

Construção de uma Câmara de Wilson de baixo custo para detecção de partículas subatômicas

Borges, W. M. ^{1*}; Aragão, R.M.²; Buffon, L. O.³

¹ Licenciatura em Física, Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, ES, Brasil.

² Bacharelado em Física, Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, ES, Brasil.

³ Núcleo de Estruturação do Ensino de Física - NEEF. Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, ES, Brasil

* e-mail: wellington.m00@gmail.com

Resumo

Este artigo descreve a construção e a análise de funcionamento de uma versão simplificada da câmara de Wilson, um dispositivo utilizado para detectar partículas subatômicas por meio da visualização de rastros deixados em vapor supersaturado de álcool isopropílico. O experimento foi realizado com materiais de custo relativamente baixo, incluindo um pequeno aquário de vidro, gelo seco para resfriamento e uma amostra radioativa de amerício-241, como fonte de partículas alfa, comercialmente disponível em detectores de fumaça. O objetivo da realização do experimento foi a realização de uma atividade de extensão na área de Física. Os resultados demonstraram a capacidade da câmara de visualizar rastros característicos de diferentes partículas elementares, tais como as partículas alfa, emitidas pelo decaimento do amerício-241, que produziram rastros curtos e densos, e também múons produzidos por raios cósmicos, que geraram traços longos e retilíneos. A realização do experimento reforçou a importância de manter condições controladas, como vedação adequada e ambiente escuro, para melhorar a qualidade das observações. Como resultado pode-se concluir que a câmara de Wilson simplificada é uma ferramenta eficaz para estudos qualitativos de partículas elementares, tanto de origem radioativa quanto cósmica. As limitações observadas, como a necessidade de melhor vedação, sugerem possíveis aprimoramentos para futuras implementações.

Abstract

This article describes the construction and functional analysis of a simplified version of the Wilson chamber, a device used to detect subatomic particles by visualizing the tracks left in supersaturated isopropyl alcohol vapor. The experiment was carried out using relatively low-cost materials, including a small glass aquarium, dry ice for cooling, and a radioactive sample of americium-241 as an alpha particle source, commercially available in smoke detectors. The objective of the experiment was to conduct an outreach activity in the field of Physics. The results demonstrated the chamber's ability to visualize characteristic tracks of different elementary particles, such as alpha particles emitted by the decay of americium-241, which produced short and dense tracks, as well as muons produced by cosmic rays, which generated long and straight tracks. Conducting the experiment reinforced the importance of maintaining controlled conditions, such as proper sealing and a dark environment, to improve observation quality. As a result, it can be concluded that the simplified Wilson chamber is an effective tool for qualitative studies of elementary particles, both of radioactive and cosmic origin. The observed limitations, such as the need for better sealing, suggest possible improvements for future implementations.

Keywords (Palavras chaves):

Câmara de Wilson (Wilson Chamber), Ensino de Física Contemporânea (Teaching Contemporary Physics), Física de Partículas (Particle Physics).

1. Introdução

A câmara de Wilson, mostrada na Figura 1, também conhecida como câmara de nuvens, é um dispositivo de detecção de partículas elementares desenvolvido por Charles Thomson Rees Wilson (1869–1959), cuja contribuição foi reconhecida com o Prêmio Nobel de Física em 1927.

O equipamento foi criado por volta do ano de 1900 e consiste em um ambiente vedado com vapor supersaturado de água ou álcool próximo ao ponto de condensação. Assim que uma partícula elementar eletricamente carregada atravessa a região, o vapor é ionizado, causando a condensação ao longo da trajetória formando rastros. Com isso, a câmara de Wilson torna possível a detecção e visualização indireta de fenômenos subatômicos. [1]



Figura 1: Câmara de nuvens criada por Charles Thomson Rees Wilson
Fonte: Laboratório Cavendish

Este trabalho busca apresentar a construção e o funcionamento de uma versão simplificada da câmara de Wilson, utilizando materiais de custo relativamente baixo. Além disso, busca-se apresentar uma análise qualitativa dos rastros gerados na câmara por partículas emitidas a partir de uma amostra radioativa de amerício-241 e também do próprio ambiente.

