

Università di Pisa

Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali

Corso di Laurea Magistrale in Fisica

Elaborato Finale

LHC Bounds on Large Extra Dimensions

Riassunto

0 Premesse:

Viene spiegata la notazione usata, le unità naturali ed elencati i fattori di conversione utili

1.1 Hierarchy Problem

Si introduce brevemente lo Hierarchy problem: si parla della scala di Planck, il problema della massa del bosone di Higgs che risulta molto diversa dall'energia di Planck, il possibile legame fra l'energia di punto 0 dei modi di oscillazione dei campi bosonici e fermionici e la costante cosmologica, per passare infine a mostrare molto brevemente come alcune teorie, in particolare la supersimmetria e il modello *ADD*, cercano di risolvere tali problemi. Si discute il perché dimensioni aggiuntive, se esistono, devono essere compatte e si calcola una stima del raggio di tali dimensioni aggiuntive.

2.1 Modello Standard e la Lagrangiana di Yang-Mills

Viene descritto il Modello Standard delle interazioni elettrodeboli e forti, definiti i campi bosonici, i campi fermionici, il campo di Higgs, vengono esposti i gruppi di simmetria e la classificazione delle particelle, mostrate le condizioni di unificazione della forza elettromagnetica con quella debole, come i bosoni *W* e *Z* possono acquistare massa mantenendo l'invarianza di gauge grazie al bosone di Higgs, si parla degli accoppiamenti fermioni-Higgs e delle matrici di massa per leptoni e quark. Per i quark si espone la matrice CKM, per i leptoni si parla brevemente del tipo di accoppiamento dei neutrini a seconda della natura di tali particelle, e della possibilità di esistenza di una base di autostati di massa e flavour contemporaneamente.

2.2 Regole di Feynman per il Modello Standard

Si spiega il problema del ricavare i propagatori in teorie di gauge con una invarianza di gauge, e si passa quindi ad elencare i risultati, che si ottengono con il metodo dell'aggiunta dei campi ausiliari e di ghost.

Si spiega infine come si ricavano le regole per i vertici di integrazione a livello ad albero, e vengono elencati quelli che verranno utilizzati nel corso dell'elaborato.

2.3 Running Coupling Constant

Viene spiegato il fenomeno della running coupling constant, non trascurabile nel caso dell'interazione forte, e mostrati alcuni dei diagrammi che contribuiscono al fenomeno, per passare poi a calcolare la running coupling constant usando risultati noti.

2.4 Cinematica dei processi due corpi->due corpi

Vengono elencati i gradi di libertà del processo, spiegato come descriverli usando le variabili di Mandelstam, ottenendo così espressioni alternative per la sezione d'urto. Si danno inoltre le definizioni di canale s, t, u per i processi a due corpi.

2.5 Calcolo delle sezioni d'urto dei processi elementari fra partoni

Si elencano i diagrammi di Feynman e le sezioni d'urto per vari tipi di processi partonici elementari.

2.6 Deep Inelastic Scattering

Viene introdotto il Deep Inelastic Scattering con l'esempio $e^-p \rightarrow e^-X$, nonché le variabili Q^2 e ν , le funzioni di distribuzione partoniche e viene calcolata la sezione d'urto per il processo di esempio. Si tratta anche lo scaling di Bjorken e di come questo sia, in effetti, violato, anche se debolmente.

2.7 Parton Distribution Functions

Viene mostrato un plot delle distribuzioni per un valore di Q fissato ed elencate le condizioni di normalizzazione che debbono valere.

2.8 Processi Protone Protone

Si passa poi a parlare dei processi di scattering fra 2 protoni, in particolare di come calcolare la sezione d'urto totale per processi a due jet.

3.1 Equazione di Einstein

L'equazione di Einstein viene scritta per un universo con le extra-dimensioni e si trova uno sviluppo in modi di Fourier detti modi Kaluza Klein. Si analizzano i campi originali, le loro proprietà di simmetria e di trasformazione, identificando così i campi non fisici e il contenuto in particelle dei campi fisici. Si parla delle proprietà presunte di queste particelle, e si identificano quelle che a noi interessano in quanto interagiscono con la materia ordinaria anche nel limite di campo debole.

3.2 Lagrangiana Gravitazionale

Viene riportata la Lagrangiana da cui deriva l'equazione di Einstein per l'universo con le extra dimensioni, semplificandola col portarla in forma quadri-dimensionale.

3.3 regole di Feynman

Sono qui descritte alcune delle regole di Feynman che derivano dalla lagrangiana scritta nel paragrafo precedente

3.4 Real Graviton production

Si analizza il processo di produzione di un gravitone. Si trova lo shift in massa fra tali modi, vengono elencati i processi ed i relativi diagrammi di Feynman a livello ad albero, nonché le relative sezioni d'urto.

3.5 Virtual Graviton Exchange.

Analizzo ora come la possibilità che i vari processi partonici che abbiamo considerato nel capitolo precedente abbiano ulteriori grafici di Feynman quelli dovuto allo scambio di un gravitone virtuale, e di come ciò modificherebbe la loro sezione d'urto.

4.1 Parametri di LHC

Si elencano le principali caratteristiche di *LHC*, quali energia del centro di massa, luminosità, frequenza, numero di particelle per bunch e raggio dell'anello. Si spiega brevemente il significato di tali parametri.

4.2 Cinematica nei Collider Adronici

Qui si spiega la differenza fra il centro di massa adronico e partonico, e si trova la relazione fra i due sistemi, vengono definite nuove variabili utili per l'integrazione della sezione d'urto. Si elenca e si spiega brevemente il significato delle principali variabili sperimentali, quali rapidità, pseudorapidità, momento trasverso, angolo azimutale e separazione dei jet nel piano η, ϕ , sulle quali vengono imposti tagli sperimentali.

4.3 Schema della macchina

Viene spiegato brevemente il sistema di rilevazione ed identificazione delle varie particelle, e di come si possa misurare alcune loro caratteristiche. Si spiega, inoltre, come al variare della particella, la rilevazione è diretta o indiretta. Si elencano i principali sistemi di misura indiretta. Si spiega infine la necessità di un sistema di triggering.

4.4 tagli sperimentali

Viene fatto l'elenco dei tagli sperimentali per i dati di *LHC* con cui confronteremo le nostre simulazioni numeriche.

5.1 Metodo Montecarlo per l'integrazione

Introduzione all'integrazione numerica, e quindi al metodo MonteCarlo. Differenze e caratteristiche comuni dei due metodi. Descrizione di due metodi di MonteCarlo: Sampling Method e Hit and Miss method. Si discute brevemente la precisione di questi due sistemi di integrazione, e dei possibili problemi che possono sorgere, suggerendo infine alcuni metodi per aggirare questi possibili problemi.

5.2 Implementazione in Mathematica

Viene descritta l'implementazione in Mathematica del metodo di integrazione MC hit and miss per il calcolo numerico delle sezioni d'urto partoniche elencate nei capitoli precedenti.

5.3 Controllo del funzionamento con il Modello Standard

Esposizione dei risultati del programma nel calcolo delle sezioni d'urto del modello standard, e confronto con i risultati di altri programmi.

6 Risultati

Vengono esposti quindi i risultati ottenuti dal confronto dei dati di LHC del 2010 ($33pb^{-1}$ di luminosità integrata) e del 2011 ($1fb^{-1}$ di luminosità integrata) con le simulazioni numeriche eseguite, e si trovano i limiti al di confidenza sui parametri del modello.

Candidato
Giorgio Busoni

Relatore
Chiarissimo Prof. A. Strumia