere in scienza  
“LHC e le questioni aperte nel  
MODELLO STANDARD”**

***Noi riteniamo che l'insegnamento sia una ricerca,  
infatti ogni insegnante si trova davanti sempre nuovi soggetti,  
e deve continuamente adattare il sapere alle loro domande e alle loro necessità.  
Per portare nella scuola ciò che ritiene veramente significativo,  
rispetto alla grande massa di conoscenze oggi disponibile  
e rispetto al senso che intende dare al suo insegnamento,  
e per valutare quanto questa operazione sia efficace,  
ha bisogno di una comunità scientifica ,  
di costituire luoghi di scambio con altre e altri in cui portare i propri dubbi  
e ricevere autorizzazione e giudizio.***

***L'insegnamento è una relazione tra soggetti che all'interno di essa si modificano;  
ciò che si misura, valutando, sono gli spostamenti e quindi è la qualità di questa relazione.***

***Gabriella Lazzerini***

***da Biografia di una comunità scientifica femminile –Libreria delle Donne di Milano***

## PRESENTAZIONE

**LHC e le questioni aperte nel MODELLO STANDARD** è un **Laboratorio di orientamento storico-scientifico** inserito nel contesto più ampio di un progetto di orientamento alla scienza dal titolo: ***Rappresentarsi nella scienza: un laboratorio per la scienza futura***

La presente tesi si sviluppa in due parti:

nella prima parte viene presentato il progetto di orientamento nel suo complesso e le motivazioni che sono alla base delle scelte progettuali,

nella seconda parte vengono presentate in dettaglio le attività svolte nel Laboratorio storico-scientifico che si caratterizza come un laboratorio di ***Problem Solving***

Il laboratorio di problem solving attuato, pur fedele allo spirito ed alle finalità della **metodologia del PSO** messa a punto dalla prof.ssa M. Michelini, non ne ricalca lo standard per tutte le fasi previste dalla metodologia stessa.

In particolare la fase successiva al problem solving in senso stretto, fase nella quale, secondo la standard PSO, si effettua una riflessione e una autovalutazione di se stessi in relazione al lavoro svolto ed in definitiva in relazione alla scienza, non viene approfondita in questo laboratorio, non perché non la si ritenga importante, al contrario perché la fase della motivazione e della riflessione personale, come descritto nella prima parte della tesina, è specificatamente sviluppata in altre attività laboratoriali del progetto stesso.

*Patrizia Colella*

## SOMMARIO

### PARTE PRIMA

Le problematiche dell'ORIENTAMENTO

L'orientamento di Genere e il progetto "*Rappresentarsi nella scienza: un laboratorio per la scienza futura*"

Il laboratorio di orientamento disciplinare

### PARTE SECONDA

Il Laboratorio di orientamento Storico Scientifico

Contesto e scelte di contenuto

Obiettivi e metodologia

Il Problem Solving

Articolazione delle attività

#### LEZIONE 1

Lezione 1a-Un po' di storia per arrivare al Large Hadron Collider (LHC)

Lezione 1b-Il Modello Standard- i costituenti della materia

Lezione 1c-Il Modello Standard- le interazioni

#### LEZIONE 2

Lezione 2a – Gli acceleratori e i rilevatori di particelle

Lezione 2b- Le questioni aperte nel Modello Standard

#### LEZIONE 3

Problem solving: la materia oscura

Problem solving: Alla ricerca di Higgs!

#### LEZIONE 4

Le donne nella scienza

### *Bibliografia per temi*

Allegato1 Scheda PS1

Allegato 2 Scheda PS2

Allegato 3– CD Rom – Presentazioni in power point utilizzate per le Lezioni

## PARTE PRIMA

### Le problematiche dell'ORIENTAMENTO

Questa sperimentazione didattica di Problem Solving per l'Orientamento si colloca nell'ambito di un personale percorso di ricerca e di studio sui temi dell'orientamento scientifico, con particolare attenzione all'orientamento di genere, che da anni porto avanti anche per conto dell'Associazione Donne e Scienza.

Il tema dell'orientamento degli studenti in ambito scientifico si è arricchito negli ultimi anni di una serie di riflessioni ed esperienze scaturite dai gruppi di studio, lavoro e ricerca che hanno affrontato alcune emergenze di carattere nazionale, europeo ed internazionale. Mi riferisco in particolare ai problemi seguenti che studi di settore indicano come connessi tra loro:

- Contesto internazionale: basso livello delle competenze/conoscenze scientifiche, evidenziato anche dalle indagini OCSE Pisa 2003 e 2006. Nell'indagine OCSE gli studenti italiani, ed in particolare quelli delle regioni meridionali, si collocano agli ultimi posti per quanto riguarda il possesso di competenze logico-matematiche e scientifiche
- Contesto Europeo: crisi delle vocazioni scientifiche messo in evidenza dall'indicatore macroscopico del calo delle iscrizioni alle facoltà scientifiche
- Contesto nazionale: mancanza di un piano organico di rinnovamento dei curricula scolastici e della didattica della scienza con conseguente generale difficoltà da parte dei Docenti ad introdurre negli spazi curriculari, nei tempi e modi tradizionali, i temi della scienza che possono consentire agli adolescenti di avvicinarsi alla scienza come i grandi temi della scienza moderna.

In questo contesto problematico, il mondo femminile rappresenta un problema nel problema.

L'indagine OCSE PISA:

Il punteggio medio degli studenti italiani nella scala complessiva di matematica è al di sotto della media OCSE ma la differenza tra il punteggio degli studenti maschi e il punteggio delle studentesse è statisticamente significativa a vantaggio degli studenti maschi (analogo risultato si ebbe nel 2003)

In tab.1 sono riportati alcuni dati di sintesi dell'indagine OCSE PISA 2003 e 2006 relativamente alla literacy matematica in Italia: in entrambe le edizioni sono evidenti i due aspetti di interesse:

- **risultato per l'Italia inferiore alla media internazionale,**
- **GAP di genere a favore dei maschi,** presente anche a livello di media internazionale, ma più accentuato per l'Italia e considerato statisticamente significativo dall'OCSE stessa

<b>Literacy MATEMATICA</b>	Tot	M	F	Gap di genere
Media OCSE 2006	498	503	492	11
<b>Italia 2006</b>	<b>462</b>	<b>470</b>	<b>453</b>	<b>17</b>
Media OCSE 2003	500	505	494	11
<b>Italia 2003</b>	<b>466</b>	<b>475</b>	<b>457</b>	<b>18</b>

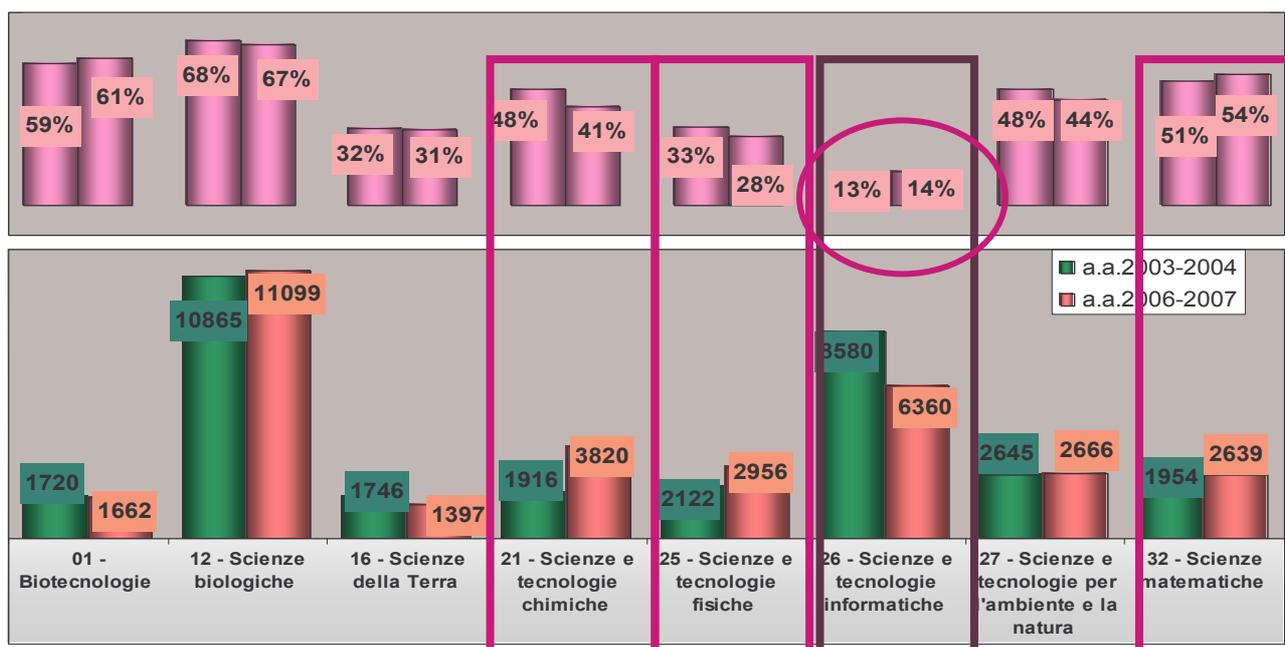
Tab.1 Literacy matematica edizione 2003 e 2006 – fonte - Rapporti OCSE 2003 e 2006

Un significativo gap di genere nel nostro paese è osservabile anche nella partecipazione alle gare nazionali disciplinari come le olimpiadi di matematica ed in particolare nelle **olimpiadi di fisica**. La partecipazione alla gara nazionale di matematica delle ragazze, sul totale dei partecipanti, è sempre stata stabile sul 10% , **nelle olimpiadi di fisica la presenza media è del 4% con una sola eccezione del 9% nel 2006** (fonte siti ufficiali) .

La crisi delle vocazioni scientifiche

Nel 2004 viene lanciato, a livello Europeo, l'allarme "crisi delle vocazioni scientifiche", parte, con D.M del 2003, il Progetto Lauree Scientifiche.

Confrontando i dati delle iscrizioni ai corsi dell'area scientifica in Italia dell'2003/2004 con quelli del 2006/2007 (elaborazione personale da dati MIUR ) potremmo essere cautamente ottimisti, i numeri totali sembrano aumentati, **e le ragazze ?**



In figura sono rappresentati i numeri assoluti delle immatricolazioni ai corsi della area scientifica in Italia nel 2003/2004 a confronto con il 2006/2007

Nel'a.a. 2006-2007 la media nazionale della presenza delle ragazze, nelle discipline del gruppo scientifico, è del 27%. Su questo dato sembra esserci un trend di crescita (24% nel 2003/2004) ma il **gap di genere** rimane più severo nelle **scienze dette hard**, come ingegneria, dove la presenza femminile è stabile al di sotto del 20% (19% nel 2006/2007)

### La scuola italiana e la didattica della scienza

E' opinione condivisa da chi si occupa di orientamento che le scelte formative e professionali di ciascuno e ciascuna di noi prevedano fondamentalmente la corrispondenza tra immagine di sé e immagine del percorso scelto

In particolare, nel momento di passaggio dalla scuola all'università, al momento di "scegliere le proprie scelte", è determinante l'immagine della scienza che negli anni ci si è costruita.

Alla costruzione "dell'immagine della scienza" dei nostri allievi contribuiscono alcune componenti esterne (come la componente mediatica) ma un ruolo importante è svolto proprio dalle discipline scientifiche scolastiche e dagli insegnanti di scienze

Se non ci si pone il problema di una mirata formazione del personale docente finalizzata alla conoscenza delle dimensioni della nuova scienza, su cosa e come si fa ricerca, sulle opportunità, i gradi di libertà...e gli intrecci con gli altri saperi, contribuendo alla costruzione di una nuova immagine della scienza nella testa degli insegnanti prima, il rischio di un orientamento lasciato al caso, si trasforma nella certezza di tramandare, inconsapevolmente, una immagine di scienza, vecchia, stantia e stereotipata.

*Come sempre per le ragazze il problema assume contorni e sfaccettature particolari e per alcuni aspetti paradossali, ne cito alcuni:*

1) la fisica "vecchia" anche nei contenuti (fisica classica) è una scienza abitata da soli uomini. Non si tratta, come in altre discipline di dover recuperare dall'oblio figure femminile dimenticate, il problema è che le donne proprio non ci sono, salvo rarissime e fortunatissime donne che si sono trovate nella particolare situazione di essere mogli, sorelle, figlie di....

2) le ragazze per effettuare la scelta di percorsi scientifici e curricula meno convenzionali (discipline tecnico-scientifiche) hanno bisogno di un numero di successi nelle discipline scientifiche decisamente maggiore rispetto ai maschi in quanto tendono ad attribuire a se stesse le cause di insuccesso a differenza dei loro coetanei che tendono ad individuare a cause occasionali o esterne da sé le origini dei propri insuccessi. (V. Aebischer -1991)

Questo aspetto può trovare un riscontro nel dato della distribuzione dei voti in ingresso nei corsi scientifici hard per maschi e femmine. (Fig2)

Nei grafico di Fig.2 sono riportate le distribuzioni in ingresso, per classi di voto a Ingegneria e Fisica a Lecce nell'a.a. 2007/2008 riferite al proprio genere. La consistenza numerica totale e del rapporto femmine/totale è assai diversa nei due campioni, a ingegneria (tot. 300) le ragazze rappresentano il 17% e a fisica (tot 60) le ragazze sono circa il 30%, ma le due distribuzioni hanno la caratteristica comune che circa l'80% delle ragazze iscritte ha un voto di diploma maggiore di 80/100

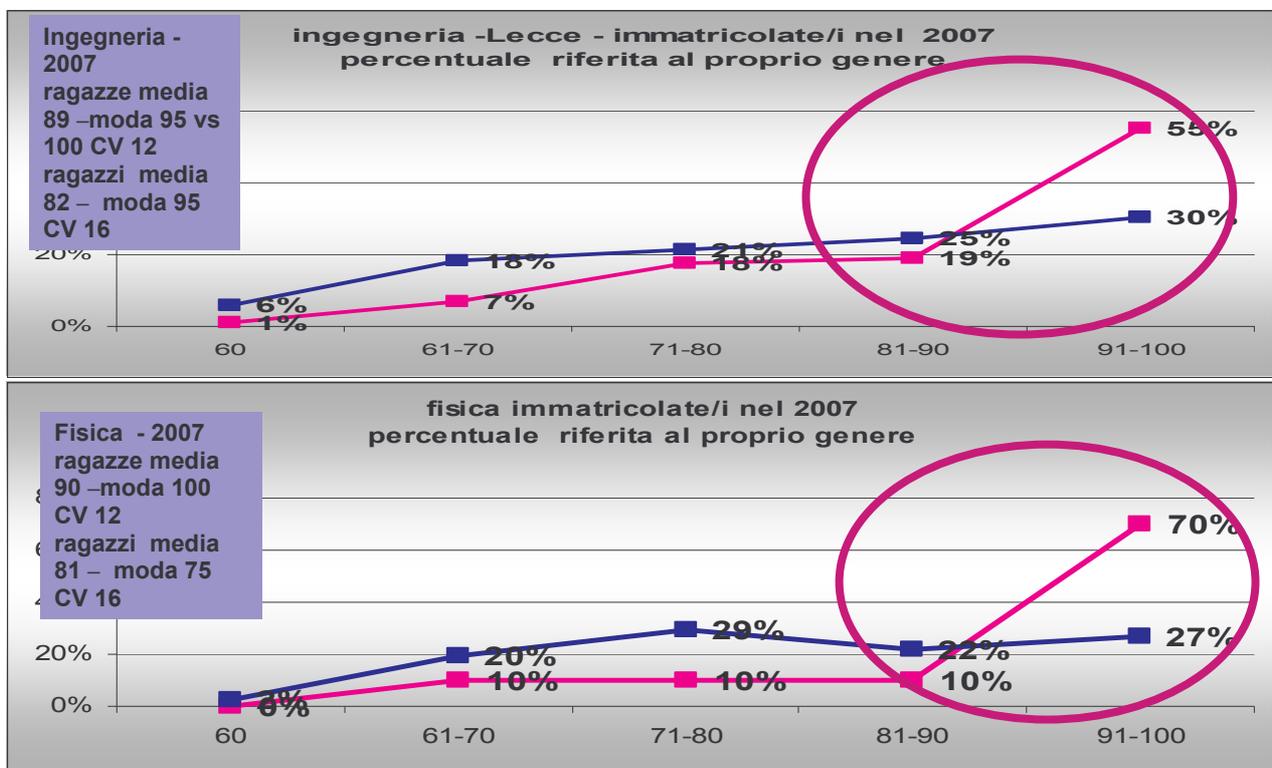


Fig. 2 Elaborazione su dati Miur

3) la dicotomia maschile/razionalità=femminile/emotività sul quale è incentrata la cultura occidentale è talmente radicata che insegnanti, uomini e donne, tendono più o meno inconsapevolmente a sostenere e gratificare maggiormente gli studenti maschi rispetto alle ragazze, contribuendo a radicare nei ragazzi l'idea di essere portati per le discipline scientifiche anche a dispetto dei voti scolastici e nelle ragazze di essere "semplicemente brave, studiose, e diligenti (P. Colella 2005)

4) anche il contesto sociale extra scolastico agisce in modo tale (costruzione sociale delle differenze di genere) che l'effetto è quello di sollecitare nei maschi competenze maggiormente spendibili in ambito tecnico scientifico e nelle ragazze in ambito umanistico-sociale.