2. Decaimento radioativo

Um núcleo atômico instável geralmente possui um desequilíbrio entre o número de prótons e de nêutrons e, para atingir o equilíbrio, ele pode sofrer o processo de decaimento radioativo emitindo radiação. Os decaimentos radioativos podem ser divididos em três tipos: alfa (núcleo de hélio ${}^4_2\text{He}$), beta (elétrons) e raios gama (radiação eletromagnética de alta frequência). Neste trabalho será usada a notação ${}_Z^AX$, sendo X o elemento, Z o número atômico (número de prótons) e A o número de massa (número de prótons e de nêutrons somados). [2]

Um núcleo que sofre um decaimento alfa, se transforma em um outro núcleo e emite uma partícula alfa. O amerício-241, por exemplo, decai no neptúnio-237, emitindo uma partícula alfa (α), que é o núcleo do átomo de Hélio conforme do esquema abaixo:



Nesse processo o neptúnio produzido encontra-se em um estado excitado e, para liberar o excesso de energia e se tornar mais estável, ele emite radiação eletromagnética na forma de raios gama, com energia em torno de 60 keV (quiloelétron-volts).

A emissão gama, ou transição gama, ocorre quando núcleos excitados decaem para níveis menos energéticos, emitindo nesse processo fótons de alta energia na faixa da radiação gama (frequências acima de 10^{19}Hz). [3]

O decaimento beta ocorre quando um núcleo atômico emite um elétron ou um pósitron. O pósitron é a antipartícula do elétron. Com base nisso, o decaimento beta é classificado em duas subcategorias: beta mais (β^+) e beta menos (β^-).

No decaimento beta positivo (β^+), ocorre a emissão de um pósitron (e^+) e de um neutrino eletrônico (ν_e), que é uma partícula muito leve associada ao elétron. Como exemplo temos:



Nesse processo, o flúor-18 decai em oxigênio-18, emitindo um pósitron e um neutrino do elétron.

Já no decaimento beta negativo (β^-), ocorre a emissão de um elétron (e^-) e de um antineutrino eletrônico ($\bar{\nu}_e$). O antineutrino eletrônico é a antipartícula do neutrino eletrônico. Como exemplo temos:



Ou seja, o carbono-14 decai em nitrogênio-14, emitindo um elétron e um antineutrino eletrônico.

3. Raios cósmicos

Os raios cósmicos são partículas energéticas, provenientes de eventos cósmicos, que viajam no espaço com velocidades próximas da velocidade da luz. Ao chegar na Terra, eles colidem com núcleos dos átomos da atmosfera dando origem a outras partículas, formando um "chuveiro" de partículas com uma energia menor, mostrados na Figura 2. Essas partículas originadas no universo são, em sua maior parte, prótons (89%) [4].

Uma partícula primária (raio cósmico), ao colidir com átomos e moléculas da atmosfera, gera uma sequência de novas partículas em cascata, tais como mésons (píons e káons), múons, fótons, elétrons, pósitrons, neutrinos, prótons e nêutrons. Esse processo é denominado de "chuveiro de raios cósmicos".

