

Entrevista sobre a Bola de Fogo, tomada no dia 23 de março de 1972.

Entrevistado: Prof. César Lattes. Entrevistador: Roberto A. Martins

R - A primeira coisa que eu preciso saber é como eu posso dar uma visão intuitiva, um modelo, de como é formada a Bola de Fogo.

L - Nós não sabemos. Primeiro, deixa explicar a você qual é a origem do termo "Bola de Fogo". A gente sabe desde 1941, quando um núcleon de alta energia colide com outro núcleon, há produção múltipla de mésons. Naquela época, só se conheciam os muons, e as interpretações não podiam ser corretas, porque na realidade se verificou depois que há produção múltipla de mésons pi, que só foram descobertos em 1947. Esta multiplicidade aumenta com a energia, a multiplicidade aumenta mais ou menos com a raiz quarta da energia incidente. O estudo destes fenômenos é um estudo muito trabalhoso, porque as energias necessárias não são produzidas ainda no laboratório, então tem-se que usar os núcleons da radiação cósmica, e o número de núcleons que chega por metro quadrado por ano é pequeno; na energia que nos interessa, a gente consegue pegar mais ou menos uma centena de interações com produção múltipla, em dez metros quadrados por ano. O estudo da produção múltipla tem sido feito então através da radiação cósmica, fazendo a radiação cósmica interagir com a matéria, e nos anos de 50 a 60, foi feita expondo emulsões fotográficas em balões, a 30 km de altura, onde a radiação cósmica é mais intensa. Então obteve-se um certo número de colisões, onde havia produção múltipla. Havia teorias prevendo a produção múltipla, mas os resultados da experiência não concordavam com a teoria. A teoria previa que a ~~emissão~~ emissão era isotrópica, quer dizer, praticamente com a mesma probabilidade em qualquer direção, enquanto que na experiência se verificou que havia ^{essencialmente} ~~uma colimação~~ uma colimação, havia mais mésons emitidos na direção do núcleon incidente, e na direção oposta à incidência.

R - Mas a teoria não previa que seria isotrópica em relação ao centro de massa?

L - Sim, a teoria previa em relação ao centro de massa, mas transformando para o centro de massa, a gente obtém mais mésons num cone pra frente e num cone pra trás. Não tem isotropia em relação ao centro de massa. E essa anisotropia aumentava com a energia incidente. E as teorias não eram capazes de explicar isso. Aí, mais ou menos na mesma época, um grupo polonês, o professor Niu no Japão, e o professor Coconi nos Estados Unidos, mostraram que era possível interpretar uma boa parte dos dados se se supusesse que, ao invés de haver emissão de um centro único, houvesse emissão de dois centros que se movimentavam em relação ao centro de massa. E eles chamaram isso de Bola de Fogo. Isto foi em 58. Nesta teoria, que é fenomenológica, não é bem uma teoria, é um modelo, os núcleons batem, continuam mais ou menos com metade de suas energias, e criam dois estados intermediários, os quais se movem em relação ao centro de massa,

em direções opostas, e se desintegram isotropicamente no sistema de repouso deles. Esta distribuição isotrópica no sistema de repouso das bolas de fogo se transforma numa emissão colimada no sistema do laboratório. Com esse modelo, no entanto, verificou-se que não dava pra explicar grande parte dos dados da radiação cósmica. Em alguns casos, apareciam as duas bolas de fogo, mas em outros casos a distribuição era mais complexa. Então, foi proposto, em 1961, por Hasegawa, um modelo no qual havia produção múltipla de bolas de fogo, que vem desde duas, em um número que aumentava com a energia. E a bola de fogo teria massa constante. Em 62 foi iniciada uma colaboração com os japoneses para estudar esse processo, só que, ao invés de expor emulsões fotográficas puras em balão, que é muito caro, se fazia exposição de sanduíches de emulsões e chumbo, num laboratório a meia pressão, a meia atmosfera de pressão, nos Andes. Através do estudo de interações detetadas com essas câmaras de emulsão e chumbo, nós conseguimos algumas centenas de interações de energia muito alta, acima de 10^{13} eV, e verificou-se que de fato, em grande número dos casos, a emissão dos mésons se dá através de um estado intermediário, de massa constante, de massa aproximadamente igual a duas vezes a massa do nucleon.