A sostegno di quest'ultima tesi vi propongo un recente lavoro pubblicato su Science (Luigi Guiso et al. 2008) nel quale quattro economisti italiani, hanno messo in correlazione il gap tra maschi e femmine in matematica rilevato da OCSE PISA 2003 con il "Gender gap index" (Ggi) indice che misura il grado di emancipazione delle donne di quel paese.

I risultati mettono in evidenza che i dati di OCSE sono correlati direttamente con l'indice Ggi: dove l'indice di emancipazione è più basso è anche più marcata la distanza tra maschi e femmine in matematica.

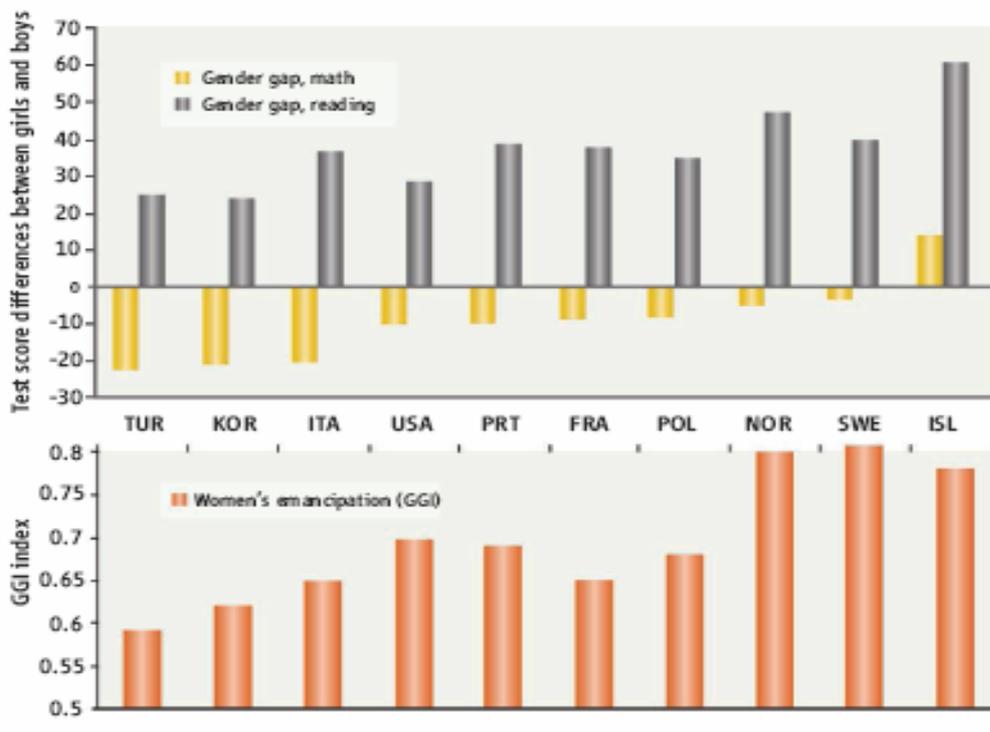


Fig 3. Anticorrelazione tra Gap in matematica nelle OCSE 2003 con GGI – Gender gap index

## **L'orientamento di Genere e il progetto "Rappresentarsi nella scienza: un laboratorio per la scienza futura"**

Come mirare intenzionalmente per abbattere un muro che le ragazze non vedono e che anche i loro insegnanti, uomini e donne, non vedono?

Per raggiungere un obiettivo è necessario perseguirlo, la didattica può essere orientativa se lo è intenzionalmente e consapevolmente.

In relazione alla scienza in generale questo equivale ad affermare che non è sufficiente un buon insegnamento delle scienze per orientare verso la scienza, in riferimento allo specifico delle problematiche di genere nella scienza equivale a dire che non è sufficiente che l'insegnamento sia "formalmente non discriminatorio" affinché esso abbia funzione orientante equivalente per ragazze e ragazzi.

L'azione orientativa in riferimento al genere deve promuovere percorsi utili ad aiutare le ragazze ad abbattere il "soffitto di vetro" che impedisce loro di **rappresentarsi nella scienza.**

Il progetto , "**Rappresentarsi nella scienza: un laboratorio per la scienza futura**", progettato e coordinato dalla scrivente è finanziato per l'a.s. 200872009 dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri dip. Delle Pari Opportunità.

E' un progetto complesso, realizzato in rete di scuole (Liceo Palmieri, Liceo De Giorgi e Istituto Siciliani), articolato in quattro Laboratori con finalità e obiettivi ambiziosi.

Il progetto prova ad **intrecciare la scienza con il teatro**, in particolare vuole sperimentare un percorso di narrazione (scrittura creativa) e rappresentazione (laboratorio teatrale) di un segmento di scienza moderna anche con fini divulgativi.

Il teatro offre occasioni per avvicinare un pubblico inesperto ai contenuti scientifici, grazie all'utilizzo di una comunicazione sensoriale ed emozionale.

Nel mondo universitario personaggi come Denis Guedj o Carl Djerassi da anni portano avanti l'idea che il teatro possa essere però non solo un mezzo per avvicinare il pubblico, ma anche un valido strumento per la didattica.

Nelle scuole l'attività teatrale è generalmente ben radicata, il liceo Palmieri per esempio da anni porta in scena i classici del teatro greco, qui si tratta però di

esplorare nuove possibilità offerte da un ambito interdisciplinare che deve coinvolgere insegnanti di scienza.

In questo particolare percorso le ragazze e i ragazzi lavorano in prima persona alla scrittura del testo ed alla messa in scena

In definitiva, Il progetto, che per contenuti, attività e scelte metodologiche incide sulla rappresentazione che scrittori, protagonisti e anche destinatari hanno della Scienza, si prefigge l'obiettivo principe di incrementare le iscrizioni ai corsi scientifici, ed in particolare quelle delle studentesse ai corsi scientifici hard a tipica segregazione maschile.

Articolazione: durata,obiettivi,contenuti

<b>Laboratorio</b>	<b>durata</b>	<b>Finalità/obiettivi</b>
<b>Laboratorio di orientamento di genere nella scienza</b>	<b>6 + 6 ore</b>	Riflettere sul ruolo della scienza nella società attuale e sul ruolo di donne e uomini all'interno dell'impresa scientifica Riflettere sul sé ed elaborare il proprio vissuto personale e di formazione; Rintracciare gli stereotipi socio-culturali che ancora influenzano le scelte di studio e di lavoro;
<b>Laboratorio di orientamento storico-scientifico</b>	<b>12 ore</b>	Acquisire tecniche di ricerca bibliografica, in particolare acquisire la capacità di analizzare, interpretare e valutare i materiali reperiti con mezzi informatici, selezionando tra essi quelli più adatti agli scopi prefissati Riconoscere nella scienza un luogo di genesi e sviluppo intermedio fra emotività e razionalità, astrazione e pragmaticità. Ri-costruire il rapporto con una disciplina grazie ad un approccio differente Delineare la figura di una scienziata, facendone emergere gli aspetti più significativi della vita e/o dell'opera e/o del contesto Conoscere i nodi concettuali di un argomento di scienza moderna anche attraverso le figure dei protagonisti
<b>Laboratorio di scrittura creativa</b>	<b>30 ore</b>	Riflettere sulla non neutralità del linguaggio; <b>Sperimentare percorsi alternativi di divulgazione di contenuti scientifici</b> concepire se stessi non solo come passivi fruitori di cultura, ma anche come soggetti trasmettitori di cultura Saper esprimere in un testo corretto, coeso e coerente il contenuto prescelto Saper analizzare fatti, sentimenti, emozioni, relativi ad

		<p>una vicenda umana</p> <p><b>Saper cogliere anche in sé e nel proprio vissuto (rappresentarsi nella scienza) suggerimenti e spunti per narrare un evento storico-scientifico</b></p>
<b>Laboratorio teatrale</b>	<b>40 ore</b>	<p>Saper utilizzare opportunamente i linguaggi verbale e corporeo allo scopo di far emergere gli aspetti più significativi della vita, opera e contesto della scienziata scelta</p> <p>Riconoscere nella scienza un luogo di genesi e sviluppo intermedio fra emotività e razionalità, astrazione e pragmaticità.</p> <p>Rappresentarsi nella scienza valorizzando le diversità</p> <p><b>Sperimentare percorsi alternativi di divulgazione di contenuti scientifici</b></p> <p>Contestualizzare la diversità di genere nel tempo e nello spazio</p> <p><b>Avvicinarsi alla scienza attraverso un'esperienza totale, che impegni anche l'emotività e la fisicità.</b></p>

## **Il laboratorio di orientamento disciplinare**

I saperi e le discipline possono sviluppare una valenza orientativa esclusivamente nel momento in cui fanno vivere esperienze disciplinari utili, realistiche e interessanti sia sul piano personale che su quello culturale.

Il Problem Solving per l'Orientamento formativo in ambito disciplinare è una metodica di orientamento disciplinare messa a punto, presso l'Università di Udine, a partire dal problem-based learning PBL.

Il metodo si caratterizza per la possibilità di essere utilizzato per far ripercorrere, in modo autonomo e in auto apprendimento, procedure e tecniche tipiche della ricerca scientifica sperimentale e/o teorica.

Da queste potenzialità della metodologia, che spostano il baricentro della didattica *"...dal sapere dichiarativo (**che cosa**) e procedurale (**come**) ad un sapere che pone e risolve problemi (**per**) che permette di ripercorrere le modalità dell'indagine e di impostare una didattica capace anche di "educare l'intelligenza. In questa prospettiva le discipline appaiono come "mappe": mappe concettuali per comprendere e mappe organizzative per orientarsi nell'interpretare l'esperienza" (M.Michelini et al.).*

Nel PSO, l'intera attività, si sviluppa in tempi brevi ( 6 – 8 ore), e ricalca lo schema del PBL:

L'insegnante presenta un problema (given problems: agli studenti vengono forniti sia l'obiettivo sia la strategia per raggiungerlo) – e/o un obiettivo (goal problems: agli studenti viene fornito solo l'obiettivo); e/o una situazione problematica ( Own problems: gli studenti decidono sia l'obiettivo che le strategie per raggiungerlo), quindi gli studenti, generalmente in gruppo devono

- analizzarlo,
- esaminare e mettere alla prova le proprie conoscenze o la capacità di sviluppare conoscenze
- scoprire quello che occorre imparare per risolvere il problema
- stabilire quali sono le strategie per risolverlo
- selezionare la soluzione migliore e provarla
- enunciare posizioni e sostenerle con prove ed argomenti solidi

- sviluppare/applicare al meglio le proprie qualità/capacità personali per ottenere risultati migliori nel gruppo
- riflettere sul processo e sulle proprie emozioni

Nel PSO lo studente, in un contesto di lavoro di gruppo, pratica di fatto una attività di "*indagine scientifica*".

Il percorso di PSO fornisce quindi l'opportunità di mettere in campo competenze differenti a seconda del tipo di problema ed a seconda delle propensioni, capacità ed euristica proprie di ciascuno e ciascuna.

E' evidente che anche il contenuto e la tipologia di problema fanno la differenza rispetto alla sviluppo di consapevolezza circa i metodi propri della scienza, ma in generale il percorso consente di sviluppare maggiore consapevolezza delle caratteristiche della disciplina.

La **metodologia dell'indagine** è ripresa anche dal recente rapporto della Commissione Europea – Rapporto **Rocard** (ricerca comunitaria della Commissione Europea realizzata dal High Level Group on Science-giugno 2007) Anche in questo caso, la conclusione più importante, e la conseguente indicazione, è che, per aumentare l'interesse verso le scienze, è necessario passare, nella pratica didattica delle scienze, dai metodi deduttivi ai metodi basati sull'indagine (***IBSE Inquiry- Based Science Education***).

## PARTE SECONDA

### Il Laboratorio di Orientamento Storico Scientifico

#### Contesto e scelte di contenuto

La scelta del tema e della tipologia di problem solving si è basata su considerazioni relative

- Alle caratteristiche del gruppo in apprendimento (interessi e attitudini generali dei miei studenti)- gruppo di 15 studentesse/studenti del III/IV/V anno di corso di un LICEO CLASSICO – Indirizzo BROCCA rispettivamente I/II/III anno di fisica (due ore a settimana!)
  - Un tema in cui possa essere particolarmente significativo anche l'aspetto descrittivo/qualitativo su quello quantitativo in quanto il gruppo è particolarmente disomogeneo ed in generale ama narrare, scrivere e ragionare più che far conti
  - Un tema interessante/intrigante per uno o più dei seguenti piani/aspetti: metodi propri della scienza, epistemologia, ontologia, storia, finalità, conseguenze, applicazioni, multidisciplinarietà (p.e. legame tra, scienza e società, legame tra scienza ed economia....
- Agli obiettivi generali ed il contesto in cui il **Laboratorio Storico Scientifico** è inserito
  - Un tema di fisica moderna verso il quale c'è attenzione del pubblico di non addetti (**divulgazione scientifica**)
  - Un tema in cui c'è stato, c'è o ci sarà un significativo **contributo femminile**
- Ai fondamenti disciplinari ed epistemologici della Fisica affrontati nel master IDIFO in particolare:
  - una scienza centrata non solo sui contenuti della conoscenza, ma anche e soprattutto sui processi e sui contesti che portano alla conoscenza stessa (storia, filosofia e politica della scienza).
  - Un argomento che possa essere metafora di una scienza **parziale, contestuale, in divenire.**

Dopo una ricerca che si è avvalsa anche e soprattutto delle frequentazioni nell'associazione Donne e Scienza ho individuato alcuni best-fit dei vincoli imposti (in ordine di aderenza):

- La fisica delle particelle e l'LHC
- La salvaguardia ambientale, le fonti energetiche alternative e l'ecofemminismo
- La Cosmologia
- L'assistive Technology-

La scelta è ricaduta sul primo degli argomenti:

### **La fisica delle particelle e l'LHC**

Nell'ambito del Master IDIFO, l'argomento (L'evoluzione del concetto di campo e la storia dei mediatori delle interazioni) era stato individuato, al pari di argomenti come la teoria della misura o la RS, come uno di quegli argomenti che deve e può essere sviluppato come fondamento/strumento disciplinare già nel primo biennio di studio della Fisica, anche per la possibilità di essere affrontato a diversi livelli di approfondimento.

