

## MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

ALEX FERNANDES YONEZAWA<sup>1</sup>; WERNER KRAMBECK SAUTER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – alex-yon@hotmail.com.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – werner.sauter@ufpel.edu.br

### 1. INTRODUÇÃO

Sabemos que os seres vivos são formados por órgãos, que são formados por tecidos, formados por moléculas, que por sua vez são formados por átomos, que podem ser divididos em eletrosfera e núcleo. Na eletrosfera encontramos elétrons (que são partículas fundamentais), e no núcleo encontramos prótons e nêutrons (que não são). Partículas fundamentais são aquelas que não possuem estrutura interna, como o já citado elétron. Prótons e nêutrons não são partículas fundamentais porque são formados por quarks, que por sua vez são. Com isso podemos notar o avanço do nosso entendimento da constituição elementar da matéria.

A fim de entendermos os componentes básicos da matéria e suas respectivas interações, estudamos o Modelo Padrão da Física de Partículas, que é, apesar do nome, a teoria mais sofisticada para explicar a natureza em seu estado mais fundamental (MOREIRA, 2009). A partir desta teoria conseguimos explicar três das quatro interações fundamentais: a forte, a eletromagnética e a fraca (MOREIRA, 2004). Por ser tão fraca à nível quântico, a interação gravitacional ainda não está bem formulada, e não será tratada nesse texto. Dentro do Modelo Padrão temos uma teoria para cada interação. A Eletrodinâmica Quântica (QED), que estuda a interação eletromagnética à nível quântico, nos permitiu adquirir muitos dos grandes avanços tecnológicos do século XX. Esta ainda foi usada como base para se criar a Cromodinâmica Quântica (QCD), que estuda a interação entre quarks e glúons (ver GRIFFITHS, 2008).

### 2. METODOLOGIA

Começamos as atividades estudando o Modelo Padrão e revisando conceitos básicos de relatividade especial. Não conseguimos atingir pontos muito além, pois por motivos de força maior começamos a pesquisa posteriormente ao esperado. Fizemos a revisão bibliográfica, a fim de compreendermos melhor os assuntos citados acima, para posteriormente estudar a Cromodinâmica Quântica (QCD).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dividimos as partículas em dois tipos: as partículas *reais* e as *virtuais*. As partículas reais são aquelas que formam a matéria, dividida em quarks e léptons, cada um com seis tipos, como mostra a Figura 1. Os léptons são: elétron ( $e^-$ ), múon ( $\mu$ ), tau ( $\tau$ ), neutrino do elétron ( $\nu_e$ ), neutrino do múon ( $\nu_\mu$ ) e neutrino do tau ( $\nu_\tau$ ), sendo o elétron o mais comum na natureza. Já os quarks são: up ( $u$ ), down ( $d$ ), charm ( $c$ ), strange ( $s$ ), top ( $t$ ) e bottom ( $b$ ). Cada quark, entretanto, possui três variações de *carga de cor*, sendo elas vermelho, verde e azul. Toda partícula possui uma antipartícula correspondente a ela, tendo mesma massa e spin, mas cargas de sinais opostos. Deste modo, a antipartícula do elétron, chamada de *pósitron* (denotado por  $e^+$ ), possui a mesma massa do elétron, spin  $\frac{1}{2}$ , mas carga

elétrica  $+1e$ . Assim, ao todo existem 12 léptons e 36 quarks (devido às cores) (MOREIRA, 2004). De acordo com a QCD, a carga de cor não pode ser encontrada livre na natureza (quarks individuais nunca foram encontrados), ou seja, quarks e glúons estão confinados em estruturas chamadas de hádrons. Estes, por sua vez, podem ser divididos em mésons e bárions. Mésons são formados pela junção de um quark com um antiquark, já os bárions são formados pela combinação de três quarks ou antiquarks, sendo os mais familiares o próton ( $uud$ ) e o nêutron ( $udd$ ). Outra característica dos quarks é sua carga elétrica fracionária: os quarks  $u$ ,  $c$ ,  $t$  possuem carga  $+2/3 e$ , e os  $d$ ,  $s$ ,  $b$  possuem carga  $-1/3 e$ . Todavia, como estão sempre confinados nos hádrons, a soma da carga resulta em um número inteiro (MOREIRA, 2009).

