



Università degli Studi di Udine

**MASTER IDIFO**

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

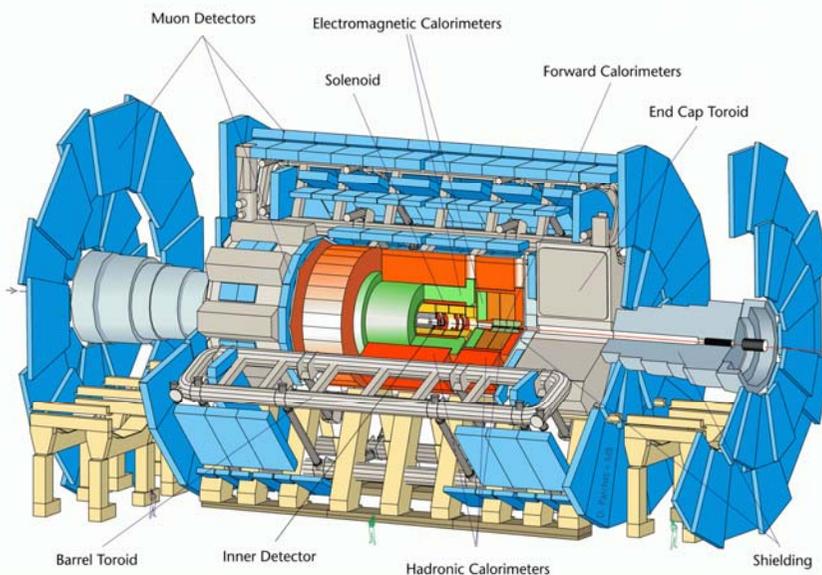
## Sperimentazione Maior MODULO E Problem Solving per l'orientamento

Orientamento di genere  
in scienza

LHC e le questioni  
aperte nel MODELLO  
STANDARD

di Patrizia Colella

Lezione 3



Università degli Studi di Udine

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



# 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..**

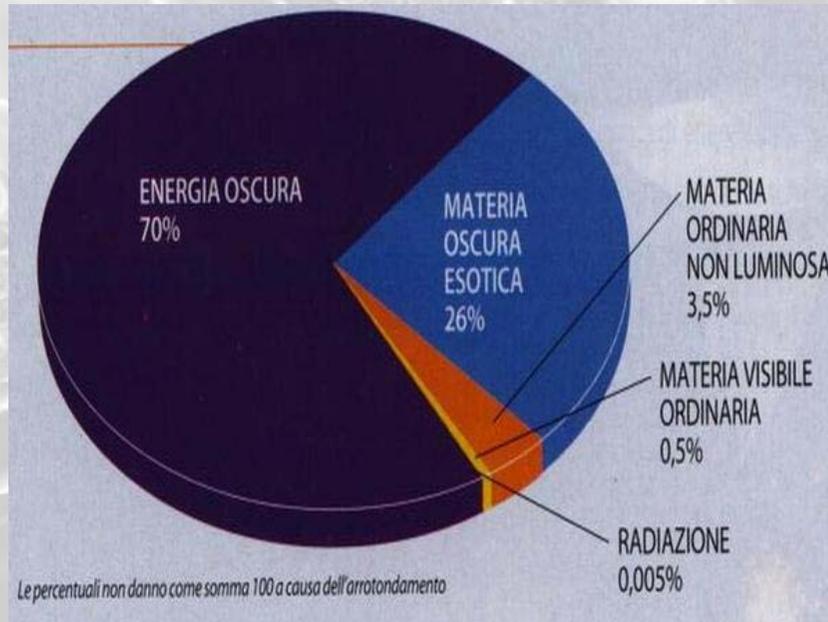
**Anche il secondo: Alla ricerca di Higgs! Rappresenta un problema aperto del modello standard, di cui però abbiamo già parlato, ed in questo caso il problem solving è operativo. Ti viene fornito del materiale di studio, ti vengono poste delle domande e dovrai elaborare dei dati.**