### **Obiettivi e metodologia**

Gli obiettivi generali erano già formulati nel progetto in cui il laboratorio è inserito:

- Acquisire tecniche di ricerca bibliografica, in particolare acquisire la capacità di analizzare, interpretare e valutare i materiali reperiti con mezzi informatici, selezionando tra essi quelli più adatti agli scopi prefissati
- Riconoscere nella scienza un luogo di genesi e sviluppo intermedio fra emotività e razionalità, astrazione e pragmaticità.
- Ri-costruire il rapporto con una disciplina grazie ad un approccio differente
- Delineare la figura di una scienziata, facendone emergere gli aspetti più significativi della vita e/o dell'opera e/o del contesto
- Conoscere i nodi concettuali di un argomento di scienza moderna anche attraverso le figure dei protagonisti

Nelle due lezioni che precedono il problem solving, sono stati forniti strumenti concettuali e soprattutto metodologici che permetteranno poi al gruppo di

orientarsi con minimo di consapevolezza nella grande quantità di materiale che si può trovare in rete sull'argomento.

Nelle lezioni si è avuta cura di:

- sottolineare costantemente il modo di procedere e i metodi propri della scienza: il porsi delle domande e cercare delle risposte, costruire modelli sulla base della fenomenologia osservata, costruire teorie in grado di fare previsioni, costruire esperimenti per confermare la teoria.
- presentare i protagonisti dell'impresa scientifica della fisica delle particelle,
- mettere in evidenza la dimensione di continua ricerca ed evoluzione delle scienze sperimentali, in cui c'è ancora tanto da dire, ponendo l'attenzione e analizzando le dinamiche che hanno caratterizzato l'evoluzione delle idee.

*La vera difficoltà sta nel fatto che la fisica è un tipo di metafisica; la fisica descrive “la realtà”. Ma noi non sappiamo cosa sia “la realtà”, se non attraverso la descrizione fisica che ne diamo di essa. (Einstein in una lettera a Schrödinger, datata 1935)*

## **Il problem solving**

Il **primo PS** si presenta come una domanda aperta circa una questione irrisolta nel M.S. e la possibilità eventuale di “risolverla” in “sicurezza” attraverso gli esperimenti dell’LHC.

- **In LHC si produrrà materia oscura?**
- **LHC può rappresentare un pericolo?**

Questa tipologia di problema (Own problems: gli studenti decidono sia l’obiettivo che le strategie per raggiungerlo) è tipica di un laboratorio storico, in cui si pone l’accento sulla ricerca di fonti di informazione e sulla attendibilità delle stesse.

La funzione orientativa di questo PS è quella di **focalizzare l’attenzione sui paradigmi della scienza moderna e sulle sue interconnessioni con il piano socio-economico-politico.**

Il **secondo PS** proposto **Alla ricerca di Higgs!** è di tipo operativo (un given problems: agli studenti vengono forniti sia l’obiettivo sia le indicazioni e gli strumenti per raggiungerlo).

**Alla ricerca di Higgs!** non è un PS originale ma è tratto, abbastanza fedelmente, dal sito in cui il FERMILAB mette a disposizione alcune risorse per gli insegnanti <http://ed.fnal.gov/data/>

Il materiale scaricato dal sito è stato tradotto è “adattato” al gruppo in apprendimento, in particolare è stato ridotto rispetto all’originale

Il PS consiste in una attività guidata di analisi di dati (foglio EXCEL), raccolti dall’esperimento CDF del TEVATRON del FERMILAB e messi a disposizione sempre nel sito, che mima il lavoro “vero” di elaborazione dati di ricercatori in fisica delle particelle. Scopo dell’attività è imparare a individuare le *signature* di Higgs, stimare la quantità di moto di soglia per un elettrone affinché esso rappresenti il prodotto di decadimento di un bosone W, bosone prodotto insieme al bosone H nella collisione p-anti\_p.

Anche il materiale di guida al PS è tratto dal sito ed è stato integrato con del materiale dell'INFN.

Il problem solving contiene anche delle domande relative al processo in esame. Per tutte le domande è possibile trovare o inferire la risposta sulla base del materiale fornito e delle lezioni precedenti.

### **Articolazione delle attività**

Il **Laboratorio è stato** sviluppato in 4 lezioni - 4 pomeriggi di 3 ore ciascuno per complessive 12 ore, in laboratorio multimediale.

#### **LHC e le questioni aperte nel MODELLO STANDARD**

Lezione	Titolo	Ore
1a	Un po' di storia per arrivare al Large Hadron Collider (LHC)	1h
1b	Il Modello Standard- i costituenti della materia	1h
1c	Il Modello Standard- le interazioni	1h
2a	Gli acceleratori e i rilevatori di particelle	1,5 h
2b	Il Large Hadron Collider e le Questioni aperte nel Modello Standard	1,5 h
3a	Problem solving: 1) La materia oscura 2) Alla ricerca di HIggs!	3 h
4	Le donne nella scienza	3 h

## LEZIONE 1

### LEZIONE 1a -Un po' di storia per arrivare al Large Hadron Collider (LHC)

Nella prima lezione viene fatta una breve panoramica storica della fisica delle particelle che

da Thomson, Rutherford, arriva alla individuazione del neutrino e quindi, attraverso la rilevazione dei raggi cosmici, alla scoperta del muone e del pione

In questa lezione come caso emblematico del procedere della scienza, viene presentata la genesi dell'ipotesi dell'esistenza del neutrino: l'esistenza viene

ipotizzata nel 1934 in quanto la particella è *necessaria* alla conservazione dell'energia della reazione di decadimento.

Al fine di consolidare e fermare il "caso neutrino" come modo di procedere della scienza, nello specifico della fisica delle particelle e delle alte energie, viene proposto il seguente compito: **(Compito 1)**

### Calcola l'energia liberata nella reazione di decadimento beta (energia di elettrone + neutrino)

Questo compito si presenta come un piccolo PS, la magica formula  $E=mc^2$  viene riportata nella pagina del problema ma non insieme ai dati (masse note nella reazione e fattori di conversione) quasi fosse messa come logo.

Anche in questo caso gli studenti sono liberi di cercare informazioni su libri e nella rete ma hanno solo 20 minuti a disposizione per il calcolo.

Successivamente viene anche presentato un approfondimento sul calcolo, come esempio di applicazione della energia di massa relativistica

**Senza neutrino  
la LEGGE di CONSERVAZIONE appare violata**

---

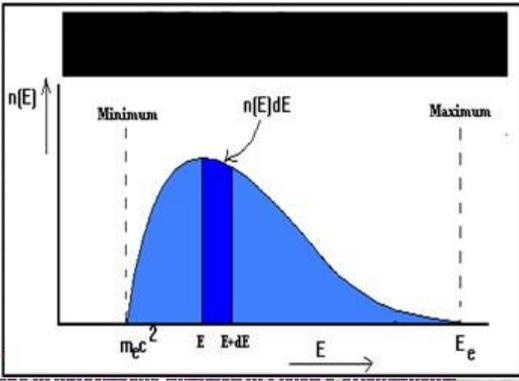
$$n_0^1 \rightarrow p_1^1 + e_{-1}^0 + \bar{\nu}_0^0$$

• **La grande dispersione nelle velocità di emissione della particelle  $\beta$  (ci si aspettava un picco nello spettro di emissione) sembra indicare che energia e q. di moto non si conservano.**

1934 **E. Fermi e W. Pauli** ipotizzarono una reazione a TRE e quindi l'esistenza di un terzo elemento del decadimento il **neutrino**, una particella senza massa né carica che giustificasse il bilancio energetico

Per molti anni non vi fu evidenza sperimentale...fu evidenziato solo nel 1956.



$E = mc^2$

**Compito 1**

Calcola l'energia liberata nella reazione di decadimento nell'ipotesi che neutrone e protone siano fermi (energia di elettrone + neutrino)

$$n_0^1 \rightarrow p_1^1 + e_{-1}^0 + \bar{\nu}_0^0$$

1.008665 u
1.007825 u
0.0005486 u

1 u =  $1.660 \times 10^{-27}$  kg

1 J =  $1.6 \times 10^{-19}$  eV

Vai al calcolo



Università degli Studi di Udine  
**MASTER IDIFO** Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**← Calcolo**

**Differenza di massa** =  $1.008665 - (1.007825 + 0.0005486)$   
 =  $0.0002914 \text{ u}$   
 =  $0.0002914 \times 1.660 \times 10^{-27} \text{ kg}$   
 =  $4.83724 \times 10^{-31} \text{ kg}$

$E = mc^2 = (4.83724 \times 10^{-31}) (3.0 \times 10^8)^2 \text{ J}$   
 =  $4.353516 \times 10^{-14} \text{ J}$   
 =  $\frac{4.353516 \times 10^{-14}}{1.602 \times 10^{-19}} = 271755 \text{ eV}$   
 =  $0.272 \text{ MeV}$



MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**← Approfondimento sul calcolo**

Senza neutrino	Con il neutrino
<p>Supponendo che il neutrino sia fermo, si può ragionevolmente ritenere che anche il protone creato sia immobile, quindi l'unica particella a muoversi dovrebbe essere l'elettrone.</p> <p>Per la conservazione dell'energia si ha: <math>m_n c^2 = E_p + E_e</math> con energie date da</p> $E_p = \sqrt{m_p^2 c^4 + p_p^2 c^2}$ $E_e = \sqrt{m_e^2 c^4 + p_e^2 c^2}$ <p>Nell'ipotesi di protone fermo (assenza di rinculo del protone) si ha che l'unica è incognita è l'energia cinetica dell'elettrone, una riga di emissione appunto:</p> $m_n c^2 \sim m_p c^2 + \sqrt{m_e^2 c^4 + p_e^2 c^2}$	<p>Sempre trascurando l'energia cinetica del protone e la massa del neutrino, la conservazione dell'energia diventa:</p> $m_n c^2 \sim m_p c^2 + \sqrt{m_e^2 c^4 + p_e^2 c^2} + p_\nu c$



E ancora la scoperta dell'antimateria:

Ancora ipotesi sulla base del modello teorico  
 Il modello è esso stesso ontologia...

**Meccanica quantistica relativistica**  
 La relatività applicata alla Meccanica Quantistica produce una nuova "equazione del moto" (L'equazione di Dirac) che prevede delle soluzioni inaspettate...  
 Essa può avere due soluzioni, una con elettroni con energia positiva e una con elettroni con energia negativa  
 Dirac ipotizzò che per ogni particella esiste una corrispondente antiparticella identica in tutto ma con carica opposta

**L'ANTIMATERIA ESISTE veramente o è solo una conseguenza matematica, solo una ipotesi?**



MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Scoperta dell'antimateria**

1931 A conferma della teoria di Dirac che prevedeva stati a **energie negative** (1928), proprio dallo studio dei raggi cosmici, **C. D. Anderson** scoprì il positrone, l'antiparticella dell'elettrone

Quando una particella e un' antiparticella interagiscono, si annichilano producendo energia

$E = 2m_e c^2$

Avviene anche il contrario: un fotone può produrre una coppia  $e^+e^-$






MAST Fisica e Orientamento

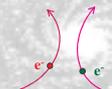
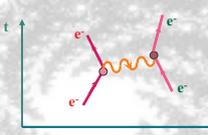
**LEZIONE 1b -II Modello Standard- i costituenti della materia**  
**LEZIONE 1c-II Modello Standard- le interazioni**

In queste lezioni viene presentata la nomenclatura, le proprietà e le regole di costruzione delle particelle reali e virtuali nel MS.

Queste lezioni sono principalmente dichiarative, ma necessarie, per fornire agli studenti un minimo di confidenza con nomi e simboli delle particelle elementari nel MS.

Per quanto riguarda i mediatori delle interazioni si pone l'accento anche sull'evoluzione del concetto di campo e sulla rappresentazione e descrizione delle interazioni (diagrammi di Feynman)

### Interazioni tra Campi

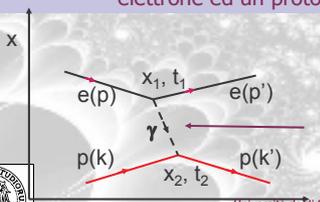
Fisica Classica	Fisica Quantistica
 <p style="text-align: center;">elettroni si avvicinano → mutua repulsione → rallentati e deviati</p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Azione a distanza</p>	 <p style="text-align: center;">                     • <math>e^-</math> emette <math>\gamma</math> → cambia velocità                      • <math>e^-</math> assorbe <math>\gamma</math> → cambia velocità                 </p> <p style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Interazione = scambio del <math>\gamma</math></p>

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

#### La descrizione delle interazioni

quantisticamente, i campi agiscono per mezzo di "mediatori", ogni campo ha il proprio (o i propri) mediatori e può agire solo su alcune delle particelle

Con i "diagrammi di Feynman" è possibile rappresentare le interazioni - interazione elettromagnetica fra un elettrone ed un protone



R.P. Feynman (1948)



Un fotone viene "scambiato" fra le 2 particelle: esso media l'interazione elettromagnetica

Università degli Studi  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

La lezione si concludono entrambe con un compito

La lezione 1b con una serie di domande (compito 2) che permettono di fermare alcuni concetti applicando semplici regole di composizione (**Compito 2**)

COMPITO 2

1. Determinate la composizione in quark del neutrone, che è un barione neutrale
2. In condizioni normali di energia (low-energy), le combinazioni uuu e ddd non vengono osservate. Perché?
3. Le particelle della prima famiglia (simili a protoni e neutroni ma con differente spin) sono  $\Delta^{++}$ ,  $\Delta^-$ ,  $\Delta^0$ , e  $\Delta^+$ , trova la composizione quark di ciascuna .
4. Il  $n^+$  è il mesone che ha carica +1. Da quali quark and anti-quark di prima famiglia è composto?
5. Ora completa lo zoo della particelle della prima famiglia costruendo una tabella