R - Duas vezes ?

L - É, 2,3 vezes a massa nucleônica. Então, acumulou-se uma centena de casos, obteve-se o espectro de massa, verificou-se que era consistente com a massa única, embora a energia varie muito - varia desde 10^{11} até 10^{14} eV, e que a energia cinética média de emissão, no referencial em que a bola de fogo está em repouso, é constante. A energia cinética média no referencial de repouso é uma medida da temperatura; então, o modelo que apareceu é o de uma bola de fogo de temperatura constante. Agora, estes resultados mostraram que, para energias bastante altas, aparece também evidência de uma bola de fogo de massa maior, e de temperatura maior. Massa umas vinte e três vezes a massa nucleônica, e temperatura mais ou menos o dobro da da bola de fogo de massa menor.

R - A bola de fogo, depois que se forma, não acompanha os núcleons formadores?

L - Elas têm mais ou menos a mesma direção, mas ela tem uma velocidade menor. Não acompanha, certamente.

R - A bola de fogo é formada na interação, ou é justamente ela o intermediário na interação ?

L - Não se sabe. É preciso tomar cuidado para ver se esta pergunta tem sentido, porque são distâncias tão curtas, e intervalos de tempo tão curtos, que é possível que a pergunta não tenha sentido, que não se possa dizer se ela é formada na interação ou se ela é intermediária. Certamente ela é criada durante a colisão, agora se ela desempenha um papel importante nas forças nucleares, ou se ela é simplesmente um fenômeno termodinâmico, nós não sabemos ainda.

R - Já que as bolas de fogo têm uma certa atomicidade, será se as nuvens mésonicas dos núcleons também têm que ter uma igual atomicidade ?

L - Não sei, porque a nuvem de mésons do núcleon é virtual, quer dizer, o núcleon não tem energia suficiente para criar um méson permanentemente, êle cria e absorve imediatamente. Para criar uma bola de fogo, ^{virtual} seria preciso uma energia muito grande, ela teria uma vida muito curta; eu acho que esta pergunta do ponto de vista real não se pode responder, agora, como estado virtual, há a possibilidade de o núcleon se transformar em um núcleon mais uma bola de fogo. Há esta possibilidade, mas provavelmente por um tempo muito curto, inferior a 10^{-24} s.

R - Com energias mais baixas, não há produção de bolas de fogo, não é ?

L - Na maioria dos aceleradores, com energias da ordem de 1 GeV, a produção de píons é direta, não aparece bolas de fogo.

R - E por que esta diferença ?

L - Acho que é uma questão de energia, não é ? Abaixo de uma energia, nem mésons são produzidos. É preciso ter energia suficiente para criar a partícula, é preciso que no centro de massa haja energia suficiente para criar a partícula.

R - Mas é gozado que com baixas energias a energia dos píons é arbitrária, não é ?

L - Não, não é arbitrária...

R - Bom, tem as ressonâncias, etc, mas existe uma variedade, existem muitas possibilidades, e de repente surge a bola de fogo, que tem um valor bem definido para uma grande variação de energia.

L - Sim, êste é que é o fenômeno curioso, né ? O Fujimoto acredita na filosofia do Sakata, êle acredita que a bola de fogo seja alguma coisa de um nível sub-partícula elementar. Êle acha que a bola de fogo seja importante para explicar as partículas elementares. Eu não tenho opinião firmada a respeito.

R - Em uma entrevista que o senhor deu, o senhor falava do professor Taketani. Qual foi a influência dêle ?

L - O Taketani é mais ou menos o líder do grupo japonês de partículas elementares - êle, o Sakata e o Yukawa. A influência dêle foi simplesmente encorajar o trabalho. Mas não há teoria; atualmente trata-se apenas de dados empíricos; e tem-se que obter mais resultados. Atualmente estamos analisando uma câmara melhor do que as outras; até agora nós tínhamos umas oitenta interações que nos davam um espectro de massa consistente com a hipótese do valor único. Agora temos uma nova câmara que vai nos dar mais umas cem interações. E os resul-

tados continuam dando o mesmo espectro de massa; com a indicação também de que há uma massa maior, de que há uma bola de fogo de massa maior.

