

AS PARTÍCULAS COMPOSTAS

1- INTRODUÇÃO

Denominamos de partículas composta os objetos que resultam da aglomeração de partículas elementares formando estados ligados. Eles são denominados de Hadrons.

Existem muitas partículas compostas. Mais de duzentas. Esse número tende a aumentar com o tempo.

As partículas compostas são objetos diminutos e que têm as seguintes características:

Resultam das interações fortes
São formadas por apenas dois ou três quarks.
São muito instáveis. Exceção feita apenas ao próton.

As partículas compostas foram os primeiros aglomerados a surgirem no universo. Eles foram gerados a partir dos quarks que compunham a sopa cósmica.

Sabemos hoje da existência de centenas de tais compostos de partículas elementares. Sabemos igualmente que só os prótons e nêutrons sobreviveram desde o instante de origem do Universo. Dentre tantas possibilidades de partículas compostas porque só sobraram essas duas?

A razão para isso é que todas as partículas compostas, á exceção dos prótons, são instáveis. Algumas sobrevivem tão pouco tempo que um segundo parece uma eternidade para elas.

Como o nêutron é uma partícula composta instável, como é que ela conseguiu sobreviver? A explicação para isso é que dentro do núcleo o nêutron é estável. Ou seja, num dado instante de tempo o número de prótons e nêutrons é o mesmo. Não há a necessidade de que um nêutron seja perenemente o mesmo dentro do núcleo. Apenas a soma é a mesma. Assim os nêutrons encontraram uma grande sobrevida ao formarem, juntamente com os prótons, pequenos aglomerados.

2- MUITAS PARTÍCULAS

O marco na consolidação do modelo atômico, hoje bem estabelecido, foi a sugestão feita por James Chadwick, da existência do nêutron e a realização, por parte dele mesmo, de experiências que comprovavam a existência dessa partícula neutra. O nêutron era o constituinte que faltava para o entendimento da estrutura do núcleo, e conseqüentemente do átomo.

No ano de 1932, Anderson descobriu o pósitron. Com isso, no ano de 1933 havíamos tomado conhecimento da existência de apenas 5 partículas: o elétron, o pósitron, o fóton, o próton e o nêutron.

A partir de 1933 esse número de partículas e partículas elementares cresceu consideravelmente. E isso, de certa forma era esperado. Isso porque, com a descoberta de que os núcleos se mantinham ligados, apesar da existência dentro de núcleo de partículas carregadas só por cargas positivas e partículas destituídas de cargas, deveria haver uma nova

fôrça na natureza alem das fôrças gravitacionais e eletromagnéticas. Essa fôrça passou a ser denominada de fôrça forte.

Como a idéia de fôrça está associada á troca de particulas, seria o caso de nos perguntarmos sobre a partícula a ser trocada entre o proton e o neutron e que seria responsável pela interação forte. Em 1935, o fisico H. Yukawa sugeriu a existênciade uma tal partícula. Ela teria uma massa cujo valor estaria entre a massa do elétron e a massa do próton. Por estar no meio (entre as duas) recebeu o nome de méson.

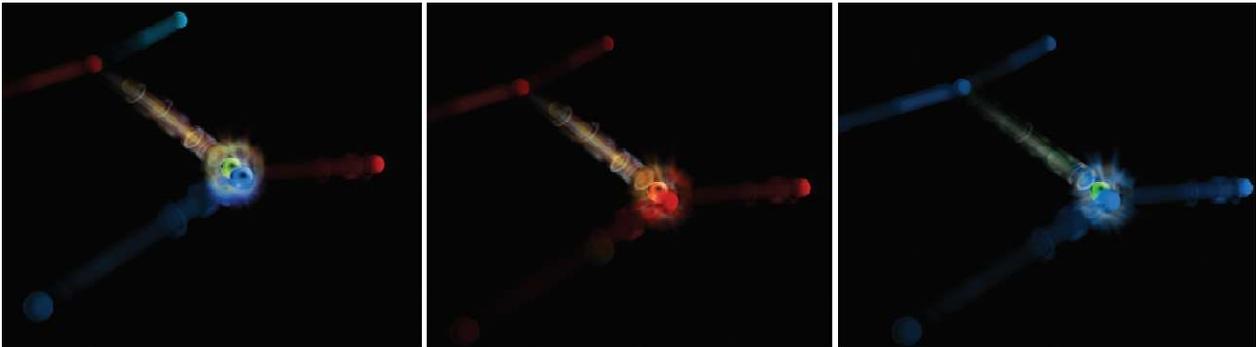


Fig. 1- Na teoria de Yukawa a partícula trocada, ou intermediária, seria o méson π .