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



# Problem solving per l'orientamento

## *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?**

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



# 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:



H and W decadono  
Esempi di possibili decadimenti:

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



or



## 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  $W$ .



## 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  $W$**



# 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.

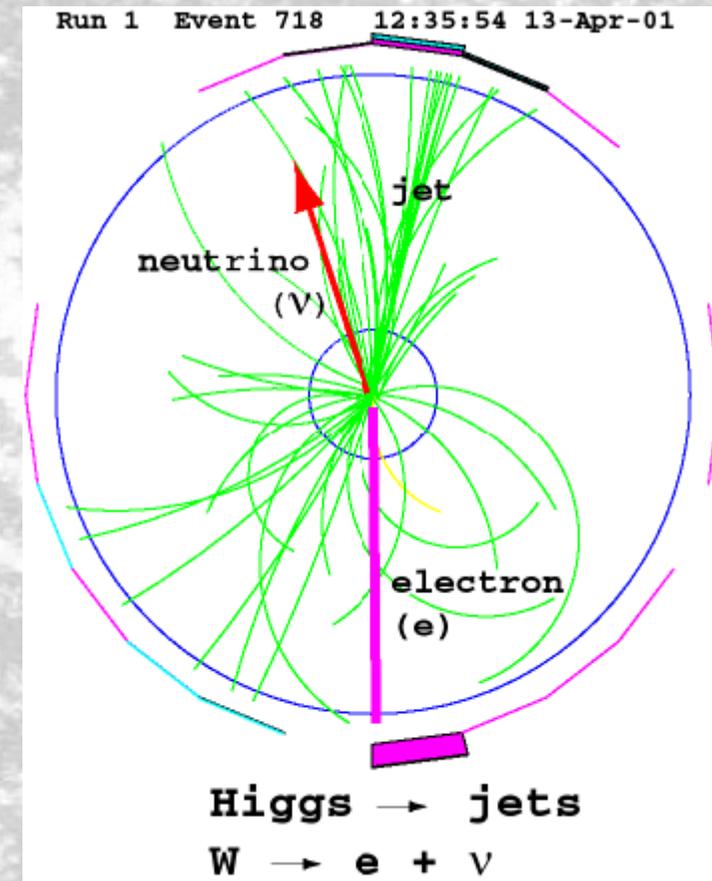
Vogliamo individuare i prodotti del decadimento: figli e nipoti

Guarda l'esempio proposto:

H può decadere in 2 b quark che frammentano 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



## 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  $e$   
affinchè l'evento possa essere una particella di  
decadimento di W?**



## 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.

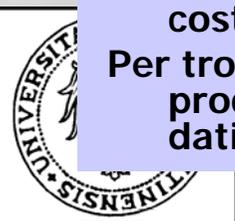
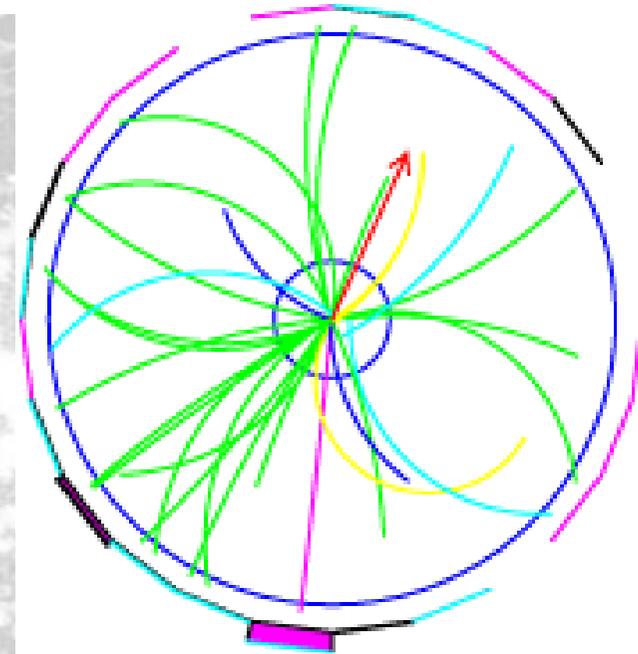
Dall'esame di queste tracce e dalla loro curvatura si può determinare:

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.