R- A aparelhagem que é usada, essas chapas de emulsão, seriam capazes de detectar se houvessem bolas de fogo de energias muito maiores ?

L - Bom, foi detectado; foi detectado pelo grupo de Bristol, há mais de dez anos, uma interação onde havia produção de uma centena de mésons. E aqui no laboratório nós determinamos a massa deste estado intermediário, e a massa é mais ou menos duzentas e poucas vezes maior do que a do núcleon. Quer dizer então que existem massas bem maiores do que estas que estamos vendo. E nós temos evidência indireta de um evento, também detectado aqui no laboratório, - nós chamamos de Andrômeda - no qual somos obrigados a supor a emissão de cem a duzentos mésons. E isso com a bola de fogo pequena não dá; a bola de fogo que nós estamos observando emite em média oito mésons, e a grande, em média, 30 mésons. Quer dizer, nós temos uma evidência boa de que há um tipo que emite oito mésons, e evidência bastante boa de um tipo que emite trinta mésons. Agora, deste tipo que emite cem mésons, só tem dois casos.

R - Quanto ao arranjo experimental, a medida da energia é feita através da detecção dos fótons gama, que saem na desintegração dos píons neutros.

L - Sim. Nessa energia, acima de 10^{11} eV, não há maneira direta de medir a energia de partículas carregadas. Os métodos comuns consistem em passar a partícula por um campo magnético muito intenso e medir o raio de curvatura, ou fazer atravessar a matéria e ver o espalhamento coulombiano, ver de quanto se desvia de uma linha reta. Esses métodos, com esta energia, já não dão mais resultado. O raio de curvatura é tão grande que se confunde com ruídos devido a efeitos térmicos. Então, com esta ordem de grandeza, a única coisa que a gente pode observar para medir a energia é a parte eletromagnética, porque o raio gama de alta energia produz uma cascata eletromagnética de elétrons e pósitrons, e existe uma teoria boa pra isso, a gente sabe como ela se desenvolve e sabe dizer, em função da energia, quantos elétrons a gente deve encontrar em cada profundidade. Então, a medida da energia é feita medindo-se a energia da cascata eletrônica devidas aos raios gama, devidos por sua vez aos pi neutros. A medida da energia dos pi carregados é possível em princípio, mas é preciso muito mais chumbo do que nós temos. É preciso uma câmara muito mais espessa, e fazer com que o méson pi interaja na própria câmara, e faça criação múltipla de mésons pi. Então a gente mede a energia de cada pi zero da criação múltipla, e como a gente sabe que mais ou menos 20% da energia do pi carregado foi transformada em energia de pi zero, e com isto pode-se estimar a energia do pi carregado. Mas é preciso mais chumbo do que nós temos no momento.

R - Com a câmara que está sendo usada, os pions carregados atravessam direto, não é ?

L - Só alguns interagem.

R - Nos eventos captados, a produção da bola de fogo é dentro da própria câmara, não é ?

L - Não. Nós temos dois tipos de câmara: um tipo onde a gente coloca um alvo de pixe, de uns trinta centímetros de espessura, a mais ou menos um metro e meio do detetor, e em cima do ~~alvo~~ ^{pixe} a gente coloca chumbo para absorver os raios gama atmosféricos. Neste caso, os núcleons da radiação cósmica interagem no pixe, a gente sabe a altura da interação. E a interação produzida é localizada num raio pequeno, de alguns milímetros. Mas neste tipo de interação a gente obtém dados até uma energia de mais ou menos 30 trilhões de eV, quer dizer, alguns casos de 30 trilhões. A intensidade é pequena, porque o alvo é localizado. Quando a gente quer estudar interações de energia maior, a gente usa a própria atmosfera como alvo. Neste caso faz-se uma câmara de superfície grande, e se estuda as famílias de raios gama co-genéticos, que chegam com a mesma direção e próximos. Aí dá para estudar interação de energia maior. A câmara 14, a décima-quarta que nós fizemos, foi desse tipo, de grande superfície. Foi aí que a gente viu a evidencia da bola de fogo de massa maior. Já as câmaras 12, 13 e a 15, que está sendo estudada agora, foram com alvo de pixe localizado. Nessas a gente deteta só, praticamente, a bola pequena. Estamos para desmontar uma, a 16, igual à 15, e vamos montar uma provavelmente igual à 14, uma de grande superfície.