No ano de 1936 Carl B. Anderson descobriu uma outra partícula, conhecida hoje como *Muon*. No início, começou-se a suspeitar de que essa partícula poderia ser o méson, a partícula que seria a mediadora das interações fortes Assim, por razões históricas, essa partícula é também conhecida como méson Mu.

O méson, com o tempo passou a ser denominado de méson π e sua descoberta só aconteceu no ano de 1947. Fazendo uso de chapas fotográficas bastante sensíveis, conhecidas como emulsões nucleares, e expostas a grandes altitudes, O grupo de Powell conseguiu identificar o méson pi em 1947. Depois de confirmada a existência do meson π , Yukawa recebeu, em 1949, o premio Nobel de física. Um premio pela sua intuição.

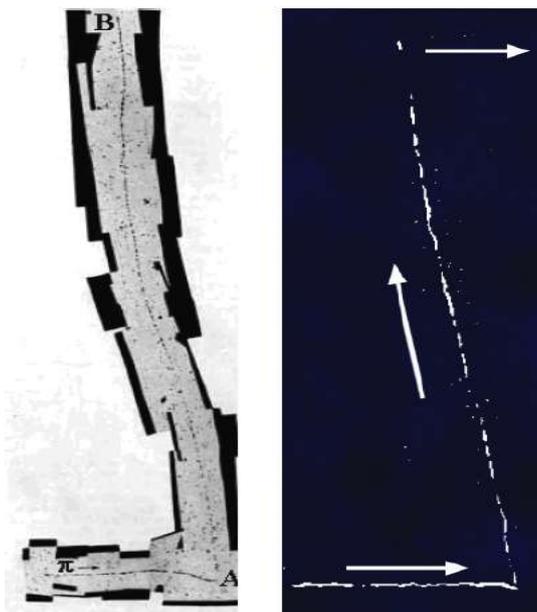


Fig. 2- Uma das emulsões fotográficas que fizeram história.

A troca de pions é, de fato uma possibilidade de acordo com a teoria moderna das interações fortes: a **Cromodinâmica quântica**.

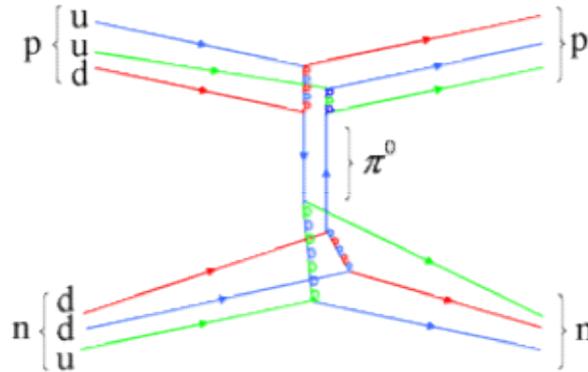


Fig. 3- O mesmo diagrama com o quark individual constituinte.

Depois da descoberta do méson π , foram encontradas muitas outras partículas com diferentes massas e cargas. Em particular, nos anos 50 a lista de partículas já havia crescido consideravelmente. Com o crescimento contínuo do número de partículas, teve início a discussão em torno da composição das mesmas. Seriam todas elas elementares, ou seriam algumas delas compostas por outras. A discussão se centrava em torno da distinção entre elementares e compostas. Seriam, por exemplo, os próprios prótons e nêutrons partículas compostas?

Já no final dos anos 60 tínhamos sólidas evidências de que o próton e o nêutron seriam elas mesmas, partículas compostas. Essas evidências vinham de experiências nas quais a estrutura do próton era examinada através de colisões do mesmo com o elétron.

Nos anos 70 se consolidou a nossa compreensão a respeito de quais partículas que seriam compostas e quais, de fato, são as elementares.

3- OS HADRONS

Só as interações fortes são capazes de formar aglomerados de partículas elementares. Tais aglomerados são aglomerados de quarks (e anti-quarks) e recebem o nome de Hádrons.

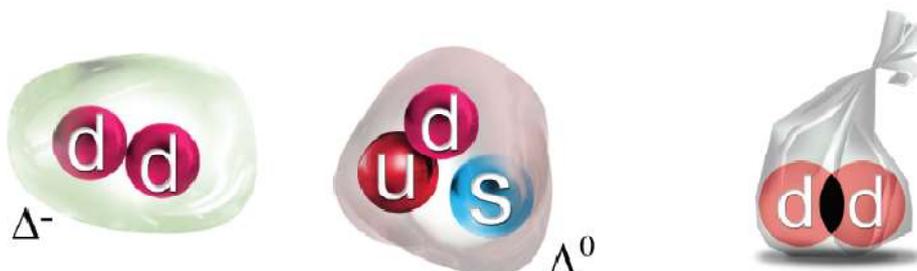


Fig. 4- Hádrons são partículas constituídas a partir de dois ou três quarks.

