



MONOPOLOS MAGNÉTICOS NA ELETRODINÂMICA QUÂNTICA PLANAR

Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Física

Milena L. Bispo¹, Oswaldo M. Del Cima², Daniel
O. R. Azevedo³

Física / Física de Partículas e Campos

Projeto de Pesquisa

Introdução

Durante grande parte de sua história a eletricidade e o magnetismo foram vistos sob uma aura misteriosa. Seria de se pensar que como hoje ambos os fenômenos são recorrentes no nosso dia a dia, já que formam a base da nossa tecnologia, que tenham sido completamente compreendidos - e isso não é verdade. Ainda existe um questionamento elementar cuja resposta ainda escapa às nossas teorias: a existência (ou ausência) de monopolos magnéticos.

Apesar da ideia de monopolos magnéticos ter sido hipotetizada em 1894 por Pierre Curie, foi num artigo em 1931 que Paul Dirac[1] formulou a teoria para cargas magnéticas. Ele resolveu o problema da representação em potenciais ao encontrar um potencial vetor que não era bem definido em todo o espaço mas que era capaz de descrever um monopolo magnético. Seu trabalho teve como consequência marcante a quantização da carga elétrica - fato experimental conhecido na época mas sem justificativa teórica.

Um dos trabalhos inspirados na proposta de Dirac foi o de Y. Nambu[2], em 1974. O seu modelo visava descrever os píons (mésons pi) por meio de um estado ligado entre quarks, que seriam portadores de carga magnética e interagiriam via um potencial que levava em conta a energia da própria *string* de ligação.

Objetivos

Calcular a energia do estado fundamental do estado ligado entre dois monopolos magnéticos de cargas opostas interagindo via um potencial inspirado no trabalho de Y. Nambu:

$$V_N(r) = \frac{g^2}{4\pi} \begin{cases} \mu^2(r - r_0) - \frac{e^{-\mu r}}{r}, & 0 \leq r \leq r_0 \\ -\frac{e^{-\mu r}}{r}, & r > r_0 \end{cases} \quad (1)$$

Contato

1. Departamento de Física – UFV (milena.bispo@ufv.br)
2. Departamento de Física – UFV (oswaldo.delcima@ufv.br)
3. Departamento de Física – UFV (daniel.azevedo@ufv.br)

Metodologia

Utilizamos o método variacional para estimar o valor da energia do estado fundamental do sistema, escolhendo uma função *ansatz* do tipo hidrogênio. Utilizamos o valor da carga magnética fundamental ($g = 10^{-8} A \cdot m$) e percorremos um limite de massas de interesse, de 0,1 GeV até 100 TeV, variando também a massa μ do bóson mediador. Os cálculos finais foram realizados utilizando o software MAPLE.

Resultados e Discussão

Os principais resultados são mostrados na Tabela 1. A energia do estado fundamental nesses casos se encontra na faixa de eV, o que além de ser a mesma ordem de grandeza da energia do estado fundamental do átomo de hidrogênio ($E_1 = -13,6 eV$) também reforça a validade do nosso tratamento não relativístico.

m_r (GeV)	μ (GeV)	λ (fm)	$\langle H \rangle$ (eV)	$\langle r \rangle$ (fm)
10^{-1}	$4 \cdot 10^{-3}$	$4,925 \cdot 10^1$	$-6,483 \cdot 10^0$	$6,126 \cdot 10^4$
	$2 \cdot 10^{-3}$	$9,850 \cdot 10^1$	$-5,953 \cdot 10^0$	$2,458 \cdot 10^5$
	$1 \cdot 10^{-3}$	$1,970 \cdot 10^2$	$-1,569 \cdot 10^0$	$9,849 \cdot 10^5$
10^0	$4 \cdot 10^{-2}$	$4,925 \cdot 10^0$	$-6,483 \cdot 10^1$	$6,126 \cdot 10^3$
	$2 \cdot 10^{-2}$	$9,850 \cdot 10^0$	$-5,953 \cdot 10^1$	$2,458 \cdot 10^4$
	$1 \cdot 10^{-2}$	$1,970 \cdot 10^1$	$-1,569 \cdot 10^1$	$9,849 \cdot 10^4$

Tabela 1: Valor esperado da energia do estado fundamental $\langle H \rangle$ e raio médio $\langle r \rangle$ para diferentes valores de massa reduzida m_r dos monopolos e massa μ do bóson de mediação.

Conclusões

As perspectivas futuras incluem utilizar os valores de massa dos quarks e dos léptons (excluindo os neutrinos) como as massas dos monopolos do nosso sistema, numa investigação da energia de ligação dessas partículas fundamentais por via dessa interação. Além disso, partiremos para a análise do problema em regime relativístico, para os valores de massa de ordem superior, nos valendo da formulação de Dirac.

Bibliografia

- [1] P. A. M. Dirac, "Quantised singularities in the electromagnetic field," Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, vol. 133, no. 821, 1931.
- [2] Y. Nambu, "Strings, monopolos, and gauge fields," Physical Review D, vol. 10, no. 12, 1974.

Agradecimentos