R - Agora o senhor está introduzindo alguma modificação na aparelhagem; porque as bolas de fogo, em si, já estão comprovadas, não é ? Qual o estudo que o senhor está fazendo ?

L - A gente tem que estudar bem a bola de fogo de massa maior, pra obter uma estatística maior, para que fique bem claro a ~~exist~~ ^{exist}ência dela, apesar de que, a gente analisando resultados antigos de ~~alguma~~ ^{alguma}, obteve confirmação. Essa bola de fogo de massa grande tem uma temperatura maior, de modo que dificilmente poderia ser uma flutuação estatística. Uma flutuação estatística daria só uma massa maior, não daria também uma ~~temperatura maior~~ ^{energia cinética média}. Uma das coisas, então, é estudar melhor esta bola de fogo grande; a outra é medir o momento transversal, o que acontece com o núcleon de ois da interação, verificar, na hora do choque, qual é o momento transversal cedido ao núcleon, esta é uma grandeza importante, para interações de partículas elementares. Acho que, dentro deste tipo de câmara que estamos usando, precisamos trabalhar mais uns dois ou três anos para ter uma estatística suficientemente boa. Daí para diante seria preciso bastante dinheiro, mas eu não sei se vai conseguir não.

Entrevista sobre a Bola de Fogo ("Fireball"), tomada no dia 21 de março de 1972.
Entrevistado: Prof. Fujimoto. Entrevistador: Roberto A. Martins

R - Gostaria de saber qual foi a primeira pessoa que teve a idéia da existência da Bola de Fogo.

F - A idéia nasceu muito tempo atrás. Não sei exatamente quem foi o primeiro, mas eu diria que Gleb Wataghin foi um dos primeiros que sugeriu sua existência.

R - Quando foi isto ?

F - Suponho que foi durante o tempo de guerra: 1942, 1943, creio eu.

R - Antes da descoberta dos mésons pi ?

F - Antes do méson pi.

R - O que êle propôs ? Qual era sua idéia sobre a Bola de Fogo ?

F - Bem, eu penso que Heisenberg também teve a mesma idéia: os físicos teóricos acreditam que, se você utiliza energias cada vez mais altas, algo novo acontecerá. Já naquela época, existia a teoria de Yukawa, e o méson foi descoberto (muon). Mas ainda não haviam sido descobertos os pions, e os muons não concordavam muito com a ~~teoria~~ ^{teoria. Deveria} haver algo, não é ? Era a opinião geral naquela época: antes da guerra e também durante a guerra. Por isto, muitos teóricos pensaram que a teoria dos mésons estava correta, mas não 100% correta. A teoria dos mésons é correta para certo campo de energias, mas se você vai para energias mais altas, ~~a teoria dos mésons~~ ^{a teoria dos mésons} falhará. E nestas energias mais altas, êles esperavam algo de novo. Eles não colocaram o nome de Bola de Fogo, mas a idéia é muito semelhante. Eles imaginaram que haveria um novo ente, e que dela sairiam mésons. Esta era a idéia de Wataghin, de Heisenberg, e seus discípulos.

R - E êles previram a massa ...