Figura 1. Partículas fundamentais do Modelo Padrão dividindo as partículas reais em suas três gerações. Retirado de (SILVA, J. D.)

| Three generations of matter (fermions) |   |   |  |   |                         |
|--|---|---|--|---|-------------------------|
|  | I   | II  | III  |   |                         |
| mass →                                 | 2.4 MeV/c <sup>2</sup>  | 1.27 GeV/c <sup>2</sup>   | 171.2 GeV/c <sup>2</sup>   | 0   | ?                       |
| charge →                               | $2/3$   | $2/3$   | $2/3$  | 0   | 0                       |
| spin →                                 | $1/2$   | $1/2$   | $1/2$  | 1   | 0                       |
| name →                                 | <b>u</b><br>up  | <b>c</b><br>charm   | <b>t</b><br>top  | <b>γ</b><br>photon  | <b>H</b><br>Higgs boson |
| Quarks                                 | 4.8 MeV/c <sup>2</sup><br>$-1/3$<br>$1/2$<br><b>d</b><br>down                     | 104 MeV/c <sup>2</sup><br>$-1/3$<br>$1/2$<br><b>s</b><br>strange                | 4.2 GeV/c <sup>2</sup><br>$-1/3$<br>$1/2$<br><b>b</b><br>bottom                | 0<br>0<br>1<br><b>g</b><br>gluon                                      |                         |
|  | <2.2 eV/c <sup>2</sup><br>0<br>$1/2$<br><b>ν<sub>e</sub></b><br>electron neutrino | <0.17 MeV/c <sup>2</sup><br>0<br>$1/2$<br><b>ν<sub>μ</sub></b><br>muon neutrino | <15.5 MeV/c <sup>2</sup><br>0<br>$1/2$<br><b>ν<sub>τ</sub></b><br>tau neutrino | 91.2 GeV/c <sup>2</sup><br>0<br>1<br><b>Z<sup>0</sup></b><br>Z boson  |                         |
|  | 0.511 MeV/c <sup>2</sup><br>-1<br>$1/2$<br><b>e</b><br>electron                   | 105.7 MeV/c <sup>2</sup><br>-1<br>$1/2$<br><b>μ</b><br>muon                     | 1.777 GeV/c <sup>2</sup><br>-1<br>$1/2$<br><b>τ</b><br>tau                     | 80.4 GeV/c <sup>2</sup><br>±1<br>1<br><b>W<sup>±</sup></b><br>W boson |                         |
| Leptons                                |   |   |  |   |                         |
|  |   |   |  |   | Gauge bosons            |

Essas partículas interagem através da troca de partículas virtuais, que por sua vez existem apenas e justamente para intermediarem as interações. Cada uma das quatro partículas virtuais está relacionada à uma das interações fundamentais, que ocorrem devido à cargas intrínsecas das partículas: os glúons mediam a interação forte que ocorre entre partículas com carga cor, os fótons mediam a interação eletromagnética que ocorre entre partículas eletricamente carregadas, os bósons vetoriais  $W^\pm$  e  $Z^0$  mediam a interação fraca que ocorre devido à carga fraca, e os grávitons (ainda não detectados) para a interação gravitacional entre partículas que possuem massa. Em nível subatômico, a interação forte é a predominante, mantendo o núcleo unido mesmo com a repulsão eletromagnética devido às cargas de mesmo sinal. Porém, esta tem um alcance de aproximadamente  $10^{-15}$  m. A partir daí, a interação eletromagnética começa a ser a mais presente até que, em níveis astronômicos, onde a massa dos corpos é realmente grande, a interação gravitacional acaba se tornando mais forte e importante (TIPLER, 2001). O Modelo Padrão da Física de Partículas também explica de onde se origina a massa dos corpos pelo Bóson de Higgs, porém esta é uma teoria muito complexa e específica à qual não adentramos.

#### 4. CONCLUSÕES

Vimos que o Modelo Padrão da Física de Partículas é uma teoria que procura entender a natureza em seu nível mais fundamental e básico, estudando desde como as partículas interagem entre si, até como se dá a massa das mesmas. A partir dela surgiram vários outros estudos e teorias mais específicos



que, ao serem desenvolvidos, geram conhecimentos que podem ser usados a favor da evolução da humanidade como um todo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

TIPLER, P. A. e LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2001.

GRIFFITHS, D. **Introduction to Elementary Particles**. Weinheim: John Willey & Sons, 2008.

MOREIRA, M. A. Partículas e Interações. **Física na Escola**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 10-14, 2004.

MOREIRA, M.A. O Modelo Padrão da Física de Partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1306.1–1306.11, 2009.

SILVA, J. D. Uma cronologia do universo, maio 2013. Acessado em 23 de julho de 2017. Online. Disponível em <http://ventosdouniverso.blogspot.com.br/2013/05/uma-cronologia-do-universo.html>