XXII SICITE Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica 18,19 e 20 de Outubro de 2017 Londrina-PR

https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2017/index

Relatividade Restrita e calculo da energia de ligação nuclear

Ana Luiza Graciano Bossolani Buck
aluizagraciano@outlook.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Medianeira, Paraná, Brasil

Fabrício Tronco Dalmolin
ftdalmolin@gmail.com
Universidade Tecnológica Federal do Paraná,
Medianeira, Paraná, Brasil

RESUMO

OBJETIVO: Obter a fórmula de Einstein a partir da relatividade restrita e aplicá-la ao calculo da energia de ligação nuclear. **MÉTODOS:** Estudar a relatividade de Einstein e suas origens para compreender o novo significado de energia apresentado por ele. **RESULTADOS:** Aplicá-lo ao calculo da energia de ligação de núcleos. **CONCLUSÕES:** Pode se compreender a origem matemática da teoria da relatividade, como uma implicação da invariância de Lorentz, e os novos significados que grandezas clássicas, tais como o momento e a energica cinética passaram a ter após o desenvolvimento dessa teoria. Após isso a física dos núcleos pode ser melhor compreendida.

PALAVRAS-CHAVE: Relatividade Restrita. Energia Nuclear. Fissão e Fusão nuclear.

1. INTRODUÇÃO

Para Newton, tempo e espaço eram independentes e as transformações usuais para relacionar dois referenciais, inerciais ou não, eram dadas pela Transformação de Galileu, na qual o tempo era um observável que não se alterava para sistemas distintos.

À medida em que a tecnologia foi se desenvolvendo os problemas foram aparecendo, tempos entre diferentes referenciais eram medidos e dependiam da velocidade. Com a Teoria da Relatividade proposta por Einstein, em 1905, tal questão foi resolvida pela substituição da transformação de Galileu pela de Lorentz. De imediato com as novas transformações, vindas da teoria da relatividade especial, vimos que espaço e tempo, são quantidades relativas e suas medidas podem ser diferentes de acordo com o referencial que se mede, ao contrário do que se via na transformação de Galileu.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A famosa teoria da relatividade restrita nasceu a partir de estudos de questões relacionadas ao eletromagnetismo e às equações de Maxwell:

$$\nabla \cdot E = \frac{\rho}{\varepsilon o}$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times B = \mu o J + \mu o \varepsilon o \frac{\partial E}{\partial t}$$

Resolvidas longe de fontes ou corrente:

$$\nabla \cdot E = 0$$

$$\nabla \cdot B = 0$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times B = \mu o \varepsilon o \frac{\partial E}{\partial t}$$

Fazendo produto vetorial com Nabla nestas equações, temos:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \qquad (01)$$

$$\nabla \times \nabla \times E = -\frac{\partial(\nabla \times B)}{\partial t} \qquad (02)$$

$$\nabla \times B = \mu o \varepsilon o \frac{\partial E}{\partial t} \qquad (03)$$

$$\nabla \times \nabla \times B = \mu o \varepsilon o \frac{\partial(\nabla \times E)}{\partial t} \qquad (04)$$

Substituindo a equação (03) em (01):

$$\nabla \times \nabla \times E = -\mu o \varepsilon o \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \qquad (05)$$

Substituindo a identidade $\nabla \times (\nabla \times E) = -\nabla^2 E + \nabla (\nabla \cdot E)$, vimos que

$\nabla \cdot E = 0$, portanto, $\nabla \times (\nabla \times E) = -\nabla^2 E$, temos:

$$\nabla^2 E = \mu o \varepsilon o \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu o \varepsilon o}} = 2{,}99 * 10^8 \frac{m}{s} = \text{c}$$

O mesmo pode ser feito para o campo $\vec{B}$, e encontraremos o mesmo resultado.