F - Não, não. Só a existência. Não sei se isso pode ser chamada de previsão, mas êles colocaram argumentos teóricos, segundo os quais os mésons não apareceriam diretamente, mas viriam de uma outra coisa, que não conheciam. Esta é a contribuição dêles. Depois, seguiram-se muitas investigações, e depois disto, encontramos (Powell, Occhialini, etc) dois tipos de mésons. E a existência destes dois tipos de mésons foi prevista teoricamente pelo professor Sakata. Então, êles foram encontrados experimentalmente, e previstos teoricamente. E depois de encontrar êstes dois mésons, verificou-se que as experiências com mésons e a teoria dos mésons não se encontravam em grande contradição. Posteriormente, as experiências foram melhoradas, e encontramos que, quando raios cósmicos de muito alta energia incidem sobre partículas, mésons são produzidos, não um, mas vários ao mesmo tempo. Estes grupos são chamados de "chuveiros". Estes chuveiros são a expressão daquilo que em teoria se chama "produção múltipla". Os mésons não são

produzidos um por um, mas em um grupo. Dez, vinte, algumas vezes trinta, ou mesmo cem, todos de uma vez.

R - E como isto era explicado ? esta produção múltipla ?

F - Foram revividas as velhas idéias de Heisenberg, e Wataghin, sôbre este novo ente, e começaram a pesquisar.

R - Era a única explicação ?

F - Creio que sim. Mas, é claro, não podemos ver a Bola de Fogo diretamente, mas não duvidamos dela, pela formação dos mésons. Nós observamos grupos de mésons, e reconstruímos o ente de onde êles vêm. E é isto que chamamos de Bola de fogo.

R - E qual é a maior diferença entre a Bola de Fogo e ressonâncias comuns ?

F - Aí entram tópicos muito novos. (desenha esquema 1 e vai explicando) : a partícula incidente se choca contra um núcleo, e produz um grande número de partículas; chamamos isto de chuva. Estes (partículas produzidas) são píons, algumas vezes um kaon, e acreditamos que não é produzido diretamente, mas que em B uma Bola de Fogo, e que ela se transforma em mésons. Mas, fazendo mais experiências, verificamos que nem sempre há uma só bola de fogo; algumas vezes há duas.

R - As bolas de fogo aparecem apenas em choques entre núcleons ?

F - Bem, não sabemos isto particularmente, mas provavelmente um méson se chocando contra um núcleo também produz bolas de fogo. Núcleons, mésons, tôdas as partículas de interação forte (hadrons), suponho que podem dar lugar à formação de bolas de fogo, em colisões.

R - Qual seria o diagrama de Feynman da produção da bola de fogo ?

F - Isto eu não sei, eu não sei; porque ninguém sabe ainda se a bola de fogo deve ser colocada entre as partículas elementares. Se êste ente é uma partícula elementar, então o diagrama de Feynman funciona. Ele só se aplica a partículas elementares.

R - A bola de fogo aparece na interação entre duas partículas. Mas é a bola de fogo que causa a interação, ou ela é apenas um resultado secundário da interação?

F - Não consegui entender sua pergunta...

R - Bem, o pión produz a interação entre dois prótons, por exemplo. A bola de fogo tem êste mesmo tipo de função ?

F - Não, eu não sei... ninguém sabe. A única coisa que podemos dizer, no momento é isto: suponha que você faz uma experiência, onde um núcleo de carbono colide com um próton. O carbono é composto por doze núcleons, e mesmo que o próton

penetre através do núcleo do carbono, o número de colisões não é muito grande; talvez uma, talvez duas. Mas suponha um núcleo pesado, como o chumbo. Então, temos muitos núcleos dentro, e neste caso, quando o próton incide, pode aparecer uma bola de fogo na primeira interação, e depois interagir com este núcleon, este, este... Poderia ser ... Mas a única coisa que se conhece atualmente é a bola de fogo que surge do carbono, ou hélio, e são mais ou menos semelhantes. Não há diferença sensível.

R - E estes dois tipos de bola de fogo - a grande e a pequena ?