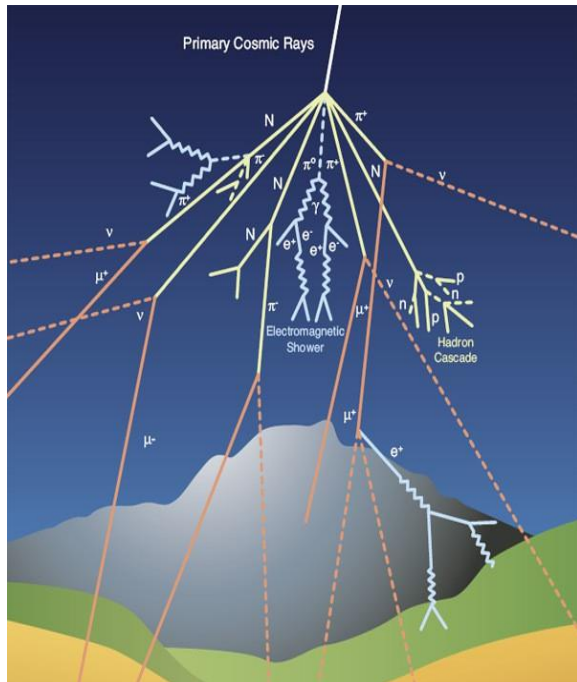


Figura 2: Chuveiro de partículas produzido pela colisão de um raio cósmico com átomos da atmosfera.
Fonte: CERN

De acordo com o CERN, a taxa de múons que atinge a superfície terrestre é de aproximadamente um múon por segundo em um volume referente a uma cabeça humana [4]. Essas partículas não interagem fortemente com a matéria, tem a massa cerca de 200 vezes a massa do elétron ($m_\mu = 105,7 \text{ MeV}/c^2$) e, devido os efeitos relativísticos, é comum encontrá-las a nível do mar.

4. Rastros de partículas

Na câmara de nuvens é possível detectar somente partículas carregadas, pois elas interagem com o vapor saturado, ionizando a região em que passa. Assim, o que torna possível a detecção de partículas na câmara de nuvens é a partícula ter carga e massa.

As partículas alfa, são compostas por dois prótons e dois nêutrons com uma massa de aproximadamente $3727,379 \text{ MeV}/c^2$. Essas partículas deixam pequenos rastros densos e curtos devido a sua massa e sua carga ($+2e$). Com isso, as partículas alfa movem-se mais devagar do que outras partículas, como o elétrons e o múon, e perdem energia rapidamente ao ionizar o vapor ao redor. [5][6]

Já as partículas como elétron e pósitrons deixam rastros finos e longos, mas apresentem deflexões mais acentuadas. Isso ocorre pois essas partículas tem massa muito menor que a das partículas alfa ($m_e = 0,511 \text{ MeV}/c^2$). Como os elétrons e os pósitrons são partículas leves, eles podem sofrer desvios ao colidir com o núcleo das moléculas do vapor supersaturado. Além disso, por possuírem carga de menor módulo ($\pm 1e$,

comparado a $+2e$ das partículas alfa), elétrons e pósitrons produzem menor densidade de ionização, o que resulta em rastros mais finos e longos

Na representação artística da Figura 3 é possível observar a diferença das trajetórias das partículas citadas (partícula alfa, elétron e muon) ao passar pelo vapor supersaturado.

Os múons e antimúons, muito semelhante aos elétrons e pósitrons, apresenta rastros longos e finos, entretanto os rastros são retilíneos, pois os múons apresentam massa mais de 200 vezes maior que a massa do elétron.

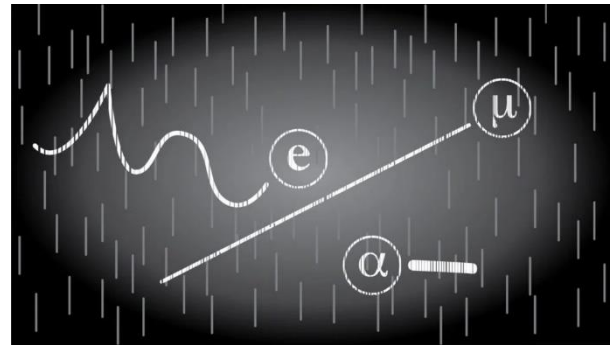


Figura 3: Ilustração do rastro do elétron, do múon e da partícula alfa em uma câmara de nuvens
Fonte: ELECTRICALIBRARY

Para identificar se o rastro é de partícula ou antipartícula é necessário aplicar um campo magnético na região da câmara de nuvens. De forma simplificada, o que diferencia a partícula da antipartícula é sua carga, por exemplo, os elétrons possuem carga negativa ($-1e$) e pósitrons positiva ($+1e$). Dessa forma, analisando a direção de deflexão e usando a regra da mão direita, é possível identificar se é uma partícula ou antipartícula.