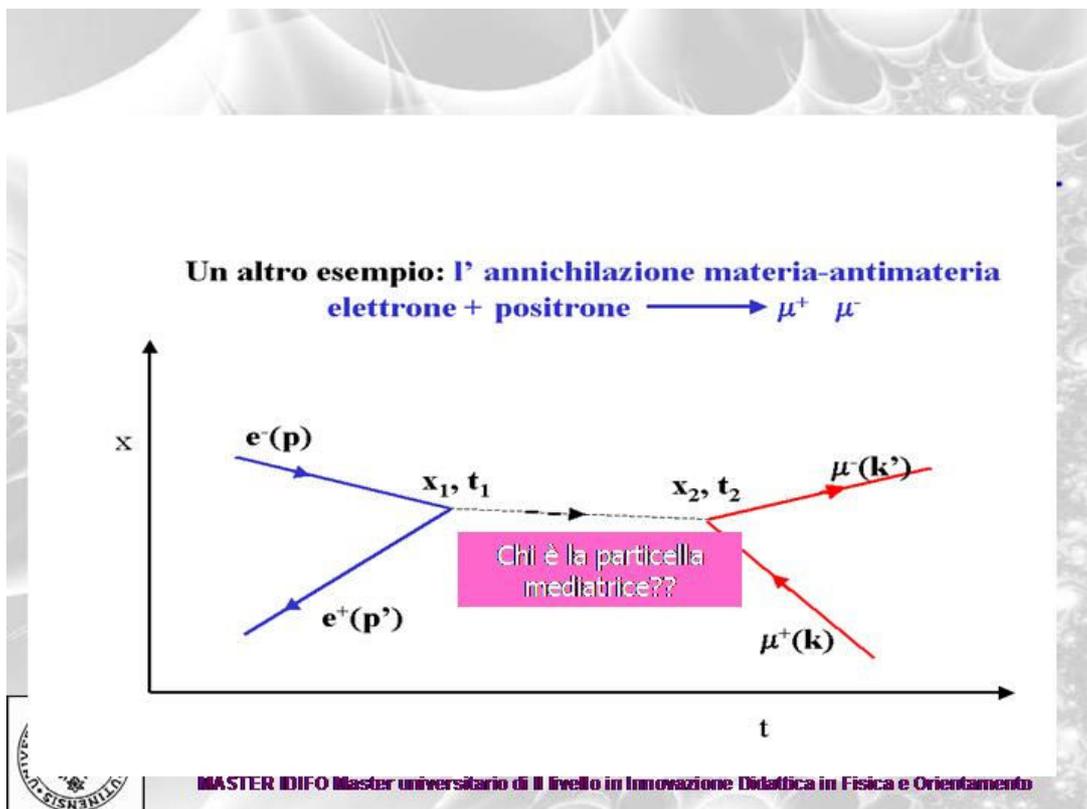
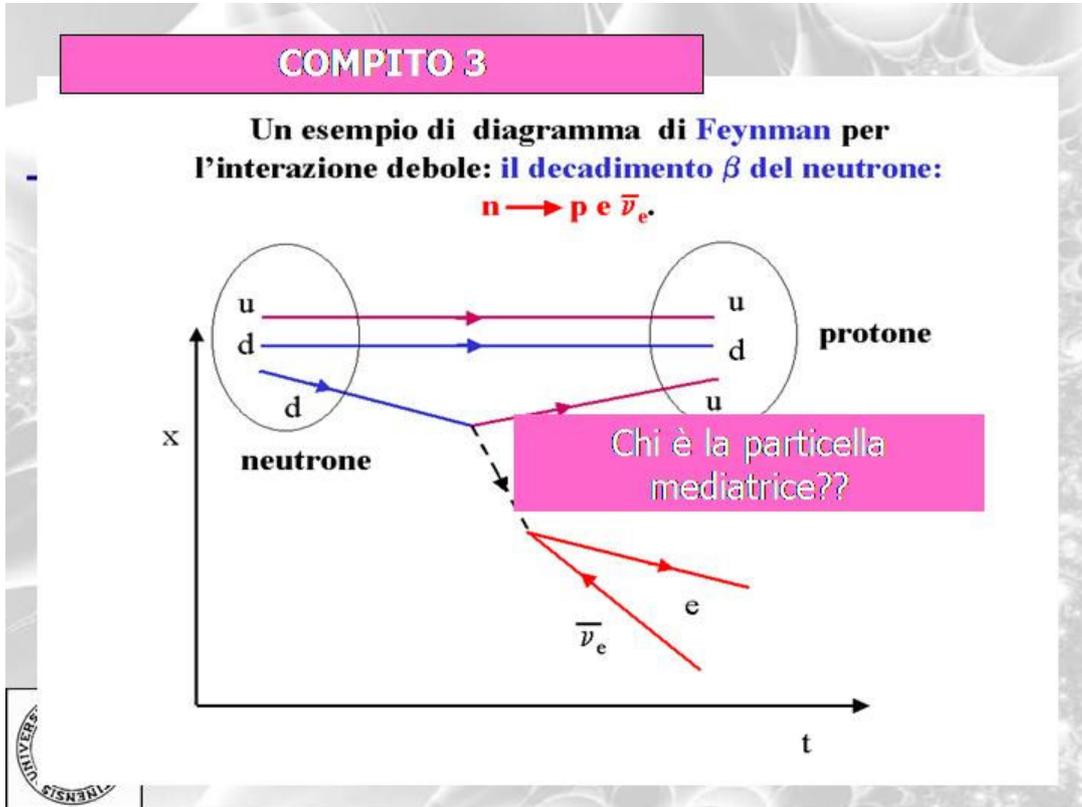


Università degli Studi di Udine

MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

Vai al calcolo

La lezione 1c si conclude con il **compito 3** in cui si chiede di provare ad individuare il mediatore delle interazioni rappresentate attraverso i diagrammi di Feynman



### **Risposta del gruppo di studentesse e studenti:**

L'attività è stata un po' troppo intensa, i tempi sono stati sottostimati e quindi il terzo compito è stato assegnato come riflessione a casa sul lavoro fatto ed è stato poi ripreso nella lezione successiva.

In dettaglio:

Il compito 1 è stato svolto da tutti gli studenti

Nel compito 2, alla domanda sul perché non osserviamo  $uuu$  e  $ddd$  ad energie ordinarie gli studenti non hanno saputo rispondere e non tutti hanno trovato la composizione in quark delle particelle della prima famiglia.

L'organizzazione del lavoro in lezione/compito come sempre è risultata motivante, ed in questo caso avvincente per il contenuto.

Per l'organizzazione di questa prima lezione è stato utilizzato materiale reperito in rete e tutto citato in bibliografia. In particolare i compiti 1 e 2 sono liberamente tratti dal sito ufficiale del CERN (materiale "for teacher" )

## LEZIONE 2

### LEZIONE 2a - Gli acceleratori e i rilevatori di particelle

Questa lezione si sviluppa in una prima parte come una storia dell'avventura della costruzione degli acceleratori. Lo sviluppo si apre però con **la problematica dell'analisi dell'infinitamente piccolo** in relazione alle finalità dell'avventura della storia degli acceleratori.

**La lezione di Rutherford!!!**

**Particelle di alta energia come esploratori del microcosmo**

**Negli acceleratori non solo produzione di nuove particelle attraverso la conversione di energia in materia, ma anche indagine della possibile struttura interna delle particelle stesse**

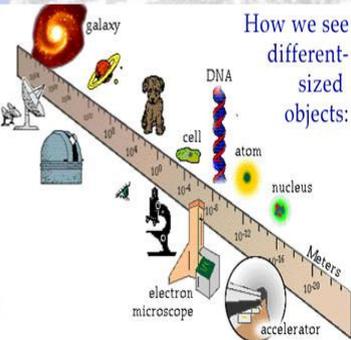
Per poter sondare sempre più "in piccolo" occorre disporre di particelle-sonda di energia sempre più elevata

$\lambda \ll 1/p = h/p$

**(Relazione di De Broglie)**

Una particella e' in grado di sondare oggetti-bersaglio di dimensioni dell'ordine della propria lunghezza d'onda:

Alte energie → piccole l → sondare in piccolo



How we see different-sized objects:

Il gruppo di studenti frequenta un corso di studi in cui si studia chimica dal secondo anno di corso, dovrebbero quindi aver già incontrato la  $\lambda$  di De Broglie, comunque ho scelto di inserire una scheda apposita con una scheda di calcolo tra le prime slide della presentazione :

**Relazione tra energia e  $\lambda$  associata**

**Per avere  $\lambda$  piccolo è necessario aumentare p (la quantità di moto) e quindi l'energia delle particelle.**

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

← "quantità di moto relativistica":

$$\frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E = \sqrt{p^2 c^2 + m^2 c^4}$$

**Maggiore è la quantità di moto (energia) di una particella, Minore è la sua lunghezza d'onda associata**

↑ **proiettile**

**un fascio di particelle di una data energia può "vedere" un oggetto di dimensioni COMPARABILE alla sua  $\lambda$  associata**

↑ **bersaglio**



Università degli Studi di Udine  
MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

La dimensione tipica di una particella subatomica (per esempio il protone) é dell'ordine di  $10^{-15}$  m (0.0000000000001 mm).  
 Questa misura la chiamiamo: 1 Fermi (fm)

La luce visibile é fatta di onde con lunghezza d'onda compresa tra 0.4 e 0.8 mm: non può quindi essere usata per vedere qualcosa piu piccolo di 1 mm!

Che onda serve, in termini di frequenza ed energia per per vedere  $10^{-15}$ m o meno?

$\lambda$ (m)	$\nu = c/\lambda$ (Hz)	$E = h\nu$ (MeV)
$10^{-15}$	$\sim 3 \cdot 10^{23}$	$\sim 200$
$10^{-16}$	$\sim 3 \cdot 10^{24}$	$\sim 2000$
$10^{-17}$	$\sim 3 \cdot 10^{25}$	$\sim 20000$

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

Nello sviluppo storico della tecnologia degli acceleratori viene poi posto l'accento sui progressi tecnologici derivanti da strategie di superamento dei limiti strumentali delle macchine che si avvalgono della scienza che nelle stesse macchine viene sviluppata: **dal ciclotrone al sincrotrone, dal Bevatron all'antimateria, dall'antimateria ai colliders**

**Emilio Segre e la scoperta dell'antiprotone 1955**



$p+p \rightarrow p+p+p+\bar{p}$

Uno dei primi grandi sincrotroni ancora operativi è il Bevatron del Lawrence Berkeley Laboratory, costruito nel 1950. È così chiamato perché la sua energia è dell'ordine dei 6,3 Giga-elettronvolti, che in inglese era in passato espresso come 6,3 Billion of electronvolts. Con questa macchina sono stati creati elementi chimici artificiali previsti dalla tavola periodica. In questi stessi laboratori è installata anche una delle prime camere a bolle per la rivelazione delle particelle.

Il "Bevatron" di Berkley

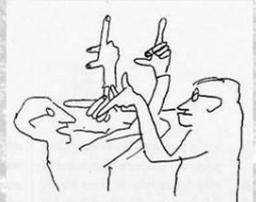


Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Anni '60: più energia una nuova idea sperimentale... L'energia di annichilazione made in Italy**



B. Touschek



MAGNETIC DISCUSSION

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

Per quanto riguarda i rilevatori di particelle, anche in questo caso ci sono delle slides che presentano molto sommariamente calorimetri, scintillatori, camere a

gas, strip elettronici, RPC, ma, anche in funzione del successivo Problem Solving quello che mi interessa sottolineare è che attraverso i rivelatori non vengono catturate particelle, non vengono disegnate traiettorie (ne reali ne virtuale) piuttosto vengono rilevati **gli effetti prodotti dal loro passaggio nella materia.**

**Lezione 2a**

**Come si "identificano" le particelle prodotte negli acceleratori ?**

"Vedono"



**La rivelazione delle particelle si basa sugli effetti prodotti dal loro passaggio nella materia.**

I primi rivelatori

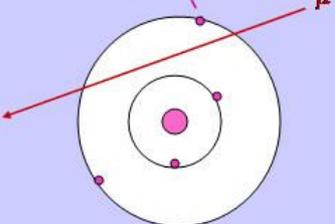
- Contatore Geiger (1910)
- Camera a nebbia di Wilson (1927)
- Camera a bolle (1950)
- Camere a scintilla



Università degli Studi di Udine  
MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Interazione delle particelle cariche con la materia**  
**"le tracce delle particelle"**  
**non traiettorie ma fenomeni correlati**

**Perdita di energia per ionizzazione**

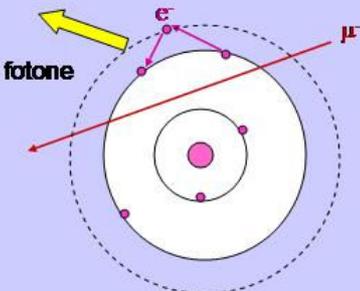


Viene liberato un elettrone...

Si induce un segnale elettrico!!!!

Energia spesa per creare una Coppia ione elettrone  $\approx 20\text{eV}$

**– Eccitazione e diseccitazione con emissione di luce di scintillazione**



Viene emesso un fotone... da convertirsi in un segnale elettrico

Energia spesa per generare un fotone  $\approx \text{eV}$



MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Ed ancora torno sulla questione dell'energia mancante e sulle particelle neutre!**

**E le altre particelle neutre?**

**Le diverse particelle neutre hanno probabilita' di trasformarsi in particelle cariche in relazione al tipo di interazione con la materia.**

**p.e. I neutroni vengono rivelati solo dopo il decadimento**

- La quantità di materia (cammino) che attraversano prima di produrre cariche e' molto diversa da particella a particella**
- Per fotoni e neutroni cio' accade con alta probabilita' in cammini dell'ordine del metro per i neutrini la probabilita' resta molto bassa anche in cammini di Km**



**e allora... come rileviamo i neutrini?**

**MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento**

## LEZIONE 2b Le Questioni aperte nel Modello Standard

Veloce carrellata su LHC: peculiarità e numeri del più grande collisionatore mai costruito, gli esperimenti di LHC ed un filmato tratto dal sito del CERN, il tutto finalizzato a sottolineare lo scopo di LHC e cioè **indagare i limiti del modello standard**

**Perchè LHC?**  
**Il modello standard e i suoi problemi**

Acceleratori e rivelatori ci hanno permesso di capire molte cose riguardo alla fisica nucleare e "subnucleare".  
Hanno notevoli applicazioni pratiche  
Medicina..beni culturali. Valutazione inquinamento.....  
Con l'avvento di LHC e dei suoi rivelatori la sfida tecnologica in questi due campi sarà portata a livelli senza precedenti ma ce ne sono anche altri....

**...i problemi aperti**



Università degli Studi di Udine  
MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

Propongo l'ascolto della registrazione di una intervista radiofonica a Fabiola Gianotti, da Marzo 2009 responsabile del progetto ATLAS, nella trasmissione "Il Giardino di Albert" – RSI Radio Svizzera - Rete Due

Nella intervista si accenna ad alcune delle questioni ancora aperte nel modello standard con particolare riferimento al ruolo di LHC nella ricerca delle risposte: Tra le questioni c'è un riferimento al problema della materia oscura (argomento del PS1). Nell'ultima parte approfondisco il problema della massa collegata alla ricerca di Higgs, oggetto del Problem Solving 2.

La lezione si conclude con una domanda aperta (ultima slide) sulla possibilità di controllare l'imprevisto (anche questo rappresenta un aggancio al problem solving della lezione successiva).

**Questioni aperte**  
**"Il mistero della massa ovvero la completezza del MS**  
**Il bosone di Higgs ovvero la "particella di DIO "**

La prima ipotesi è del 1964 (Peter Higgs) ma egli fu sostenuto nella sua ipotesi solo nel 1972.

Le prime informazioni per il bosone di Higgs furono riportate a settembre 2000 al LEP collider del CERN a Ginevra, Svizzera. L'ubicazione della ricerca si è poi spostata al Tevatron Collider del Fermilab che cominciò una corsa quinquennale a marzo 2001....

la caccia non ha avuto **successo.**



**I BOSONE H previsto nel modello standard rimane ancora una ipotesi**  
**I fisici devono dimostrare con l'esistenza di H anche il meccanismo di Higgs**

Il mistero della massa!



Nella prossima lezione  
**Problema Solving: Alla ricerca di HIGGS!**

mento

**Questioni aperte**  
**l'Unificazione delle interazioni**

Maxwell → unificazione di elettricità e magnetismo come manifestazioni di un'unica forza elettromagnetica

Glashow, Salam, Weinberg → unificazione dell'interazione elettromagnetica e dell'interazione debole nella teoria elettrodebole - predizione dell'esistenza dei mediatori  $W^+$ ,  $W^-$  e  $Z^0$

**I risultati sperimentali mostrano che l'intensità delle forze varia con l'energia in gioco e che ad una certa energia la forza forte dovrebbe avere la stessa intensità di quella elettrodebole.**

Si cerca la possibilità di includere anche la forza forte in una unica "Great Unified Theory" G.U.T.