F - Na experiência de Chacaltaya, que estamos realizando em colaboração com o Brasil, foram notadas bolas de fogo de dois tipos. Teoricamente, há argumentos a favor da existência. E experimentalmente, é muito provável, mas os dados ainda não são conclusivos. Estamos verificando se elas existem ou não, qual é a forma delas: se são esferas, em forma de cigarro, ou discos (3), e qual é a massa, a temperatura, etc. Este é o objetivo das experiências de Chacaltaya. E descobrimos que a menor bola de fogo é isotrópica, como uma esfera, e a temperatura é sempre constante, e fomos bem sucedidos em medir a massa das bolas de fogo; e descobrimos que há dois tipos de ~~xxxxxx~~ bolas de fogo, uma mais leve, outra mais pesada.

R - Existe alguma explicação teórica para esta diferença ?

F - Não.

R - Ninguém sabe porque não há só um tipo de bolas de fogo ?

F - Ninguém sabe. O número de partículas elementares não é pequeno; há os píons, kaons, lâmbdas, e além disto muitas ressonâncias: centenas de partículas, agora. Mas qual é a relação entre a bola de fogo e estas partículas, ninguém sabe. Tudo o que se sabe é que, quando se utiliza energias muito altas, com raios cósmicos, observa-se apenas dois tipos de eventos. (4) Esta é a parte japonesa dos dados, a parte brasileira você pode ver ali; Esta é a pequena bola de fogo, e esta é a grande. Dois tipos. (~~xxxx~~ A aparelhagem seria capaz de captar bolas de fogo de massas muito menores e muito maiores do que estas ?). Esta é uma nova experiência. Nas antigas, também se observa isto, mas estes dados são novos. (Mostra os dados brasileiros, e mostra que coincidem).

R - Existe alguma evidência da existência das bolas de fogo que tenha provindo dos grandes aceleradores ?

F - Sim. Até agora, não há muita investigação séria. Só posso citar Nosso grupo, no Japão, fez investigações para procurar evidências da existência deste ente nos aceleradores, e encontramos. Também os soviéticos fizeram mais ou menos a mesma investigação, e mediram a massa, e obtiveram o mesmo resultado, aproximadamente. Mas nesse caso não é tão claro. ~~☒~~ Produz-se o choque entre um próton e um alvo, mas a energia do próton não é tão alta. Algumas vezes, observa-se a bola de fogo, mas nem sempre. Na maioria dos casos, observam-se ressonân-

cias. Em mais ou menos 10% observamos bolas de fogo. E ainda não está completamente claro como distinguir entre êles. Mas a energias mais altas, podemos observar a emissão da bola de fogo mais claramente. Recentemente, entrou em funcionamento um grande acelerador no CERN, Europa, e não é linear, mas curvo. 25 GeV vindo deste lado, (5), outro feixe vindo de cá, e êles se chocam. Assim, podem ser feitas experiências a energias muito altas. Dois feixes vêm nesta direção e nesta direção, e aqui pode acontecer a interação. Então saem partículas por aqui. Eles medem a distribuição angular dos píons que são emitidos nesta colisão. Mas esta experiência não está completamente clara, pois não se pode medir as partículas que vêm para cá e para cá. (tubos aceleradores). A medição é muito limitada. E notaram nesta experiência que mais partículas são emitidas nesta direção e nesta direção do que a 90 graus, mostrando que é muito consistente com a produção de duas bolas de fogo. (6). Não há outras explicações. Muito recentemente, os americanos puseram em funcionamento o grande acelerador de 200 GeV, mas não há resultados ainda. Temos que esperar um pouco.

R - Há algum número quântico associado a estas bolas de fogo ?

F - Não, não sei. Medindo mais acuradamente a distribuição angular dos píons, verifica-se que é isotrópico, mas isto não significa necessariamente que o spin da bola de fogo é zero. Mas por enquanto ainda não se encontrou spin.

R - Qual é a precisão das medidas da experiência de Chacaltaya ? Têm-se certeza de que as duas bolas de fogo são realmente duas ?