5. Construção e montagem experimental da câmara de nuvens

A construção da câmara de nuvens foi realizada utilizando um recipiente de vidro como estrutura principal, uma chapa de aço posicionada na base, uma esponja umedecida com álcool 70% para a saturação do ambiente interno, gelo seco como fonte de resfriamento e plástico EVA para a vedação do sistema[7]. A amostra radioativa foi colocada na base da câmara, que posteriormente foi fechada e resfriada até ocorrer a saturação do vapor de álcool, conforme a Figura 4.

Com a câmara montada e estabilizada, iniciou-se a fase de observação dos eventos. Para a visualização dos rastros das partículas, foi utilizada uma lanterna de LED, posicionada lateralmente em relação ao recipiente, iluminando o interior de modo para destacar as trilhas no vapor de álcool.

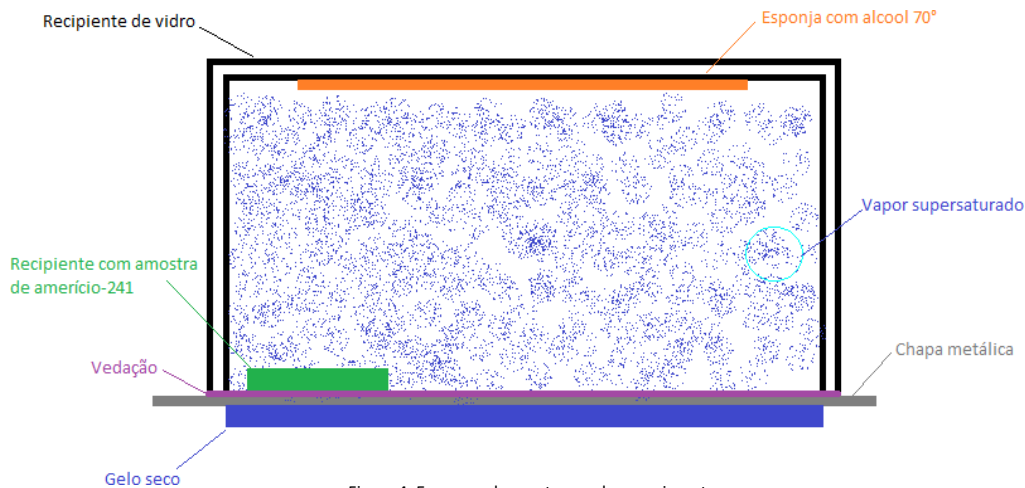


Figura 4: Esquema da montagem do experimento
Fonte: Os autores

6. Resultados e discussões

Assim que a câmara foi montada com a amostra de amerício-241, em um ambiente escuro, uma lanterna foi posicionada na lateral do vidro, e uma câmera foi utilizada para registrar os eventos. Locais com baixa luminosidade facilitam o registro do experimento. A luz da lanterna deve ser ajustada incidindo em um ângulo para permitir o registro de imagens.