# Alla ricerca di HIGGS!

## Foglio elettronico

	A	B	C	D
1	<b>Run No.</b>	<b>Event No.</b>	<b><math>\sqrt{s}</math> TMass</b>	<b>Bin <math>\sqrt{s}</math> 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 fogli di calcolo del FERMILAB contengono 49.000 interazioni dello stesso tipo

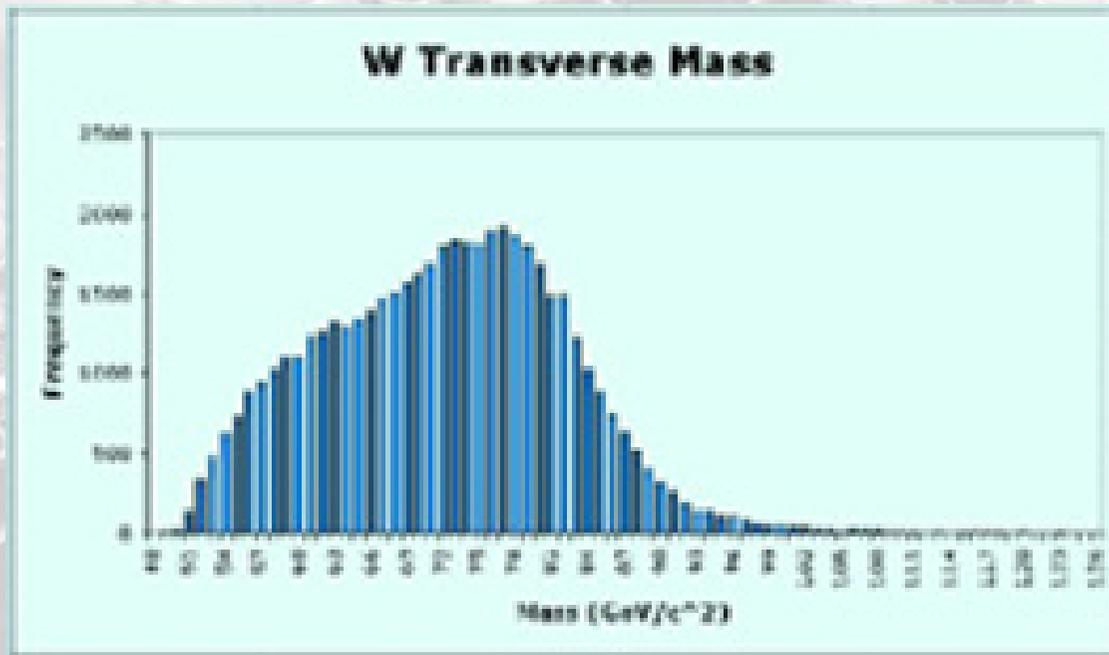


Università degli Studi di Udine

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

# Alla ricerca di HIGGS!

## ISTOGRAMMI

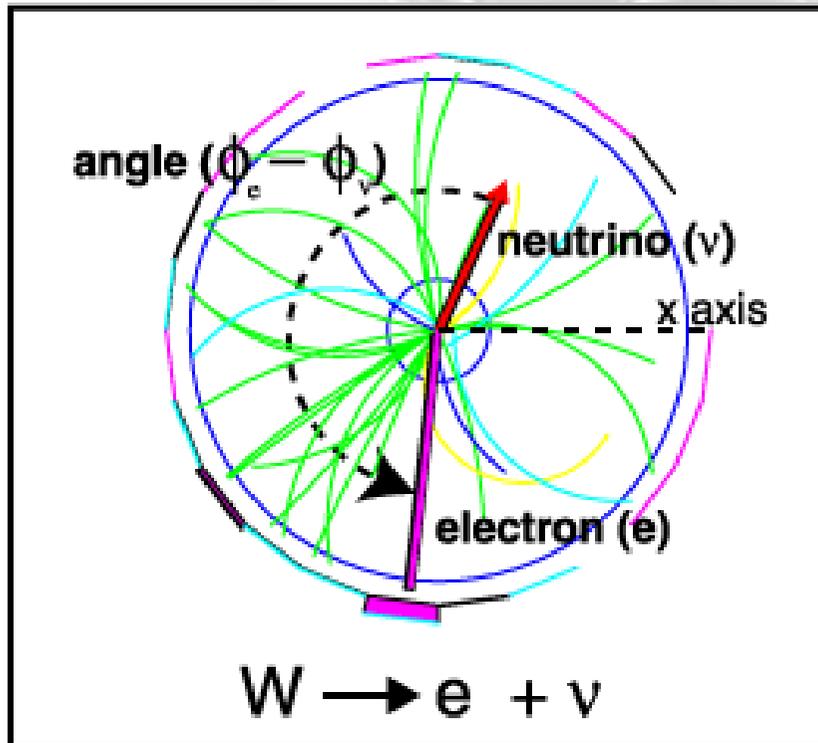


In questo istogramma il massimo indica la massa tipica di quel processo sperimentale.

La definizione della larghezza della classe sarà molto importante al fine della stima del massimo.



## LA MASSA TRASVERSA



Energia e quantità di moto si conservano nel decadimento

Noi vogliamo identificare/targare eventi  $W$   
L'obiettivo è trovare il momento 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.

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

Possiamo trovare solamente la quantità di moto mancante nella direzione  $x$ - $y$  perpendicolare al tubo di raggio – piano trasverso.

Ecco perché parliamo di massa trasversa

Il neutrino nel grafico è tracciato dal computer con un conteggio di bilancio energetico.



**Alla ricerca di HIGGS!**

## **ISTOGRAMMA per LA STIMA DELLA MASSA TRASVERSA di W**

**Il Tevatron produce milioni di collisioni ogni secondo in CDF e DZero. I rilevatori hanno i trigger per decidere se una collisione è "interessante", cioè contiene un evento candidato per la ricerca in corso. 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.**



Università degli Studi di Udine

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

## ISTOGRAMMA per LA STIMA DELLA MASSA TRASVERSA di W

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

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 nel tuo set di dati.
- 3) Hai necessità di provare delle ampiezze diverse per le classi?

	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	



## GUIDA all'analisi dei dati

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 il numero di eventi (frequenza assoluta) per ogni classe come nella tabella a destra (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 sarà 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 all'inizio