**Nella G.U.T le 3 forze saranno un'unica forza, che a bassa energia si manifesta in modo differente**



G.'tHofft



M.Veltman

Nobel 1999  
Impianto per la Teoria Unificata

Udine

universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

Le energie di LHC permetteranno di verificare la GUT?

## LHC e la GUT e la supersimmetria

**Purtroppo l'energia alla quale si manifesta la GUT - l'intensità di tutte le forze diventa eguale - è circa  $10^{12}$  volte più alta di quella raggiungibile da qualsiasi acceleratore realizzabile.**

Forces Merge at High Energies

**Le teorie di Grande Unificazione prevedono però anche delle conseguenze verificabili sperimentalmente anche alle energie più basse.**

**Una delle possibili manifestazioni di una GUT è l'esistenza di partner "supersimmetrici" per ognuna delle particelle elementari del Modello Standard (SuSy).**

**Le energie di LHC permetteranno di verificare se le particelle supersimmetriche esistono o meno?**

Con l'energia che si svilupperà negli esperimenti dell'LHC, potremo ricreare le condizioni esistenti negli attimi successivi al Big Bang, quanto vicino al Big Bang potremo essere?

**La fisica delle alte energie ci permetterà di tornare indietro nel tempo per capire la formazione delle stelle, della terra, e in ultima analisi, della natura vivente.**

### Questioni aperte Materia e AntiMateria nell'Universo

**I risultati ottenuti con l'acceleratore che ha preceduto LHC al Cern (LEP) permettono di affermare con certezza che le famiglie di costituenti elementari non sono più di 3.**

**Le domande che i fisici si pongono sono:**

Perché solo tre famiglie?  
Perché la materia stabile dell'Universo è costituita solo da componenti della prima famiglia?

**Abbiamo motivi per credere che quando si è originato l'Universo, circa 14 miliardi di anni fa, c'era la stessa quantità di materia e antimateria.**

**Nell'Universo attuale invece, a parte ciò che si crea nelle collisioni, non vediamo antimateria intorno a noi, anche dai raggi cosmici ne raccogliamo meno di quanta dovrebbe essercene in un universo simmetrico.**

**Questi quesiti sono strettamente legati ad un altro "puzzle": che fine ha fatto l'antimateria?**

perché materia e antimateria non si sono annichilate lasciando solo energia nell'Universo?  
LHC cosa ci dirà in proposito?

Ed infine ...  
**Secondo voi Cosa si aspettano i FISICI?**

**Completare il MODELLO STANDARD  
o  
SUPERARE il MODELLO STANDARD?**

Università degli Studi di Udine  
MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

### LHC e...l'imprevisto... ....aprirà nuove strade?

L'esperienza passata mostra che molto spesso, quando si esplorano nuove regioni di energia, vengono rivelati **fenomeni inattesi** che permettono al quadro teorico esistente di progredire sensibilmente.

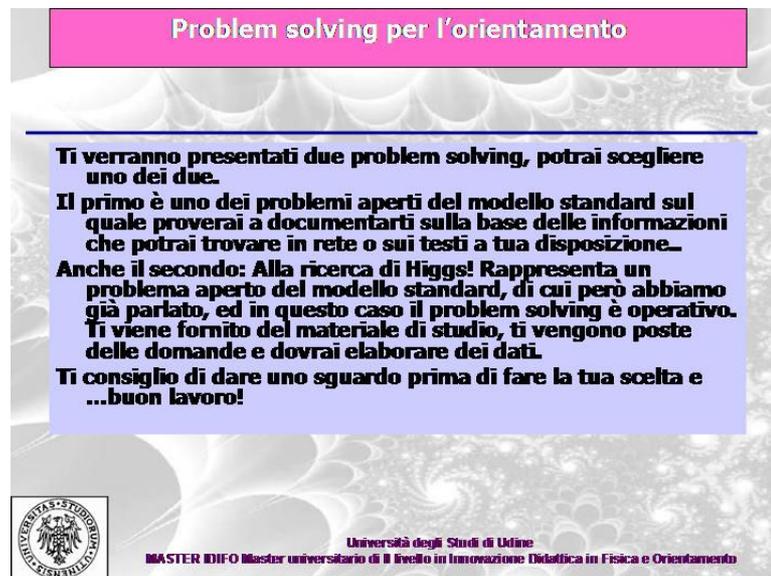
Verso la fine degli anni 60, l'entrata in funzione di Adone presso i laboratori di Frascati dell'INFN, permise di osservare per la prima volta una **abbondante produzione di adroni** (particelle soggette alla forza forte) in interazioni  $e^-e^+$  (tipicamente elettromagnetiche).

Nel 1974 l'inattesa scoperta di una **nuova particella ( $J/\psi$ )** rappresentò la prima conferma sperimentale del 4° quark (**charm**) in quanto a quei tempi ne erano noti solo 3 (up, down, strange).

**Ma ...l'imprevisto è controllabile?**

Università degli Studi di Udine  
MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

## LEZIONE 3 Problem solving



**Problem solving per l'orientamento**

Ti verranno presentati due problem solving, potrai scegliere uno dei due.

**Il primo è uno dei problemi aperti del modello standard sul quale proverai a documentarti sulla base delle informazioni che potrai trovare in rete o sui testi a tua disposizione..**

**Anche il secondo: Alla ricerca di Higgs! Rappresenta un problema aperto del modello standard, di cui però abbiamo già parlato, ed in questo caso il problem solving è operativo. Ti viene fornito del materiale di studio, ti vengono poste delle domande e dovrai elaborare dei dati.**

**Ti consiglio di dare uno sguardo prima di fare la tua scelta e ...buon lavoro!**

 Università degli Studi di Udine  
**MASTER IDIFO** Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

### PS1: La materia oscura

Le galassie vicino a noi e tutto l'universo sembrano essere riempiti da una materia di tipo diverso, che non produce luce...*la Materia Oscura...*

**Di cosa è fatta????**

L'espansione dell'universo sta accelerando!!! Oltre che dalla materia oscura l'universo sembra dominato da un tipo di energia che non conosciamo e che sembra comportarsi diversamente: la **chiamiamo Energia Oscura**

**Cosa è ??????**

**In LHC si produrrà materia oscura?**

**LHC può rappresentare un pericolo?**

Sulla base del materiale che hanno a disposizione (testi scolastici, il web e il CD ROM "Le Scienze - 40 anni") gli studenti possono trovare risposte a vari livelli.

Il PS non ammette unica soluzione l'importante è che gli studenti abbiano la capacità di orientarsi, citino e controllino la fonte di informazione e dimostrino in particolare di riuscire a mettere a fuoco il problema nascosto nelle domande. Sulla questione possibile pericolo derivante da LHC dovrebbero poter trovare informazioni circa la polemica della pericolosità dei mini buchi neri.

Il mio compito nella lezione 4, in cui verranno presentati e discussi i materiali e le possibili risposte del gruppo classe, sarà unicamente quello di mettere in guardia dalla cattiva divulgazione e da eventuali aspetti di pseudo scienza.

In particolare per quanto riguarda le informazioni trovate in rete agli studenti viene data indicazione, attraverso una scheda di lavoro, di controllare l'attendibilità delle fonti

- 1) credenziali del sito che riporta le informazioni,
- 2) attribuzione del server (enti di ricerca, università, fondazioni...)
- 3) articolo firmato e da chi (eventuale ricerca sulla/sul firmatario (p.e. collocazione culturale, geografica, politica...))

**PS2: Alla ricerca di Higgs!**

**Problem solving per l'orientamento  
Alla ricerca di Higgs**

**WANTED BY FNAL  
The Higgs**

**Aliases:** Higgs, Higgs Boson,  $H^0$ ,  $h^0$

**DESCRIPTION**  
**Mass:** > 114 GeV  
**Spin:** Zero  
**Charge:** Neutral  
**Particle Type:** Boson

*Poiché il campo di Higgs è un campo scalare, il bosone di Higgs ha spin zero e non ha momento angolare intrinseco. Il bosone di Higgs è anche la sua stessa antiparticella*

Materiale tratto dal sito in cui il FERMILAB mette a disposizione alcune risorse per gli insegnanti <http://ed.fnal.gov/data/>

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Alla ricerca di HIGGS!**

**Protoni in collisione con antiprotoni possono produrre il bosone di Higgs ed un bosone W:**

$$p + \bar{p} \rightarrow H + W + \text{other particles}$$

**H and W decadono**  
**Esempi di possibili decadimenti:**

$$H \rightarrow b + \bar{b}$$

$$W \rightarrow \mu + \nu$$

or

$$W \rightarrow e + \nu$$

**Il quark b può essere visto in Jets, cioè uno sciame di particelle che lasciano tracce a partire da un punto, W decade a sua volta in un elettrone+neutrino o muone+neutrino**

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Alla ricerca di HIGGS!**

**Quali test vengono usati dal Trigger per individuare eventi significativi per Higgs?**

**Secondo il Modello Standard, Higgs viene creato con un bosone W e anche altre particelle. Higgs e W decadono rapidamente quindi i fisici cercano i loro prodotti di decadimento.**

**I fisici vogliono targare eventi con evidenza di 2 b quark per Higgs e di elettrone + neutrino per il bosone W.**

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Alla ricerca di HIGGS!**

**VOI vi assocerete alla caccia della particella facendo una ricerca di segnatura/evidenza attraverso i dati di CDF (esperimento del TEVATRON del FERMILAB)**

**In particolare imparerete a identificare b e W la cui presenza contemporanea rappresenta un test tipo AND per il Trigger e, come esempio di calcolo, aiuterete ad individuare una stima del valore di "soglia" per l'energia dell'elettrone proveniente dal decadimento di W**

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Alla ricerca di HIGGS!**

**Test Higgs by trigger: test1 AND test2**

**Test1: Contiene un quark b. Come si riconosce un quark b?**

**Test2: Contiene un W. come si riconosce un decadimento di W.**

**H e W hanno vita breve. Vogliamo individuare i prodotti del decadimento: figli e nipoti**

**Guarda l'esempio proposto:**

**H può decadere in 2 b quark che frantumano in 2 B mesoni che decadono rapidamente in molte altre particelle. Per trovare b cerca jet di particelle che provengono dallo stesso punto.**

**W può decadere in un elettrone + neutrino o muone + neutrino. (il neutrino come sappiamo è una particelle "furtiva" con massa trascurabile, non viene rilevata in CDF, il computer calcola la quantità di moto mancante)**

**Osserva la "segnatura" di B e W nella figura sulla base delle indicazioni fornite**

Università degli Studi di Udine  
 MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

**Alla ricerca di HIGGS!**

**Stima del valore di "soglia" per l'energia dell'elettrone  
proveniente dal decadimento di W**

**Impareremo a processare eventi W  
attraverso decadimenti  $e + \nu$ .**

Per farlo dobbiamo:

- Vedere e capire come possono essere presentati i dati
- Capire come processare/analizzare i dati: che grafico possiamo disegnare?
- E dobbiamo trovare risposte a domande del tipo
- Quanto vale la massa trasversa di W?
- Cosa può far capire al trigger che quel  $e + \nu$  provengono da decadimento di W? e quindi ...
- Quale è il range di energia in massa che deve avere  $e$  affinché l'evento possa essere una particella di decadimento di W?



Università degli Studi di Udine  
MASTER IDIFO Master universitario di II livello in Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento

Seguono altre slide in cui si danno informazioni su come procedere e materiale di consultazione

**Nota: Il PS2 non è un lavoro originale ma è tratto, abbastanza fedelmente, dal sito in cui il FERMILAB mette a disposizione alcune risorse per gli insegnanti <http://ed.fnal.gov/data/>**

### **Risposta del gruppo di studentesse e studenti:**

Gli studenti hanno lavorato in coppie in auto\_apprendimento.

Si sono formate sette gruppi, tre hanno scelto il PS1 (i più piccoli di età) e quattro il PS2

Il mio ruolo è stato di osservatore attento, il contributo si è limitato ad un supporto sulla manipolazione dei dati nel PS2. Infatti l'analisi dei dati, se pur non complessa sul piano dell'elaborazione (costruzione di un istogramma con opportuna scelta della grandezza delle classi di dati), richiede un uso avanzato di excel.

Di seguito è riportato il dettaglio delle risposte degli studenti.

## **Risposta al PS1:**

### **In LHC si produrrà materia oscura? LHC può rappresentare un pericolo?**

I tre gruppi, nella fase iniziale hanno scambiato molte informazioni, e quasi tutti erano a conoscenza del caso dei buchi neri, era anche emerso un accenno alla questione durante le lezioni.

#### **Relazione I gruppo**

Abbiamo prima letto qualcosa sul teso di Fisica Halliday

Poi abbiamo effettuato la ricerca "materia oscura" and "LHC"

Ci siamo imbattuti in blog e altro (siti scartati) abbiamo aperto qualche collegamento e poi:

[Denunciato l'Lhc di Ginevra: «rischio Apocalisse» Il Cern: «L ...](#) (sito del Messaggero on line )

Dall'articolo abbiamo appreso che due scienziati americani, Walter Wagner e Luis Sancho, hanno denunciato LHC perché secondo loro si corre il rischio di creare un buco nero che risucchierà la terra, hanno quindi citato in giudizio presso una corte delle Hawaii il Cern di Ginevra che cura il progetto LHC, il Fermilab di Chicago e il Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti americano , che hanno partecipato alla costruzione dell'acceleratore denunciato

Nell'articolo viene citato [Michelangelo Mangano](#) (con un collegamento al sito del CERN) come fisico del CERN referente per questa questione

[Seconda ricerca "Michele mangano" and "Buchi neri"](#)

Abbiamo trovato numerosissime interviste a Michelangelo Mangano abbiamo scelto di riportare quella trovata su un sito curato dalla chiesa cattolica (ci hanno incuriosito le domande su scienza e fede), a proposito dei rischi Mangano è rassicurante

"La comunità scientifica è unanimemente convinta che questi rischi non ci siano, perché questi esperimenti sono stati preparati, studiati in dettaglio utilizzando la scienza e la fisica ben note, per giungere alla conclusione che appunto non vi è nessun rischio."

E punta il dito sulla comunicazione nel web:

"Nessuno dei due (Walter Wagner e Luis Sancho) effettivamente ha alcuna esperienza scientifica documentabile: il fatto stesso che non abbiano mai scritto un articolo scientifico che sia stato pubblicato su una rivista scientifica, né individualmente né sottoponendolo a peer review, lo sottolinea.

Purtroppo, con il web oggi tutti possiamo "diventare" "scienziati", o "esperti", scrivendo qualche riga e mettendola sul nostro sito web, e magari firmandoci come esperto di astrofisica. Sul web non esiste la validazione, la certificazione delle sorgenti che ci può essere sul giornale, dove il giornalista prima di presentare un'informazione si preoccupa di capire quale sia la fonte. E la gente si spaccia per esperti, per scienziati, inventando persino affiliazioni con Università e Istituzioni, e a quel punto la gente viene indotta a credere di avere a che fare con degli esperti."