F - Estou bastante certo. Não posso contar-lhe qual é a precisão na experiência. Usualmente, quando se quer medir a energia de partículas elementares, é difícil medir a energia na região de altas energias. Se você põe um magneto aqui (7), e a partícula é muito veloz, isto (a trajetória) se torna quase reta. O método que utilizamos são as câmaras (8) de emulsão, um sanduíche de placas de chumbo, e chapas fotográficas de raios X, e emulsão. Raios gama muito energéticos ou elétrons entram aqui e produzem um chuveiro. Contamos então o número de chuveiros, é como isto aqui (mostra foto de placas com manchas). Suponha que a partícula vem por aqui, e ela começa um chuveiro, e por fim desaparece. Contamos o número de partículas que penetram aqui, e aqui, e aqui. Há um máximo em certo ponto, e depois os sinais desaparecem. Medimos o número do máximo simplesmente fazendo interpolação, e este número é proporcional à energia. Isto é bastante preciso.

R - Quem deu o nome de bola de fogo ?

F - Há tanta gente, que não sei dizer exatamente quem. (6-10). A idéia das duas bolas de fogo (produzidas na colisão) foi iniciada em 1956 por Niu, no Japão, Coconi, e Midsowich (?), polonês. Fermi, Landau, Wataghin e Heisenberg trabalharam no assunto. Estes são os teóricos, os outros experimentais.

R - Tem-se bastante certeza de que a bola de fogo não é um novo estado do núcleon ?

F - Vamos descobrir, espero. Não temos idéia. Poderia viajar junto do próton, ou ter existência independente. Inicialmente, concentramos nosso estudo nos píons, e esquecemos dos núcleons. Mas agora vamos construir uma nova aparelhagem, e poderemos descobrir a direção do próton. Então, poderei responder a essa pergunta, mas não agora.

R - Qual é a relação entre a bola de fogo e quarks ?

F - Quarks ? Eu não sei, pois os quarks nunca foram descobertos. A evidência, agora, é negativa. Não há nenhuma teoria que relacione os quarks à bola de fogo. É preciso antes ver se os quarks existem, para depois procurar uma relação.

. . .

Estou muito interessado em saber como a bola de fogo está relacionada às partículas elementares, mas atualmente não temos jeito de fazer experiências.

Inicialmente, pensava-se que a bola de fogo era esférica, um gás de mésons, a energias muito altas (temperatura muito alta). (11). É esta a idéia que se relaciona mais com o nome, bola de fogo. Mas se fôsse, assim, deveríamos ter bolas de fogo de vários tipos. Mas o pico observado é bastante nítido. Então, como existem átomos de matéria, elementos de matéria, parece haver o átomo de bola de fogo, a bola de fogo elementar. E esta bola de fogo unitária foi primeiramente notada por Hasegawa (teoria ou experiência ?). Os dados experimentais mostram um pico, mas não se sabe se é um pico, ou se há uma largura (spread). (12). Poderiam ser êrros experimentais, ou uma largura natural. Não medimos realmente a massa da bola de fogo, mas uma parte da massa. Suponha a bola de fogo (13), que emite píons mais, menos e neutros. Os neutros se desintegram em 2 gama. Observamos apenas êste tipo, só o neutro. A bola de fogo pode ter só 1/4, 1/3 de píons neutros, etc. Podemos observar os outros píons, mas não medir suas energias. A porcentagem dos píons neutros deve, em média, ser constante, mas pode variar um pouco, e mesmo que a massa da bola de fogo fôsse constante, apareceria então um alargamento do pico. De qualquer forma, a bola de fogo não é contínua, como água, mas possui um elemento.

R - Há alguma relação entre êstegás de mésons e as nuvens de mésons dos prótons ?

F - As nuvens dos prótons são virtuais. Não têm suficiente energia para sair. Mas se você dá energia, ela pode sair.

R - Mas se êsse gás de mésons tem um tipo de atomicidade, deveríamos também pensar que haveria uma atomicidade na nuvem mesônica dos prótons.

F - Sim, suponho que sim. E isto pode estar relacionado à estrutura das partículas fundamentais. Os mésons são compostos pelas partículas de Sakata, e isto pode estar relacionado à atomicidade. Mas não sabemos como relacionar estas duas informações. É muito difícil. É possível que a mecânica quântica não funcione,

e seja necessário um novo tipo de teoria aqui. Ninguém sa e. Precisamos de novas experiências.

• • •