Bin	Frequency
45	7
50	1595
...	...
195	0



**Alla ricerca di HIGGS!**

**Per approfondimenti**

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

**Tratto da**

**Ricerche sperimentali ai collider**

**Tommaso Dorigo**

**INFN-Padova & CMS collaboration**



Università degli Studi di Udine

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

## Risposte alle questione poste

**La massa di W dalla tabella allegata risulta di**

$$m = 80.398 \pm 0.025 \text{ GeV}$$

**Il valore di m stimato dal grafico è di circa 77 Gev**

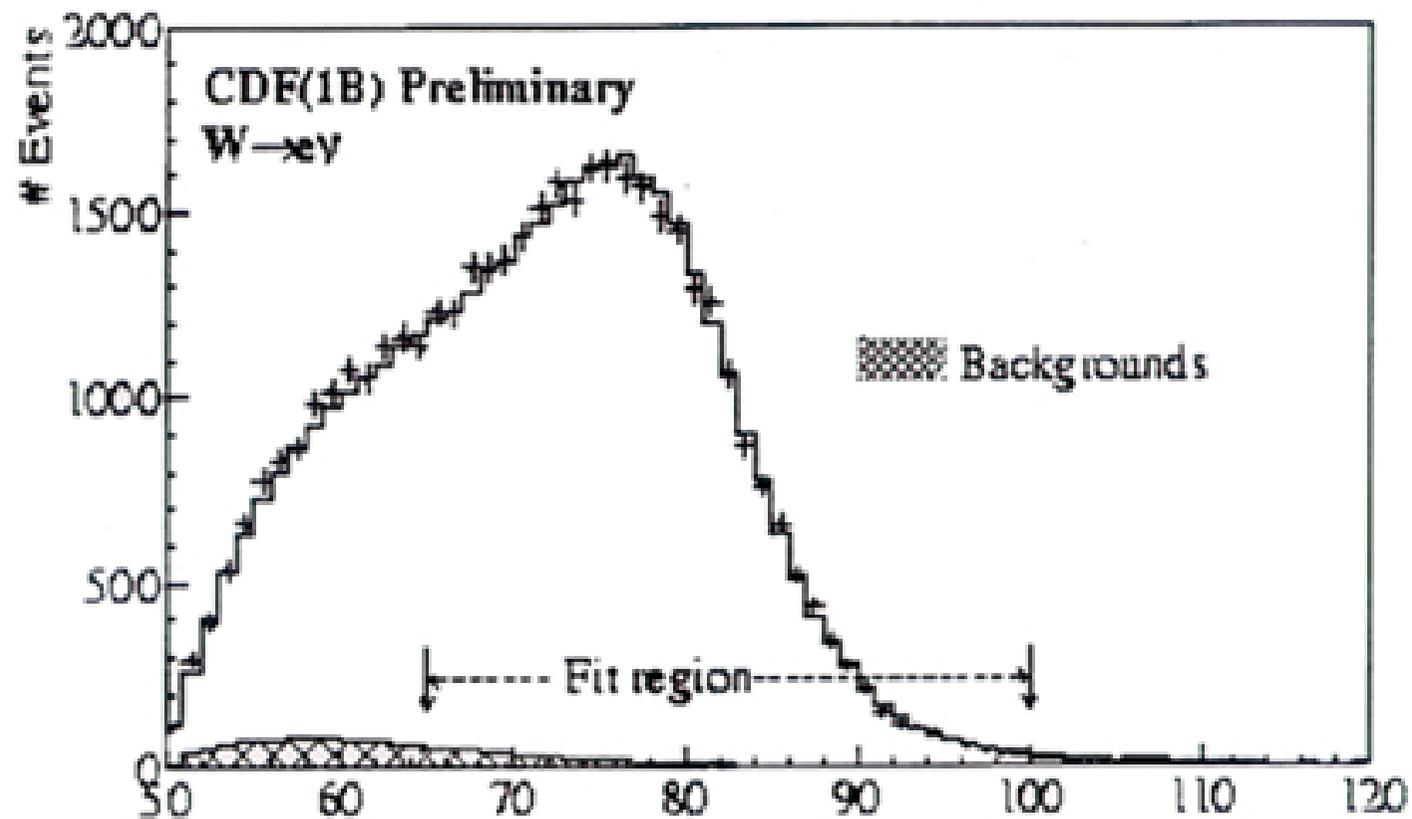
**Affinchè l'elettrone sia attribuibile ad un decadimento di W deve avere una quantità di moto sufficientemente grande in particolare potremmo porre per  $p_e$  un *valore di soglia* maggiore di 30 Gev ( $> M_w/2$ )**

**L'elettrone e il neutrino non sono opposti perché W ha momento trasverso non nullo**



ISTOGRAMMA del CDF

W Transverse mass (CDF)



## Approfondimento - CALCOLO DELLA MASSA TRASVERSA

Massa del sistema =  
Massa di W

$$(M^w)^2 = (E^e + E^{\nu})^2 - (\vec{p}^e + \vec{p}^{\nu})^2$$

Massa nel piano  
trasverso

$$(M_T^w)^2 = (E_T^e + E_T^{\nu})^2 - (\vec{p}_T^e + \vec{p}_T^{\nu})^2$$

Nel calcolo di  $E^2$  di  
elettrone e  
neutrone il termine  
 $m^2$  è trascurabile  
rispetto a  $p^2$

$$E_T^2 = p_T^2 + m^2 \approx p_T^2$$

$$M_T^2 \approx p_T^e p_T^{\nu} (1 - \cos \vartheta_{ve})$$