Con la stessa chiave di ricerca abbiamo individuato il sito della facoltà di Fisica di Milano dove a proposito si scrive:

la preoccupazione per possibili eventi catastrofici, conseguenti agli esperimenti previsti per LHC, hanno spinto teorici come Mangano a analisi dettagliatissime sulla eventualità che vengano generati micro-buchi neri, in grado di accrescere e 'divorare' la materia circostante, Cantone di Ginevra e Pianeta Terra inclusi. Non sussiste praticamente nessuna probabilità, che eventi su scala microscopica, come quelli che si verificano con le particelle ad alta energia, riescano a 'scalare' verso dimensioni macroscopiche, per provocare guai a livello planetario o cosmico. La stessa esistenza e longevità di stelle e pianeti, sottoposti a bombardamenti a energie altissime, ben superiori a quelle previste per LHC, dimostrano concretamente l'inesistenza del rischio. Le conclusioni raggiunte, sul piano teorico, non forniscono alcuna base a preoccupazioni catastrofiste. neppure se, nelle collisioni ad altissima energia, si dovessero manifestare altre 'dimensioni', oltre alle quattro dello spazio-tempo della relatività generale di Einstein. come ritenuto, o auspicato, dalle più audaci speculazioni teoriche.

Abbiamo provato a scoprire qualcosa in più sulla possibilità di produrre buchi neri al CERN ma abbiamo trovato solo blog di catastrofisti

### **Le nostre risposte**

- 1) In LHC si spera di produrre e osservare little black hole
- 2) LHC non rappresenta un pericolo.

### **Relazione II Gruppo**

Abbiamo cercato sul sito del CERN ma non abbiamo trovato niente sulla questione.

Attraverso la ricerca ("Buchi neri" or "materia oscura") and "CERN" abbiamo trovato (all'indirizzo <http://www.croponline.org/cern.htm>) un articolo interessante. L'articolo è firmato da un tal Massimo "Requiem" D.B. ed il sito è il sito dell'associazione C.R.O.P. (misteri della storia, ufo e para...) e però a proposito del problema della formazione di buchi neri ad LHC, l'autore spiega la vicenda della denuncia e presenta due posizioni: disfattisti ed ottimisti, per come scrive l'autore appare più propenso ad essere ottimista

#### **I disfattisti**

"Si ipotizza che questi buchi neri sopravvivano pochi istanti, tuttavia," mette in guardia il professor Ernst Krankfurt della Lawson University nel Wisconsin, "esiste la possibilità che una micro-singolarità creata artificialmente assuma uno stato stabile o meta-stabile che le permetta di persistere abbastanza a lungo da accumulare massa in quantità considerevole, fino a espandersi e inghiottire l'intero sistema solare."

#### **Gli ottimisti**

Lo stesso Cern, al momento di varare il progetto LHC, ha istituito una commissione di esperti proprio per valutare tutti i possibili rischi legati agli esperimenti che arriveranno a livelli di energia mai raggiunti prima in un laboratorio. E i risultati sono tranquillizzanti. «Abbiamo considerato», dice il rapporto finale della commissione, «tutti gli oggetti potenzialmente pericolosi che potrebbero essere teoricamente prodotti da LHC, fra cui i buchi neri. Non abbiamo trovato alcuna ragione plausibile di rischio». Resta da chiedersi, allora, perché i buchi neri artificiali sarebbero così mansueti. Stephen Hawking ha la risposta pronta: i mini buchi neri vivrebbero al massimo per un centomillesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo e poi evaporerebbero senza alcun danno. Sa bene di cosa sta parlando perché la teoria in base alla quale i buchi neri possono evaporare emettendo energia è sua. E risale addirittura agli anni '70

Sul sito ci sono dei video, uno è proprio del CERN l'altro è una simulazione al computer di un buco nero che a partire da Ginevra ingoia tutta la terra

Sulla base della lettura cerchiamo "Hawking" and "buchi neri"

da Wikipedia:

Rischi Simulazione della rilevazione del bosone di Higgs  
Secondo alcuni l'LHC potrebbe causare la distruzione della Terra Secondo questi il CERN potrebbe:

\* Creare un buco nero stabile\* Creare strangelet, composti fatti da quark strange, che convertono la materia ordinaria in materia strana\* Creare monopoli magnetici che potrebbero catalizzare il decadimento dei protoni. Il CERN, dopo accurati studi teorici ha ribadito le conclusioni di una valutazione già fatta nel 2003 secondo la quale non sussiste alcun pericolo. Nel 2003 il CERN aveva sostenuto che è noto da tempo che la Terra viene costantemente colpita da raggi cosmici di energia anche enormemente superiore a quella dei fasci di LHC, senza che ciò causi alcun danno. Inoltre, se pure venissero prodotti mini buchi neri, essi evaporerebbero immediatamente per via della radiazione di Hawking e quindi sarebbero innocui. Un laureato in biologia, fisica e legge, che si definisce "fisico nucleare", tale Walter Wagner] aveva sostenuto che un mini buco nero creato in laboratorio è considerevolmente differente da uno creato dai raggi cosmici ad alta energia che colpiscono la Terra. Se i raggi cosmici producono veramente mini buchi neri, come sostengono alcune teorie, viaggerebbero a una velocità relativa alla Terra molto alta ( $0,9999 c$ ) e, come un neutrino, attraverserebbero la Terra in circa 0,25 secondi senza interagire con la materia; o al massimo se interagissero comunque inghiottirebbero al massimo qualche quark a un ritmo molto lento. Al contrario un mini buco nero creato nell'LHC sarebbe relativamente a riposo, e ci sarebbe una probabilità su 105 che non raggiunga la velocità di fuga terrestre; nel caso la velocità del minibuco nero fosse minore della velocità di fuga della Terra verrebbe catturato dal campo gravitazionale terrestre e dopo un po' di tempo interagirebbe lentamente con la materia e acquisterebbe sempre più massa fino a inghiottire la Terra. Questo a patto che la radiazione di Hawking non esista perché se esistesse allora il mini buco nero evaporerebbe e non ci sarebbe pericolo.

### Le nostre Risposte

I fisici non sanno se in LHC si potrà produrre o osservare materia oscura ma nel caso LHC non rappresenta un pericolo a causa della Radiazione di Hawking.



### III Gruppo

Noi ci siamo chieste se veramente **la materia oscura sono i buchi neri**  
Abbiamo cercato "materia oscura" and "buchi neri" e come primo collegamento, abbiamo trovato un forum con la seguente domanda:

Visto che secondo alcune teorie circa il 70-80% della materia dell'universo è composta da materia oscura, vorrei sapere se esiste un'interazione tra materia oscura e buchi neri e, se sì, di che tipo.

La risposta curata da MARCO SERPICO (Dipartimento di Scienze Fisiche, Università di Napoli è dettagliata e completa e ci spiega il collegamento tra materia oscura e buchi neri, nella risposta si dice il fatto particolare che i buchi neri, come tutta la materia "esotica" sono altamente instabili.

(sito ULISSE – è un sito di divulgazione scientifica curato dalla scuola SISSE di Trieste) abbiamo considerato il sito attendibile

Abbiamo continuato a cercare “Materia Oscura” and “buchi neri” and “LHC” e abbiamo trovato innumerevoli blog e forum non molto attendibili, allora abbiamo pensato di aggiungere INFN nella chiave di ricerca e abbiamo trovato [www.pd.infn.it/gruppi/g1/RicercheColliders\\_Dorigo22apr08.ppt](http://www.pd.infn.it/gruppi/g1/RicercheColliders_Dorigo22apr08.ppt)

La presentazione è complessa ma fa capire che in LHC si cerca Materia Oscura: Per quanto riguarda i rischi abbiamo cercato proprio “RISCHI COLLEGATI AD HLC” e abbiamo trovato informazioni su wikipedia

Il 20 giugno 2008, l'*LHC Safety Assessment Group* (LSAG), il team che si occupa della valutazione di rischio per l'LHC, ha rilasciato un nuovo rapporto sulla sicurezza che va ad aggiornare quello del 2003<sup>[6]</sup>, nel quale riafferma ed estende le precedenti conclusioni riguardo al fatto che “*le collisioni provocate dal LHC non presentano alcun pericolo e non vi è motivo di preoccupazione*”.<sup>[12][13][14]</sup> il rapporto del LSAG report è stato quindi revisionato e vagliato dal *CERN's Scientific Policy Committee*,<sup>[15]</sup> un gruppo di scienziati esterni che offrono consulenza al CERN.<sup>[12][16][17]</sup> Il 5 settembre 2008, il documento del LSAG, “*Review of the safety of LHC collisions*” è stato pubblicato sul *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*.<sup>[18]</sup>

## Pericolo buchi neri

Per quanto riguarda i buchi neri, essi non sarebbero una minaccia perché:

- evaporerebbero in  $10^{-27}$  secondi a causa della radiazione di Hawking,
- se non evaporassero, questo vorrebbe dire che la meccanica quantistica è errata e ciò è altamente improbabile;
- pur ammettendo che alcuni mini buchi neri potessero non riuscire a raggiungere la velocità di fuga terrestre, si sostiene che, anche se non svanissero, i mini buchi neri ci metterebbero tempi enormi (dell'ordine di  $10^{11}$  anni) per inghiottire la Terra;
- inoltre se i buchi neri prodotti dal LHC fossero una minaccia, allora le stelle di neutroni vivrebbero al massimo 100 milioni di anni. Infatti le stelle di neutroni, a differenza della Terra, hanno una velocità di fuga talmente elevata da intrappolare i mini buchi neri prodotti dai raggi cosmici al loro interno; di conseguenza entro 100 milioni di anni le stelle di neutroni verrebbero inghiottite dal buco nero. Sono state osservate invece stelle di neutroni con più di un miliardo di anni di età e ciò smentirebbe la pericolosità dei mini buchi neri prodotti dal CERN. La probabilità che venga distrutta la Terra è molto bassa, all'incirca 1 su  $10^{22}$ .
- inoltre la simmetria nota come invarianza CPT impedirebbe ai mini buchi neri creati di essere una minaccia. La probabilità che la CPT non funzioni è all'incirca 1 su  $10^{19}$  dunque c'è una probabilità di 1 su  $10^{19}$  che i buchi neri siano una minaccia

## Le nostre Risposte

In LHC si cerca materia oscura e la si cerca attraverso energia mancante nei processi di decadimento.

I fisici hanno le caratteristiche dei candidati alla materia oscura

- sono elettricamente neutri
- sono massivi
- non hanno interazioni e.m. e forti con la materia

- sono stabili
- risentono dell'interazione debole

Un possibile candidato è il neutralino previsto dalla teoria super simmetrica (SuSy)

Riguardo poi ai pericoli, la valutazione del rischio è stata fatta da una commissione di scienziati ed il rischio è tanto basso da poter essere affrontato!

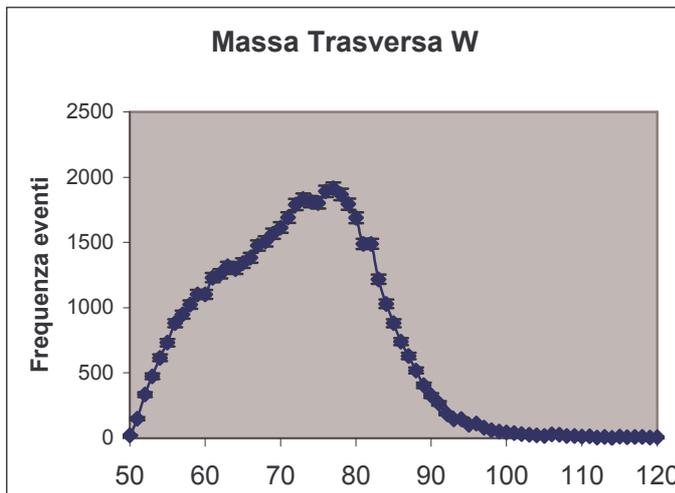
## PS2: Alla ricerca di Higgs!

Quattro gruppi di studenti hanno accolto la sfida

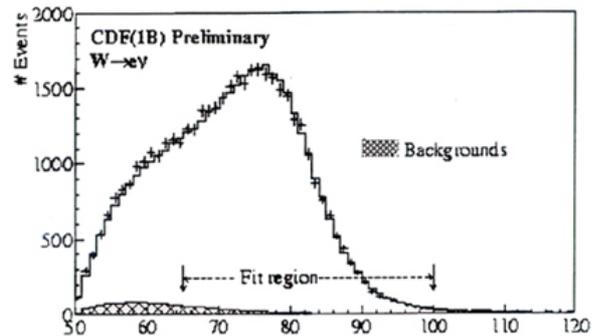
Due dei gruppi hanno trovato una risposta a tutte le questioni proposte (rintracciabili nelle informazioni date) e due gruppi a tutte tranne a quella in cui si chiedeva come mai i vettori della quantità di moto di  $e$  e  $\nu$  del decadimento di  $W$  non sono opposti. La risposta a questa domanda non è stata data nel senso che non hanno trovato risposta alla domanda

### Come dovrebbero essere?

**La curva migliore determinata dagli studenti confrontata con quella teorica**



### W Transverse mass (CDF)



Le risposte condivise dai gruppi dopo la discussione

La massa di  $W$  dalla tabella sul sito risulta di  $m = 80.398 \pm 0.025$  GeV

Il valore di  $m$  stimato dal grafico è di circa 77 GeV

Affinchè l'elettrone sia attribuibile ad un decadimento di  $W$  deve avere una quantità di moto sufficientemente grande in particolare potremmo porre per pe un *valore di soglia* maggiore di 30 GeV ( $> M_w/2$ )

L'elettrone e il neutrino non sono opposti perché  $W$  ha quantità di moto trasverso non nullo

## Lezione 4: Le Donne nella Scienza

Nelle conclusioni riprendo un filo non esplicito ma sempre presente nelle lezioni precedenti: i protagonisti del mondo della FISICA delle Particelle.

In tutti gli eventi storici citati nelle tre lezioni sono stati presentati nomi e volti dei protagonisti, l'unica donna incontrata è **Irene Joliot-Curie** che ha preso un nobel nel settore della radioattività artificiale ma per la chimica e non per la Fisica.

Pochissime donne nella scienza del passato, ma oggi le donne entrano numerose nelle carriere scientifiche e poi scompaiono: gli apici delle carriere, gli organi decisionali, le dirigenze sono loro precluse.

Per descrivere questa situazione si sono coniate espressioni molto efficaci:

- *il tetto di cristallo (contro cui battiamo la testa)*
- *il pavimento di bitume (a cui rimaniamo appiccate coi piedi);*
- *le forbici (il grafico a forbice che descrive come, anche quando partiamo avvantaggiate nei numeri, siamo destinate a scomparire- Fig.4 ).*

Figure 2.1:

"Scissors diagram" – Proportions of men and women in a typical academic career, students and academic staff EU-25, 1999-2003

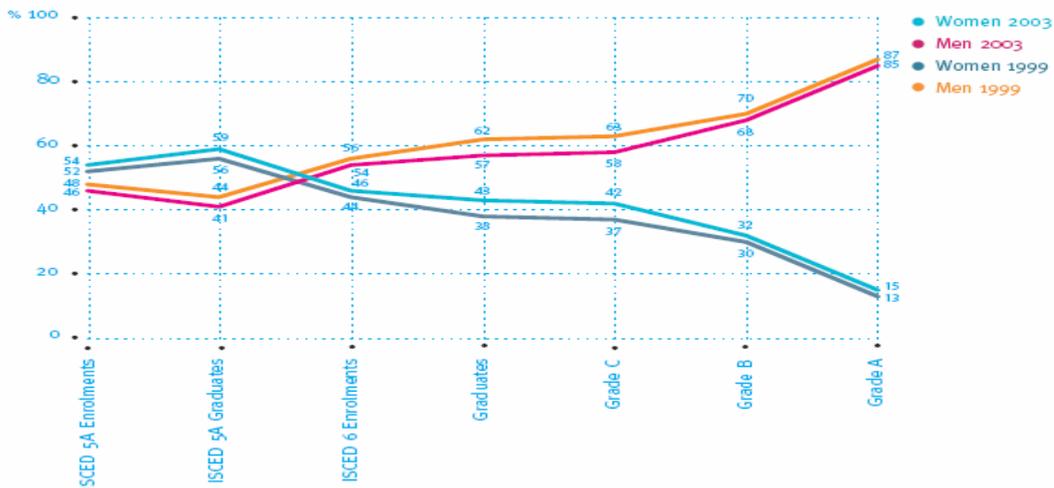


Fig.4- Commissione Europea 2005

Quale è l'ostacolo, dunque?