Vamos aplicar as transformações de Galileu para outro referencial para testar a invariancia frente a equação da onda

A equação da onda como demostramos, é descrita por:

$$\nabla^2 f(\vec{r}, \text{t}) - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2(\vec{r}, \text{t})}{\partial t^2} = 0 \text{ , onde } \vec{r} = (x, y, z)$$

Aplicando a mudança de referenciais na equação da onda, obtemos:

$$\left(1 - \frac{V^2}{c^2}\right)\frac{\partial^2 f}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z'^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t'^2} + \frac{2V}{c^2}\frac{\partial}{\partial x'}\frac{\partial f}{\partial t'}$$

Podemos observar que a equação da onda é não covariante frente a transformações de Galileu

Somente em 1905, Albert Einsten propôs uma solução para o problema. Utilizando os dois postulados da relatividade é possível obter o coeficiente de Lorentz da relatividade especial.

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

As equações de transformações de coordenadas que atendem os postulados da relatividade especial e também as transformações inversas:

$$x' = \gamma(x - Vt)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{Vx}{c^2}\right)$$

Repetindo o processo para verificar a covariância da onda, agora com as tranformações de Lorentz

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y'^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z'^2} - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 f}{\partial t'^2} = 0$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As transformações de Lorentz permitem a covariancia da equação da onda.
Sendo assim algumas grandezas clássicas devem ser reescritas e reinterpretadas, tais como momento e energia.

$$\rho = \frac{1}{\gamma} m v$$

$$E = mc^2$$

Uma aplicação mais conhecida é a de liberação de energia durante o processo fissão, que pode ser explicada do ponto de vista da conservação da energia de massa. Durante o processo de fissão, há uma diminuição na massa do sistema. Portanto deve haver energia liberada igual ao equivalente de energia da massa perdida no processo. Este método é usando quando realmente calcula a energia liberada durante o processo de fissão. Calculando a fissão do Urânio:

Massa dos reagentes

^{235}U = 235,043924 u.m.

^{1}N = 1,008665 u.m.a

Massa dos produtos

^{93}Rb = 92,91699 u.m.a

^{140}Cs = 139,90910 u.m.a

3 ^{1}N = 3,02599 u.m.a

Resultando em uma diferença de 0,200509 u.m.a

Essa diferença de massa pode ser convertida em energia equivalente

$$Einstantanea = mc^2$$

$$E = 0{,}200509(u.m.a) * 931{,}5\ (\frac{MeV}{u.m.a})$$

$$E = 186{,}8\ MeV$$

4. CONCLUSÃO

Podemos compreender a origem matemática da teoria da relatividade, e assim melhor compreender a física nuclear e suas aplicações, que são muito importantes já que possui aplicação em várias áreas, como na militar, na medicina e na alimentação. E assim, aprofundar estudos para expandi-la mais.

Special relativity and nuclear binding energy

ABSTRACT

OBJECTIVE: To obtain Einstein's famous formula $E=mc^2$ from special relativity and to calculate the nuclear binding energy. **METHODS:** Theoretical methods. **RESULTS:** To improve the comprehension about Einstein's theory of special relativity and it's application in nuclear physics. **CONCLUSIONS:** It's possible to understand the mathematical origin of special theory of relativity as an implication of Lorentz's invariance as well as the new insights about classical quantities, such as momentum and kinetic energy. As a consequence, nuclear physics can be better understood.

KEYWORDS: Special Relativity. Nuclear energy. Nuclear Fission and Fusion.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Fabrício, pelo tempo que disponibilizou, e por todo conhecimento que me passou.

REFERÊNCIAS

Department of Energy Fundamentals Handbook. Nuclear Physics and Reactor Theory, Module 1. JANUARY 1993, p. 58-60. Disponível em: <https://energy.gov/sites/prod/files/2013/06/f2/h1019v1.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

Dalmolin, F. T. Física Contemporânea. Disponível na Internet via <http://www.md.utfpr.edu.br/professores/adm/download/apostilasx1/ftdalmolin112711.pdf>. Acesso em: 27 maio 2017.

Nussenzveig, H. M. Curso de Física Básica, Vol. 1. Ed. Edgar Blucher Ltda.

Recebido: 31 ago. 2017.

Aprovado: 02 out. 2017.

Como citar:

BUCK, A. L. G. B. et al. Relatividade Restrita e calculo da energia de ligação nuclear. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR, 22., 2017, Londrina. **Anais eletrônicos...** Londrina: UTFPR, 2017. Disponível em: <https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2017/index. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Ana Luiza Graciano Bossolani Buck

Avenida Brasil, 4232, Medianeira, Paraná, Brasil.