Logo que o vapor interno começou a saturar foi possível ver alguns rastros pequenos na região próxima a amostra, indicados na Figura 5

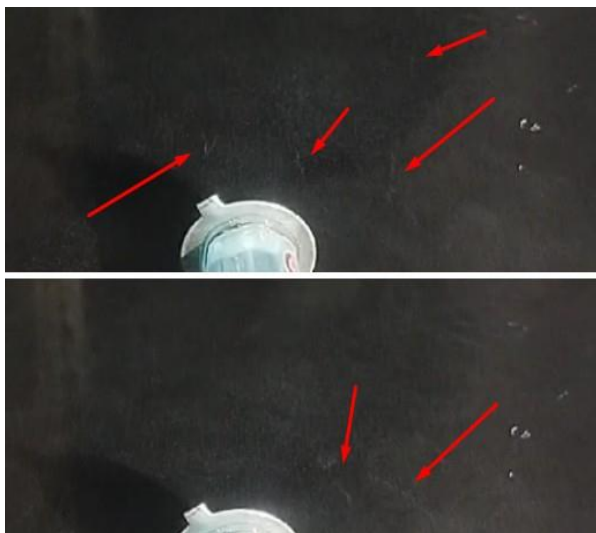


Figura 5: Registro dos rastros das partículas alfa
Fonte: Os autores

Pelo fato dos rastros registrados serem curtos e espessos, conforme observado de forma ampliada na Figura 6, e por terem sido produzidos quando utilizamos a amostra radioativa de amerício-241, que emite partículas alfa, podemos afirmar que esses rastros são produzidos por partículas alfas.



Figura 6: Ampliação do registro dos rastros das partículas alfa
Fonte: Os autores

Após alguns minutos registrando o experimento, foi possível detectar um rastro distinto dos registrados anteriormente. Próximo à região da amostra, observou-se um traço retilíneo e longo, com cerca de 5 cm de comprimento, conforme mostra a Figura 7.



Figura 7: Registro do rastro do múon
Fonte: Os autores

Esse registro apresenta um rastro característico de múon. Apesar da ionização ter sido registrada próxima à amostra, o múon não está relacionado ao decaimento do amerício-241, indicando ser uma partícula proveniente de raios cósmicos.

7. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo construir uma versão simplificada da câmara de Wilson para detectar partículas provenientes da fonte radioativa de amerício-241 e dos raios cósmicos.

O experimento permitiu que pudessem ser visualizados rastros pequenos de partículas alfa do decaimento radioativo da amostra, além de rastros mais longos, compatíveis com múons cósmicos.

Entre as limitações observadas, destaca-se a necessidade de uma vedação mais eficiente da câmara para evitar a dispersão do ar interno. Além disso, é recomendável realizar o experimento em um ambiente totalmente escuro, para que o registro das imagens seja mais nítido.

8. Referências

[1] DAS GUPTA, N. N.; GHOSH, S. K. A report on the Wilson Cloud Chamber and its applications in physics. *Reviews of Modern Physics*, New York, v. 18, n. 2, p. 225–365, 1946 **Artigos de periódicos** use o formato

[2] HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 4: Óptica e Física Moderna.

[3] EISBERG, R.; RESNICK, R. *Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas*. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1994.

[4] CERN. Cosmic rays: particles from outer space. [S. d.] Disponível em: <<https://home.cern/science/physics/cosmic-rays-particles-outer-space>> Acesso em: 21 abr. 2025

[5] Câmara de Wilson: o que é e como funciona. *Electrical e-Library*, 22 mar. 2024. Disponível em: <<https://www.electricalibrary.com/2024/03/22/camara-de-wilson-o-que-e-e-como-funciona/>> Acesso em: 26 abr. 2025

[6] A Câmara de Nuvens – ou Câmara de Wilson. Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <<https://seara.ufc.br/pt/sugestoes-para-feira-de-ciencias/sugestoes-de-fisica/projetos-especiais/a-camara-de-nuvs-ou-camara-de-wilson/>> Acesso em: 25 fev. 2024 BEDNORZ, J. G.; MÜLLER, K. A. *Z. Phys. B*, v. 64, p. 189-193, 1986.

[7] UFRGS. Câmara de Nuvem – Câmara de Wilson. *Acervo Museológico dos Físicos*, 01 nov. 2019. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/amlef/2019/11/01/camara-de-nuvem-camara-de-wilson/>>. Acesso em: 21 jun. 2025.