LCH è un emblema del grande potere, economico, politico, culturale, che la scienza rappresenta, e il potere, come ebbe a dire Bacone non si molla tanto facilmente!



**Di questi tempi è impossibile compiere un progresso importante in fisica sperimentale se non ci si trova già al vertice**

**Stephen Hawking  
Dal Big Bang ai Buchi Neri**

I dati presentati nell'ultimo rapporto SHE FIGURE e MAPPING THE MAZE confermano una correlazione tra il gender gap di genere in scienze e il potere della scienza. Infatti l'analisi effettuata sui vari paesi europei mette in evidenza come questa differenza di genere siano più o meno accentuate in dipendenza del contesto socio economico del paese e della rilevanza della ricerca scientifica del paese. Nei paesi in cui l'investimento nella ricerca scientifica è molto basso come Estonia, Polonia, Romania Portogallo la presenza delle donne nelle aree R&D è molto elevata. In paesi come Olanda, Germania, Svizzera in cui gli investimenti sono più elevati la presenza è più bassa fino ad arrivare al Giappone in cui le donne rappresentano solo il 12% (Fig 5)

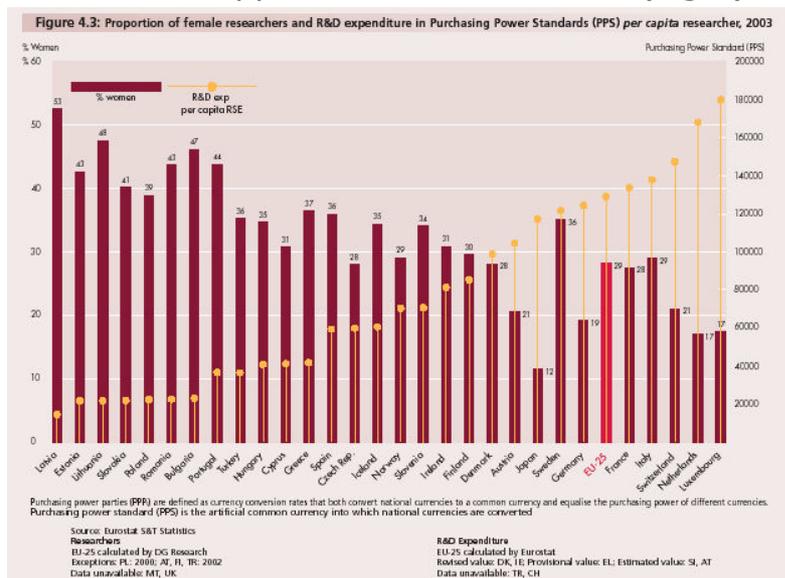


Fig 5. Commissione Europea 2008 "Mapping the maze"

## Abbiamo segnali Positivi?

C'è un altro record di LHC, che merita di essere sottolineato: l'elevato numero di ricercatrici provenienti da tutto il mondo, in cui si distinguono le italiane.

Molte hanno raggiunto elevati livelli di responsabilità e ricoprono incarichi di primo piano e massima visibilità nel panorama internazionale.

Tra i responsabili del progetto c'è l'italiana **Fabiola Gianotti**.

La lezione si conclude con due interviste alla Ricercatrice.

(Intervista tratta da il *Corriere della Sera*, 8-09-08)



**Fabiola Gianotti**

La fisica, **Fabiola Gianotti**, è stata designata come futura coordinatrice dell'esperimento 'Atlas'. La fisica italiana sarà in carica dal primo marzo del 2009 e coordinerà circa 2.500 scienziati. Altre donne italiane hanno un ruolo importante nell'avventura di Lhc. **Maria Curatolo** e **Marcella Diemoz** sono alla guida dei fisici italiani coordinati dall'Infn negli esperimenti Atlas e Cms..

**Fabiola Gianotti** ha studiato Fisica all'Università di Milano dove, nel 1989, ha conseguito un Dottorato di ricerca in Fisica sperimentale subnucleare e, in seguito, è stata borsista Infn.

Dal 1994 lavora come fisico di ricerca nel Physics Department del Cern. Ha lavorato in vari esperimenti al CERN (Ua2, Aleph, Atlas) dove si è occupata di ricerca e sviluppo



## **Bibliografia per temi**

### **Cultura di genere**

- Aebischer V. - "Le donne e la scienza" - comunicazione presentata al convegno "Pari opportunità nell'istruzione" - Parma 1991
- Colella P. (2005) "Autorizziamole ad osare" in Atti del II Convegno Nazionale Associazione Donne e Scienza - Lecce 15-16-17 settembre 2005 Edito da UNILE
- Commissione Europea 2005 "Women and Science: Excellence and Innovation - Gender equality in science". SEC (2005) 370.
- Commissione Europea 2008 "Mapping the maze" <http://ec.europa.eu/research/science-society/index.cfm?fuseaction=public.topic&id=1541>
- Luigi Guiso, Ferdinando Monte, Paola Sapienza, Luigi Zingales 2008 Culture, Gender, and Math Science maggio 2008 <http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/sci;320/5880/1164/DC1>
- Rapporto PISA 2003 *Learning for Tomorrow's World First Results from PISA 2003* OECD 2004
- Rapporto PISA 2006- *Science Competencies for Tomorrow's World-* OECD 2007
- Rapporto - *La scuola in cifre*-Ministero della Pubblica Istruzione-Rotoform s.r.l. - Roma - Luglio 2008
- Rapporto She Figures : Statistics and indicators
- Sito ufficiale Olimpiadi di matematica <http://olimpiadi.dm.unibo.it/>
- Sito ufficiale Olimpiadi di fisica <http://www.cadnet.marche.it/olifis/>

### **Cultura scientifica e didattica della scienza**

- Materiale didattico Master IDIFO
- Feynmann R., *Il senso delle cose, Sta scherzando Mr. Feynman!* Ed. ADELPHI
- Gamow G. 1966- *Trent'anni che sconvolsero la fisica. la storia della teoria dei quanti* Zanichelli
- Nichelini M. e al. - *Problem solving per l'orientamento in ambito disciplinare metodica, esempi, formazione degli insegnanti.* (Team CORT, Gruppo Università-Scuola per l'Orientamento, Università degli Studi di Udine)
- Rapporto ROCARD *L'educazione scientifica OGGI: Una pedagogia rinnovata per il futuro dell'Europa* ([http://ec.europa.eu/research/science-society/document\\_library/pdf\\_06/report-rocard-on-science-education\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf))
- Le Scienze Edizione italiana dello Scientific American <http://www.lescienze.it>
- Le Scienze - 40 anni Edizione italiana dello Scientific American CD Rom
- F. Vidotto 2005 *Nuovi linguaggi per una nuova scienza* in Atti del II Convegno Nazionale Associazione Donne e Scienza - Lecce 15-16-17 settembre 2005 Edito da UNILE
- G. Zanarini (1992) *Immagini del sapere e formazione scientifica, La Fisica nella scuola, XXV*

### **Modello standard- particelle - acceleratori**

- Richard Feynmann QED Ed. ADELPHI
- Stephen Hawking 2002 *La teoria del Tutto-* Bur Scienza
- Stephen Hawking 1988 *Dal Big Bang ai Buchi neri* Rizzoli
- Opuscoli divulgativi a cura del CERN e dell'INFN
- Siti web e link contenuti:
- D Babusci [www.Inf.infn.it/edu/stageInf/2008/relazioni\\_masterclass/modello\\_standard.ppt](http://www.Inf.infn.it/edu/stageInf/2008/relazioni_masterclass/modello_standard.ppt)
- G Battistoni INFN MILANO [pcbat1.mi.infn.it/~battist/IIModelloStandard.ppt](http://pcbat1.mi.infn.it/~battist/IIModelloStandard.ppt)
- E. Chiavassa ed E. Vercellin INFN Sezione di Torino  
[masterclass2006.to.infn.it/talks/ermanno\\_vercellin\\_emilio\\_chiavassa.ppt](http://masterclass2006.to.infn.it/talks/ermanno_vercellin_emilio_chiavassa.ppt)
- Marina Cobal - [www.fisica.uniud.it/~cobal/Standard\\_Model.ppt](http://www.fisica.uniud.it/~cobal/Standard_Model.ppt)
- F. Conventi INFN Napoli [people.na.infn.it/~pietra/Repository/WYP/Masterclasses\\_particelle\\_NA.ppt](http://people.na.infn.it/~pietra/Repository/WYP/Masterclasses_particelle_NA.ppt)
- Fabrizio Murtas [www.Inf.infn.it/edu/commemorazione\\_bt/murtas.ppt](http://www.Inf.infn.it/edu/commemorazione_bt/murtas.ppt)
- Sergio Patricelli [www.na.infn.it/fileadmin/infn/public/Divulgazione/Seminario\\_Patricelli.ppt](http://www.na.infn.it/fileadmin/infn/public/Divulgazione/Seminario_Patricelli.ppt)
- L. Ramello Università del Piemonte [web.unipmn.it/~ramello/acceleratori.ppt](http://web.unipmn.it/~ramello/acceleratori.ppt)
- E. Torassa INFN Padova [www.pd.infn.it/masterclasses2007/Torassa\(Particelle\).ppt](http://www.pd.infn.it/masterclasses2007/Torassa(Particelle).ppt)
- Sito CERN - <http://www.cern.ch>
- Sito INFN - <http://www.infn.it>

Sito ATLAS <http://www.atlas.ch>

Elena Symeonidou THE FIREWORKS OF ELEMENTARY PARTICLE PHYSICS

[http://hands-on-cern.physto.se/ani/part\\_fire/intro\\_eng.swf](http://hands-on-cern.physto.se/ani/part_fire/intro_eng.swf)

Ventura INFN Lecce -[www.fisica.unile.it/LHC/PrimiFasciLHC\\_Ventura\\_10092008.ppt](http://www.fisica.unile.it/LHC/PrimiFasciLHC_Ventura_10092008.ppt)

### **Problemi aperti nel Modello Standard**

A. Bettini INFN Padova [www.lfns.it/STORIA/Materiali%20Scuole/documents/Bettini.ppt](http://www.lfns.it/STORIA/Materiali%20Scuole/documents/Bettini.ppt)

sito CERN <http://www.cern.ch>

D Babusci [www.lnf.infn.it/edu/stageInf/2008/relazioni\\_masterclass/modello\\_standard.ppt](http://www.lnf.infn.it/edu/stageInf/2008/relazioni_masterclass/modello_standard.ppt)

U. Gasparini INFN Padova [www.pd.infn.it/~ugs/dottorato/2005/Parte\\_III.ppt](http://www.pd.infn.it/~ugs/dottorato/2005/Parte_III.ppt)

[www.pd.infn.it/~ugs/dottorato/2005/Parte\\_IV.ppt](http://www.pd.infn.it/~ugs/dottorato/2005/Parte_IV.ppt)

T. Lari INFN Milano [moby.mib.infn.it/~nason/mcws1/lari.ppt](http://moby.mib.infn.it/~nason/mcws1/lari.ppt)

### **Registrazioni Video e Audio**

Applet simulatore LHC [http://www.hep.ucl.ac.uk/masterclass/Acc\\_sim2/simulator.html](http://www.hep.ucl.ac.uk/masterclass/Acc_sim2/simulator.html)

Video "The ATLAS Experiment", <http://www.lnf.infn.it/media/video/atlas.html>

### **Compiti e Problem Solving**

Alla ricerca di Higgs! <http://ed.fnal.gov/data/>

S. Rosati INFN – Roma 1 [www.pv.infn.it/~ifae2006/talks/ModelloStandard/Rosati.ppt](http://www.pv.infn.it/~ifae2006/talks/ModelloStandard/Rosati.ppt)

T Dorigo INFN Padova [www.pd.infn.it/gruppi/g1/RicercheColliders\\_Dorigo22apr08.ppt](http://www.pd.infn.it/gruppi/g1/RicercheColliders_Dorigo22apr08.ppt)

Tracce delle particelle

[http://epweb2.ph.bham.ac.uk/user/watkins/seeweb\\_feb99/Seeing.Particles.htm](http://epweb2.ph.bham.ac.uk/user/watkins/seeweb_feb99/Seeing.Particles.htm)

*Compiti*

<http://public-old.web.cern.ch/public-old/Content/Chapters/Education/OnlineResources/PhysicsIssues-en.html>

Testi di fisica per il Liceo: Halliday Resnick Walker – Fondamenti di fisica – Zanichelli

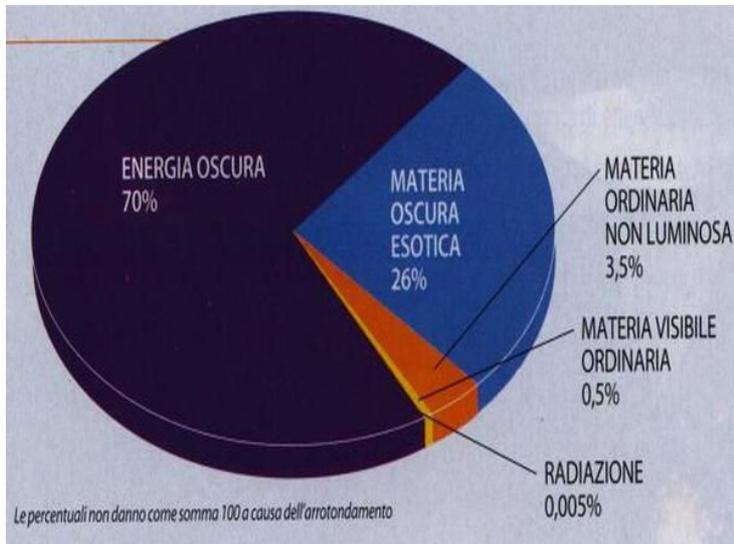
Walker – Fisica – zanichelli

Parodi et al. L'evoluzione della Fisica – Paravia

Caforio Ferilli – Fisica – Le Monnier

## ALLEGATO 1-SCHEDA PS1

### La materia oscura



Le galassie vicino a noi e tutto l'universo sembrano essere riempiti da una materia di tipo diverso, che non produce luce...

la Materia Oscura...  
Di cosa é fatta????

L'espansione dell'universo sta accelerando!!! Oltre che dalla materia oscura l'universo sembra dominato da un tipo di energia che non conosciamo e che sembra comportarsi diversamente: la chiamiamo Energia Oscura

Cosa é ??????

### **In LHC si produrrà materia oscura? LHC può rappresentare un pericolo?**

Sulla base del materiale che hai a disposizione (testi scolastici, il web e il CD ROM "Le Scienze - 40 anni") cerca di trovare una risposta alle questioni poste.

Il prodotto di questo lavoro deve essere un diario di bordo di come ha proceduto la vostra ricerca, domande che vi siete poste/posti, cosa avete cercato, dove e come, conclusioni che avete raggiunto.

Ti allego alcune indicazioni di lavoro, in particolare per quanto riguarda il materiale che troverai sul WEB e un possibile schema di relazione

Per quanto riguarda le informazioni trovate in rete dovrai controllare l'attendibilità delle fonte, e assumerti la responsabilità dell'utilizzo.

