

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA

POLARIZAÇÃO DE HÍPERONS E DE ANTI-HÍPERONS
EM PROCESSOS INCLUSIVOS A ALTAS ENERGIAS

Celso de Camargo Barros Júnior

INSTITUTO DE FÍSICA

Serviço de Biblioteca e Informação

Tombo: 3562

ex. 2

Tese apresentada ao
Instituto de Física da
USP para a obtenção
do título de Doutor
em Ciências.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Ourívio Escobar - UNICAMP

Prof. Dr. Fernando Silveira Navarra - IFUSP

Prof. Dr. Lauro Tomio - IFT

Prof. Dr. Manoel Roberto Robilotta - IFUSP

Prof. Dr. Yojiro Hama - IFUSP

Orientador: Prof. Dr. Yojiro Hama

SÃO PAULO
2001

[Handwritten signature]
[Handwritten signature]
Prof. Armando Corbani Ferraz
Presidente da Comissão de Pós Graduação

Agradecimentos

À Patrícia, minha esposa. Ao Carlos Henrique e ao Breno.

Ao meu pai, à minha mãe, à minha avó e à toda a minha família, pelo apoio.

Ao professor Yojiro Hama, pela orientação.

Ao professor Manoel R. Robilotta, pelas discussões a respeito das interações a baixas energias.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Resumo

Esta tese tem como objetivo apresentar e discutir resultados de um estudo sobre os fenômenos de polarização de híperons e de anti-híperons em processos inclusivos resultantes de interações próton-núcleo a altas energias (centenas de GeV). É proposto um modelo que acreditamos ser o principal responsável pela polarização de anti-híperons em tais processos. A polarização é resultante das interações finais entre os anti-híperons e outras partículas produzidas no processo (que na sua maioria são píons). O modelo baseia-se então em dois elementos: as interações pión-híperon a baixas energias (que estudamos através de lagrangianas efetivas) e das flutuações estatísticas do meio em expansão. O estudo deste meio baseia-se no modelo hidrodinâmico, que considera a formação de matéria hadrônica quente durante tais colisões. Os resultados estão em bom acordo com os dados experimentais e conseguem explicar pela primeira vez a polarização de anti-híperons.

Abstract

We present and discuss in this thesis results of a study on the hyperon and anti-hyperon polarization phenomena in high-energy (hundreds of GeV) proton-nucleus inclusive reactions. We propose a model that we believe is the main source of the anti-hyperon polarization in these processes. The polarization is originated by the final-state interactions between the anti-hyperons and other produced particles in these collisions (predominantly pions) and based on two elements: the low-energy pion-hyperon interaction (described by effective lagrangians) and the statistical fluctuations plus expansion of the background matter. The results agree quite well with the experimental data and give for the first time a convincing explanation of the anti-hyperon polarization.

Índice

I - Introdução	1
II - Dados Experimentais e Modelos Teóricos	6
II.1 - Dados Experimentais	6
II.2 - Modelos Teóricos	13
II.2.1 - Modelo de Recombinação de Quarks	13
II.2.2 - Modelo de Lund	15
II.2.3 - Modelo de Quarks Constituintes	16
II.2.4 - OPER	17
II.2.5 - Modelo Hidrodinâmico	18
II.2.6 - Modelo Microscópico	20
III - Interação Píon-Híperon	22
III.1 - Interação Píon-Nucleon	24
III.2 - Interação $\pi\Lambda$	29
III.3 - Interação $\pi\Sigma$	44
III.4 - Interação $\pi\Xi$	51
III.5 - Antipartículas	57

IV - Polarização em Processos Inclusivos	60
IV.1 - Relações entre S' e S	63
IV.2 - Médias em S'	69
IV.3 - Matéria Hadrônica em Expansão	72
IV.4 - Reações	79
V - Resultados	83
VI - Conclusões	89
VII - Referências	94
Apêndice A - Formalismo Geral	98
A1 - Cinemática	98
A2 - Amplitudes de Espalhamento	100
A3 - Observáveis	102
A4 - Equação de Dirac	103
A5 - Estados e Isospin	105
A6 - Matrizes dos Vértices	109
A7 - Operadores de Projeção	110
Apêndice B - Integrais I_n	115

I. Introdução

Muitas vezes, no estudo da Física, nos defrontamos com problemas que não se encaixam perfeitamente com o entendimento prévio que se tem do assunto. A polarização de híperons produzidos em processos inclusivos a altas energias é exatamente um destes problemas e quanto mais informações são obtidas, maiores são as dificuldades em se obter a explicação total dos fenômenos.

Até a experiência de Bunce e seus colaboradores [1] realizada em 1976, onde estudou-se a produção inclusiva de Λ a partir de colisões próton-Berílio a 300 GeV, acreditava-se que a polarização possuía uma tendência de anular-se com o aumento da energia. Sabia-se que em colisões elásticas πp , pp e Kp , por exemplo, a polarização dos prótons fica muito pequena a altas energias [2] e acreditava-se que esta fosse uma tendência geral. A conclusão final apresentada em [2] (artigo de 1976) a respeito das polarizações é que os efeitos spin-órbita decrescem consideravelmente com a energia e provavelmente poderiam ser desprezados para momentos incidentes no laboratório acima de 50-100 GeV. Teoricamente não havia motivo para acreditar que existisse polarização significativa em processos inclusivos a altas energias. Neste tipo de processo, existem várias reações possíveis que são responsáveis pela formação das

partículas observadas. A polarização observada é resultante da soma de muitos canais e assim o efeito esperado era a perda da coerência na soma das contribuições, resultando na diminuição da polarização. Contudo, a polarização de Λ observada em [1] diferia significativamente de 0 chegando a valores maiores que 20% o que era então totalmente inesperado.