Como resultado das interações entre os constituintes eles podem se juntar e, nesse processo, formar novos objetos. A formação desses objetos é uma das características fundamentais do Universo em que vivemos. Em se tratando das partículas elementares, temos os seguintes (e principais) processos de formação de aglomerados de partículas elementares.

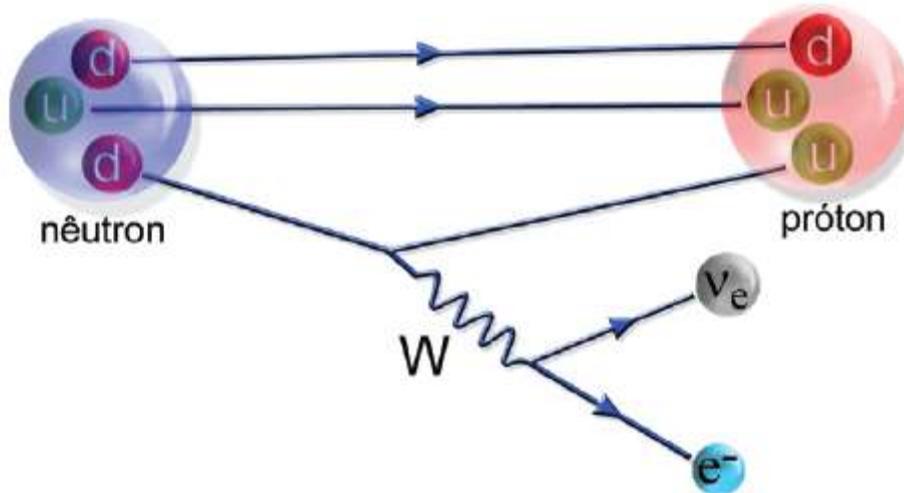


Fig. 5- O decaimento β^- resulta da instabilidade das próprias partículas elementares.

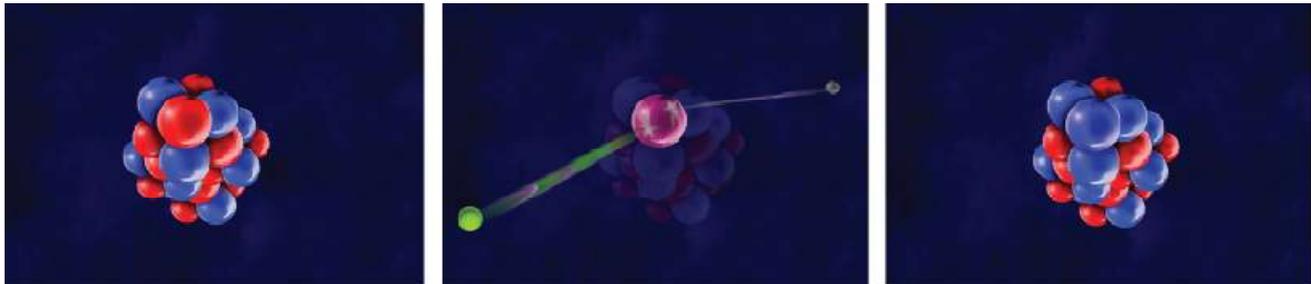


Fig. 6- Transmutação de um elemento químico.

4- OS MÉSONS

Aglomerados de duas partículas são denominados de Mésons. Tendo em vista que o spin dos mésons deve ser igual à soma (ou a diferença) dos spins dos quarks temos duas possibilidades

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1 \qquad \frac{1}{2} - \frac{1}{2} = 0$$

Assim os mésons resultantes são necessariamente bósons os quais tanto podem ter spin 0 quanto spin 1.



Fig. 7- Mésons são partículas constituídas a partir de dois quarks.