Per far questo ti consiglio di

1. controllare le credenziali del sito che riporta le informazioni,
2. Identificazione del server (p.e enti di ricerca, università, possono essere considerate certamente attendibili)
3. controllare se il documento è firmato e da chi (eventuale ricerca sulla/sul firmatario (p.e. collocazione culturale, geografica, politica...))

Per quanto riguarda la relazione puoi seguire questo schema:

**Domande che vi siete poste**

**Prima ricerca effettuata:sui testi oppure in rete, in questo caso indicate la chiave di ricerca utilizzate**

**Esiti della ricerca (potete riportare degli stralci di interesse) e passi successivi, p.e nuova ricerca**

**Conclusioni e risposte alle questioni**

ALLEGATO 2- SCHEDA PS2

# WANTED BY FNAL

## Alla ricerca di Higgs

**Aliases:** Higgs, Higgs Boson,  $H^0$ ,  $h^0$

### DESCRIPTION

**Mass:** > 114 GeV

**Spin:** Zero

**Charge:** Neutra

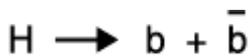
**Particle Type:** Bosone

### MECCANISMI DI PRODUZIONE DI HIGGS

Protoni in collisione con antiprotoni possono produrre il bosone di Higgs ed un bosone W + altre particelle :



H and W sono instabili e decadono velocemente  
Possibili decadimenti:



Il quark b può essere visto in Jets, cioè uno sciame di particelle che lasciano tracce a partire da un punto , anche W decade a sua volta in un elettrone+neutrino o muone+neutrino



or



Higgs si è dimostrato difficile da rintracciare a causa della sua massa.  
La sua massa è grande (oggi sappiamo che è > di 114 GeV) e questo vuol dire che serve molta energia per "creare" Higgs!

Il Tevatron e gli altri collisionatori producono milioni di collisioni ogni secondo  
I rivelatori ne raccolgono la maggior parte ma non tutte.

Infatti quando viene rilevata una collisione, i computer (Trigger) devono decidere se l'evento è di interesse per lo studio corrente. (nell'intervallo di tempo che occorre per questa decisione, il rivelatore non può trattare un altro

evento. Infatti anche il rilevatore necessita di un piccolo tempo di recupero tra un evento e l'altro.) (I fisici lavorano anche per minimizzare questo tempo).

Per decidere se un evento è interessante, i computer compiono una rapida analisi preliminare dei dati alla ricerca di alcune caratteristiche. Questa operazione viene effettuata rapidamente con una serie di test logici (questo e (questo o quello))

. Solo se l'evento supera i test fissati per quella ricerca specifica esso sarà registrato e successivamente analizzato

### **Quali test vengono usati dal Trigger per individuare eventi significativi per Higgs?**

Come abbiamo detto, Secondo il Modello Standard, Higgs viene creato con un bosone W e altre particelle, Higgs e W decadono rapidamente quindi i fisici cercano i loro prodotti di decadimento.

Cioè i fisici vogliono individuare eventi con evidenza di 2 b quark per Higgs e di elettrone + neutrino (o muone+neutrino) per il bosone W.

**VOI vi assocerete alla caccia della particella facendo una ricerca di  
segnatura/evidenza attraverso i dati di CDF (esperimento del  
TEVATRON del FERMILAB)**

**In particolare imparerete a identificare b e W la cui presenza  
contemporanea rappresenta un test tipo AND per il Trigger e, come  
esempio di calcolo, aiuterete ad individuare una stima del valore di  
"soglia" per l'energia dell'elettrone proveniente dal decadimento di W**

#### **Test Higgs by trigger: test1 AND test2**

**Test1: Contiene un quark b.**

**And**

**Test2:Contiene un W.**

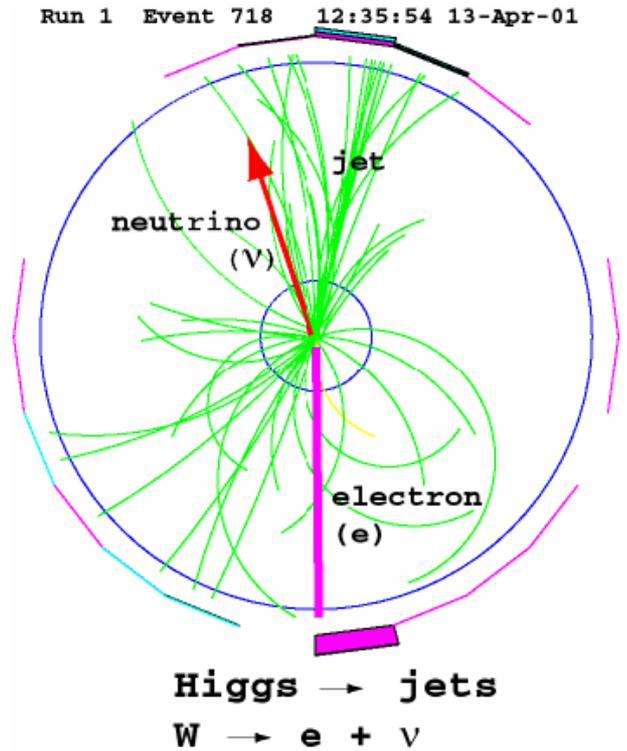
Le domande legittime sono:

**Come si riconosce un quark b?**

**Come si riconosce un decadimento di W?**

**NOTE per la RICERCA:**

H e W hanno vita breve.  
 Vogliamo individuare i prodotti del decadimento: figli e nipoti  
 Guarda l'esempio proposto:  
 H può decadere in 2 b quark che frammentano in 2 B mesoni che decadono rapidamente in molte altre particelle.  
 La questione si è spostata sulla ricerca di B: per trovare B cerca jet di particelle che provengono dallo stesso punto.  
 W può decadere in un elettrone + neutrino o muone + neutrino. (il neutrino come sappiamo è una particelle "furtiva" con massa trascurabile, non viene rilevata in CDF, il computer calcola la quantità di moto mancante )  
 Osserva la "segnatura" di B e W nella figura sulla base delle indicazioni fornite  
 Ti è chiaro cosa devi guardare?  
 Osserva la segnatura di B e W sulla base delle indicazioni fornite



**Ora il tuo compito:**

**Stima del valore di "soglia" per l'energia dell'elettrone proveniente dal decadimento di W**

Impareremo a individuare/processare eventi W attraverso l'individuazione di decadimenti e + ν.

Per farlo dobbiamo:

- Vedere e capire come possono essere presentati i dati
- Capire come processare/analizzare i dati: che grafico possiamo disegnare?

E dobbiamo trovare risposte a domande del tipo

- **Quanto vale la massa trasversa di W?**
- **Cosa può far capire al trigger che quel e + ν provengono da decadimento di W?**

e quindi ...

- **Quale è il range di energia in massa che deve avere e affinché l'evento possa essere una particella di decadimento di W?**

Cominciare a registrare quello che già sai può aiutarti a individuare quello che devi scoprire!

### Come si presentano i dati?

Possiamo avere i dati restituiti in modi diversi:

Protoni e antiprotoni si muovono in un tubo perpendicolare alla pagina (asse z) nel centro dell'immagine. Ogni immagine rappresenta una sezione trasversale dell'area bersaglio (piano x-y). Le curve e le linee sono tracce di particelle cariche. Le particelle neutre non lasciano tracce

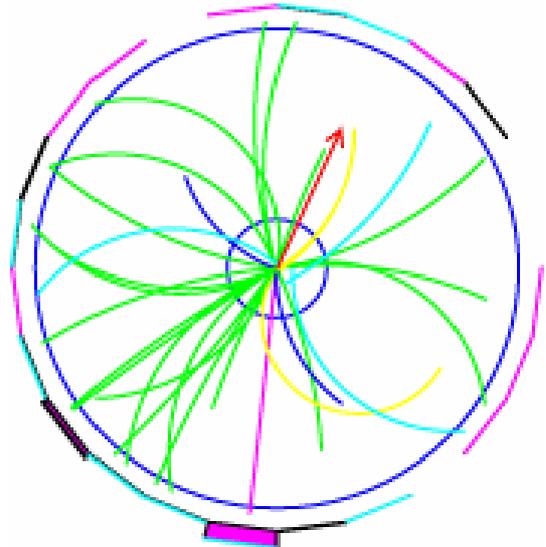
Il rivelatore ha un forte campo magnetico che flette le tracce delle particelle cariche. Le particelle molto energetiche lasciano tracce che sembrano dritte in realtà hanno una leggera curvatura. Vengono definiti vertici i punti di inizio delle tracce.

Dall'esame di queste tracce e dalla loro curvatura si può determinare:  
 La quantità di moto – più grande è la quantità di moto minore è la curvatura ...quindi il computer utilizza il raggio di curvatura per stimare la quantità di moto.

Energia and mass – possiamo usare la quantità di moto insieme alla conservazione dell'energia per derivare energia e massa

Questo è un metodo potente per comprendere il decadimento di particelle ma ha lo svantaggio di costringerci a guardare un evento alla volta.

Per trovare buoni risultati, noi abbiamo bisogno di processare, con questo metodo di analisi, molti dati



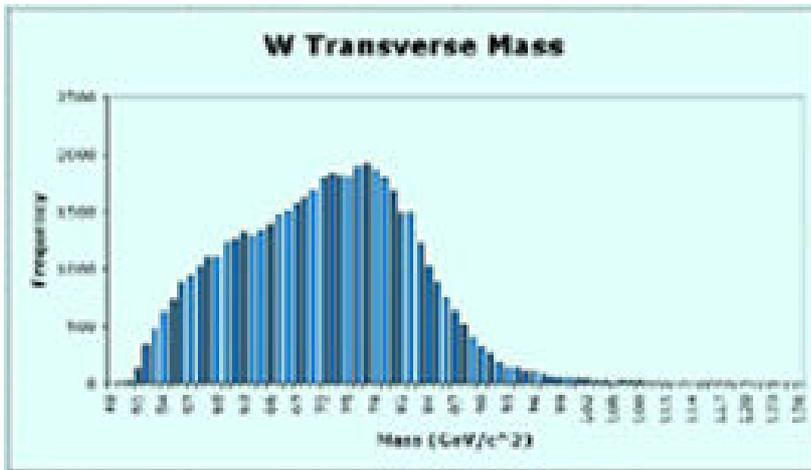
I dati sono disponibili in formato elettronico

I fogli di calcolo del FERMILAB contengono 49.000 interazioni dello stesso tipo

	A	B	C	D
1	<b>Run No.</b>	<b>Event No.</b>	<b>√ TMass</b>	<b>Bin √ TMass</b>
2	55273	19588	68.71732	
3	55273	30799	72.19464	
4	55380	9593	61.16744	
5	55380	12316	61.16378	
6	55380	13568	71.9507	
7	55384	9819	57.49109	
8	55410	20128	65.34612	
9	55447	828	74.64561	
10	55447	2863	75.71395	

I dati possono essere restituiti in forma grafica

In questo istogramma il massimo indica la massa tipica di quel processo sperimentale. (La definizione della larghezza della classe sarà molto importante al fine della stima del massimo.)



### Perché parliamo di massa traversa?

Il nostro obiettivo è identificare/targare eventi  $W$ , per farlo dobbiamo conoscere la quantità di moto di soglia di cui hanno bisogno elettrone e neutrino per poter rappresentare un decadimento di un evento  $W$ . Ci aspettiamo che ogni particella abbia almeno la metà del momento della massa di  $W$ .

Come ti ricordo il rivelatore non può individuare un neutrino, quindi noi identifichiamo per gli eventi  $W$  solo l'elettrone di decadimento.

Però sappiamo che Energia e quantità di moto si conservano nel decadimento, quindi il neutrino nel grafico è tracciato dal computer con un conteggio di bilancio energetico.

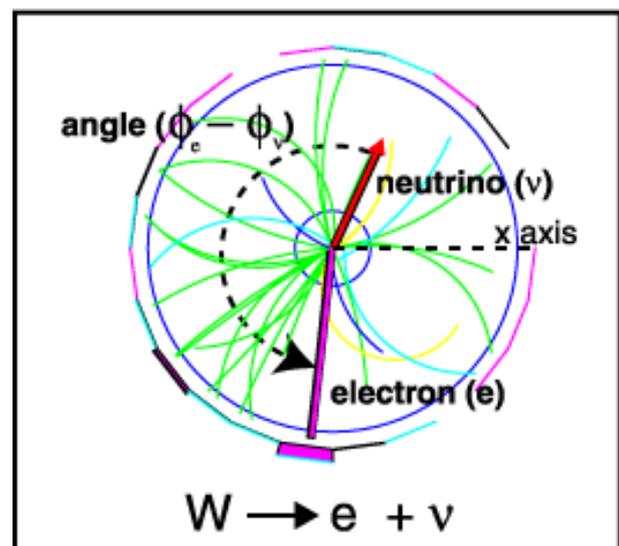
Inoltre il rivelatore non può rivelare momenti nella direzione  $z$  (lungo il tubo).

Possiamo trovare solamente il momento mancante nella direzione  $x$ - $y$  perpendicolare al tubo di raggio - piano trasverso.

Ecco perché parliamo di massa trasversa!

C'è una ulteriore questione a cui darai una risposta!

**Perché  $e$  e  $\nu$  non sono opposti?**



## Indicazioni per la costruzione dell'istogramma per la stima della massa trasversa di W

Il nostro dataset contiene 48.844 eventi candidati per un studio di massa di W. Perché tutti i decadimenti di W non danno precisamente la stessa massa?

Tutti questi candidati sono realmente W?

Se noi scegliessimo solamente alcuni di questi dati, la nostra scelta come peserebbe sul valore della massa trasversa ?

Esamina i dati a tua disposizione

**Determina la migliore stima della massa trasversa di W sulla base della tua analisi di dati.**

I dati candidati di eventi W (49,844) sono registrati in un foglio Excel a tua disposizione nel seguente formato

	A	B	C	D
1	<b>Run No</b>	<b>Event No</b>	<b>W TMass GeV/c<sup>2</sup></b>	<b>Bins</b>
2	55237	19588	68.71732	
3	55237	30799	72.19464	

Per l'analisi dei dati procedi nel modo seguente

- 1) Ordina i dati per masse crescenti (tutte e tre le colonne!)
- 2) Crea un istogramma con i dati, rappresentando le frequenze assolute in funzione delle classi di massa, per individuare il massimo dal tuo set di dati.
- 3) Hai necessità di provare delle ampiezze diverse per le classi?

Per creare un istogramma devi raccogliere i dati in classi di massa.

Considera tutta l'ampiezza dei dati (max-min) e dividili in classi di uguale ampiezza. Nell'istogramma inserirai numero di eventi (frequenza assoluta) per ogni classe (questa operazione della divisione in classi può essere fatta in automatico attraverso le funzioni di EXCEL se non sai come fare puoi chiederlo)

Stiamo cercando un massimo nei dati, la classe in cui abbiamo il maggior numero di dati. Questo rappresenterà il valore caratteristico della massa di quel set di dati, l'ampiezza della distribuzione rappresenta una stima degli errori nelle misure.

La scelta dell'ampiezza della classe è una operazione delicata. Possiamo pensare che un certo raggruppamento dia un esito favorevole per poi accorgerci di dover modificare la scelta: ampiezza della classe troppo piccola porta a molti massimi, troppo larga nessun massimo, l'istogramma deve essere all'incirca come quello nell'esempio dato prima

Per approfondimenti puoi consultare il sito

<http://quarknet.fnal.gov/run2/bkgrd.shtml>

O guardare la presentazione allegata tratta da [Ricerche sperimentali ai collider - Tommaso Dorigo- INFN-Padova & CMS collaboration](#)

Buon lavoro!