Os resultados de Bunce [1], despertaram um grande interesse por este tipo de reação, que motivou a realização de uma série de experiências, que confirmaram os resultados anteriores para a polarização de Λ [3]-[6] e forneceram ainda novos resultados a partir do estudo de várias energias incidentes e vários tipos de núcleos como alvos. Em 1978 [4], mediu-se a polarização de $\bar{\Lambda}$ em processos semelhantes, iniciados por próton incidente. A partir dos resultados obtidos, pode-se constatar que a polarização de $\bar{\Lambda}$ é muito pequena, praticamente nula. Firmou-se então a idéia, mais tarde desmentida, de que os híperons poderiam ser polarizados mas não os anti-híperons, como veremos na discussão de modelos teóricos. Em 1981, Wilkinson e seus colaboradores conseguiram pela primeira vez observar a polarização de um híperon com carga diferente de zero, Σ^+ [7], que é positiva. Em 1983 [8], observou-se a polarização de Σ^- que é consistente com a de Σ^+ . Em 1986, Ramerika conseguiu observar a polarização de Ξ^- e esta é negativa [9].

Logo foi possível a obtenção de dados para outros anti-híperons além de $\bar{\Lambda}$. Em 1990 foi estudada a polarização de $\bar{\Xi}^+$ [10] e com surpresa verificou-se que era consideravelmente diferente de zero (negativa, com mais dados em [11]). Em 1993, Morelos e seus colaboradores obtiveram a polarização de $\bar{\Sigma}^-$ [12], que também verificou-se diferente de zero (positiva, com mais dados em [13]).

A variedade encontrada no comportamento das polarizações dos diversos

híperons abriu um interessante campo de investigação teórica. Os primeiros modelos com a intenção de explicar estes dados foram o modelo de Lund [15] e o modelo de recombinação de quarks [16]. Mais recentemente, o modelo de J.Soffer e N. Tornqvist [17] e muitos outros [18]-[23]. Estes modelos, de um modo geral, explicam bem a polarização de Λ e de Σ que, devido a sua semelhança estrutural (a nível de quarks) com os prótons incidentes, podem ser considerados como partículas dominantes em colisões pA . Contudo para Ξ , que possui dois quarks s , já aparecem dificuldades. Ao considerarmos anti-híperons estes modelos não se aplicam pois a hipótese de partículas dominantes não se aplica a anti-híperons, ou seja, devemos considerar um mecanismo indireto para explicarmos a produção deste tipo de partículas (devemos mencionar que, em [23], os autores conseguem parametrizar os dados de Λ e de $\bar{\Lambda}$ em termos de funções de fragmentação com polarização).

A impossibilidade de explicar as polarizações dos anti-híperons a partir dos modelos existentes constituiu uma imposição para que os estudos teóricos destes fenômenos continuassem. Y. Hama e T. Kodama em [24] consideraram o efeito das interações finais na polarização resultante dos (anti-) híperons. Os autores consideraram que em colisões hadrônicas a altas energias é formada matéria hadrônica quente, que emite partículas, inclusive híperons e anti-híperons, e a polarização é então decorrente da interação do híperon com este meio, que pode ser descrito através do modelo hidrodinâmico. O mecanismo de polarização para um híperon produzido deste modo é então o seguinte: o híperon (ou anti-híperon) é produzido sem polarização no interior deste meio e deverá atravessar uma certa quantidade de matéria hadrônica até escapar. Ao atravessar o meio, interage através de um potencial óptico com parâmetros determinados fenomenologicamente (que é um modo

simplificado de descrever esta interação), polarizando-se. Este modelo descreve razoavelmente bem os dados experimentais, mas a questão que permanece é a da determinação dos parâmetros do potencial óptico e o motivo de se necessitar de diferentes potenciais para as diferentes partículas observadas.

A explicação do potencial claramente vem do conhecimento da constituição microscópica do meio formado (do que este meio é feito) e do modo de interação verdadeiro entre o híperon produzido e os constituintes do meio. Como a maioria das partículas produzidas neste tipo de colisão são píons, uma primeira aproximação é considerar que o meio é constituído apenas de píons (pois a probabilidade do híperon encontrar píons em seu percurso será muito maior que a de encontrar um outro tipo de partícula). Estas partículas estariam em movimento caótico dentro do meio. O cálculo da polarização seria feito, levando-se em conta dois fatores: a interação elementar pión-híperon a baixas energias (algumas centenas de MeV) e o cálculo de médias, considerando flutuações estatísticas. Em [25] foi estudado principalmente o segundo elemento, deixando para uma etapa posterior o estudo da interação elementar pión-híperon (πY). Calculamos então a polarização para um híperon emergente de um elemento de matéria hadrônica e pudemos constatar que em média é possível sobrar uma polarização resultante diferente de zero (dependendo do potencial). Deste modo encontramos resultados qualitativamente de acordo com o comportamento dos dados experimentais.

O problema que restou foi justamente o de determinar a interação pión-híperon de um modo realístico, pois considerar a equação de Dirac com um potencial óptico arbitrário é apenas uma aproximação. Este é o principal objetivo deste trabalho, isto é, estudar as interações elementares de um modo consistente com o conhecimento

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