Abaixo apresentamos 18 mésons, com spins zero e 1. Com respeito à carga elétrica, vale o princípio da adição. A tabela apresenta alguns casos simples

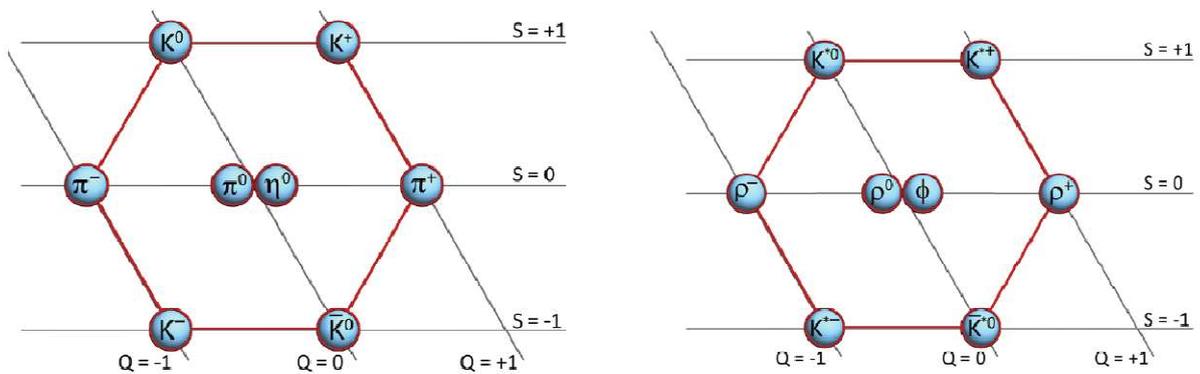


Fig. 8- Os oito mésons escalares e os mésons vetoriais.

Em particular os píons, aludidos na introdução, são constituídos por dois quarks.

5- BÁRIONS

Os aglomerados de três partículas elementares, tais aglomerados recebem o nome de Bárions.

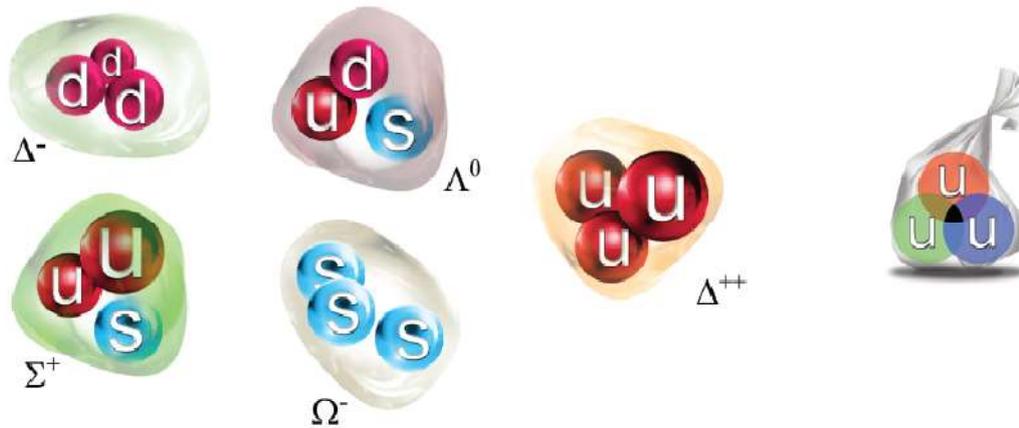


Fig. 9- Bárions são partículas constituídas a partir de três quarks.

Consideremos o caso mais interessante, aquele dos prótons e nêutrons. Eles são constituídos por três quarks. Em assim sendo as partículas compostas devem ter o valor do spin dado pelos valores, $\frac{1}{2}$ ou $\frac{3}{2}$.

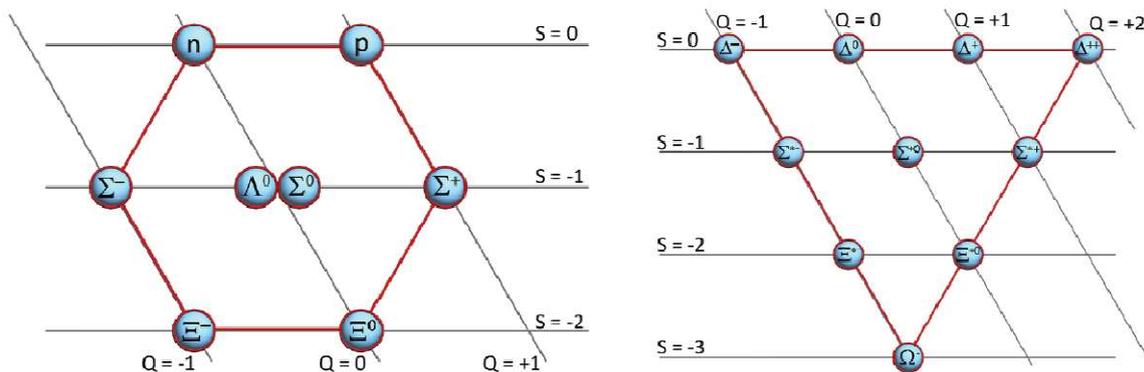
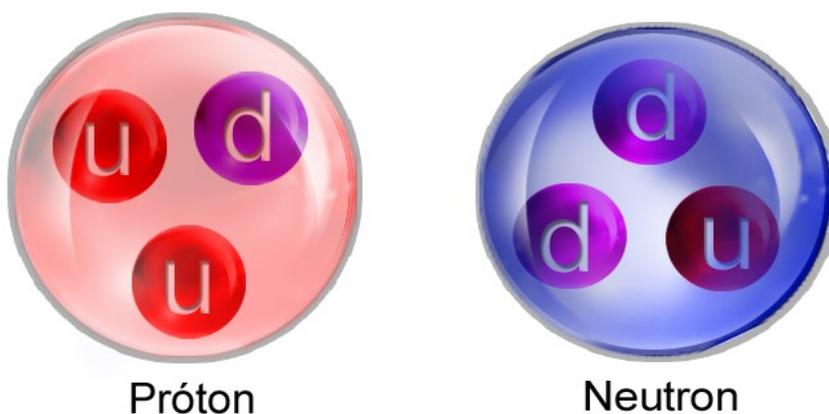


Fig. 10- Alguns bárions e suas relações com simetrias.

Porque esses números de dez e oito? Sabe-se que isso tem a ver com as simetrias das interações.



Próton

Neutron

Fig. 11- Prótons e nêutrons são constituídos a partir de três quarks.

As partículas compostas por um quark estranho e outros quarks recebem o nome de Híperons. O quark Λ^0 foi a primeira partícula dessa categoria. Foi descoberta em 1947.

Hoje conhecemos um número muito grande de partículas constituídas a partir de três quarks. Tendo em vista o número maior de quarks na constituição dos bárions eles tendem a ter massas maiores dos mésons.

6- A INSTABILIDADE DAS PARTICULAS COMPOSTAS

Uma característica marcante das partículas compostas é sua instabilidade. Até o ponto que sabemos, o próton é estável. Todos os demais hádrons são instáveis. Dentre aquelas que duram mais tempo, está o nêutron. Mesmo assim, duram, fora do núcleo, algo como uns 15 minutos. Esse valor corresponde, na realidade à sua meia vida.



Fig. 12- Decaimento de um méson.

7- QUESTÕES DE NOMENCLATURA

Denominamos de **Híperons** às partículas compostas por um quark estranho e outro quark pertencente à primeira família (u ou d). O primeiro híperon a ser descoberto foi o Λ^0 , ainda no ano de 1947. O Λ^0 é composto por um quark up um quark down e um quark estranho. Partículas ditas **chamosas** são partículas contendo pelo menos um quark chamoso.

Quando dizemos que um Hádron é composto por dois quarks, usualmente deixamos de nos referir á cor.

Colocado de uma forma, ao nos referirmos a um quark como sendo um quark u, c, d, etc. estamos nos referindo ao que se convencionou chamar de **sabor** do quark. O que os distingue, de fato é a cor.

No caso dos mésons, eles são compostos por quarks de cores diferentes. Um quark tem uma cor, enquanto que o outro tem uma anticor. Ou seja, cada quark é a rigor diferente do outro.

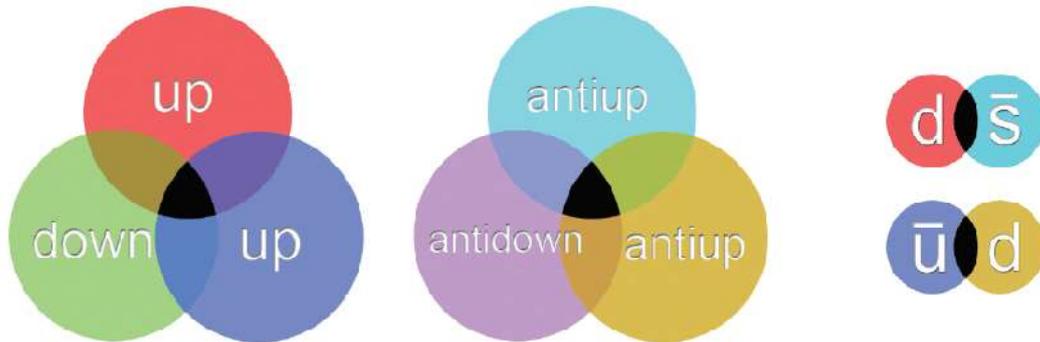


Fig. 13- Bárions e mésons são constituídos de quarks com cores distintas ou anticores distintas. Mésons são constituídos de quarks de uma cor e antiquarks, da cor oposta. Os objetos formados são destituídos de cor.

No caso de um estado ligado composto por três quarks, cada um deles exibe uma cor diferente.