

O gerador electrostático e suas aplicações

PELO

Prof. Oscar Sala

Departamento de Física, Faculdade de Filosofia,
Ciências e Letras de São Paulo

A ideia do átomo indivisível perdeu sua significação na ciência quando Sir J. J. THOMSON mostrou que em todos os átomos existe um constituinte comum (o electron), de carga negativa e de massa cerca de 2.000 vezes menor que o átomo de hidrogénio.

Alguns anos depois Lord RUTHERFORD investigando o fenómeno de difusão das partículas alfa, emitidas por substâncias radioactivas, através de folhas metálicas extremamente delgadas, demonstrou que quase toda a massa dos átomos se acha concentrada numa região de diâmetro cerca de 10.000 vezes menor do que os diâmetros atômicos. A essa região central, em torno da qual se distribuem os electrons, deu o nome de núcleo.

Sabe-se hoje em dia que o núcleo é constituído por protons e neutrons ligados por uma energia cerca de um milhão de vezes maior que a energia de ligação dos electrons periféricos de um átomo. Em consequência, a estrutura do núcleo só pode ser investigada submetendo-o ao bombardeio de partículas de grande energia cinética (alguns milhões de electrons-volts) ⁽¹⁾, tais como as emitidas

(1) O electron-volt é uma unidade introduzida para a medida de energia; é precisamente a energia adquirida por um electron acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt. Para termos uma noção da ordem de grandeza dessa unidade basta lembrarmos que a energia libertada nas reacções químicas é da ordem de alguns electrons-volts.

por processos radioactivos e as (protons, deuterons, núcleos de He, electrons, etc.), aceleradas pelas modernas máquinas para a desintegração nuclear.

Bombardeando os núcleos atômicos com estas partículas de grande energia, pode-se observar como as mesmas são desviadas sob o efeito das forças nucleares ou como são absorvidas, aumentando assim a energia do núcleo, e como este se liberta dessa enorme energia de excitação.

O ACCELERADOR ELECTROSTÁTICO

Conhecem-se hoje cerca de uma dezena de instrumentos diferentes destinados à aceleração de partículas. Entre esses aceleradores, o que apresenta maiores vantagens, constituindo mesmo o aparelho mais importante para o estudo do núcleo na região de energias até cerca de 10 milhões de electrons-volts, é o acelerador electrostático VAN DE GRAAFF. Este aparelho apresenta consideráveis vantagens sobre os demais, merecendo especial menção a grande homogeneidade da energia das partículas aceleradas, a grande intensidade do feixe produzido, uma ausência quase total de radiação de fundo (que tende sempre a confundir os resultados e introduzir erros nas experiências) e a possibilidade de variar a energia do feixe de partículas de uma maneira contínua. Infelizmente, a energia máxima que pode ser obtida com um acelerador dessa natureza, de dimensões razoáveis, é limitada a cerca de dez milhões de electrons-volts.

O princípio de funcionamento do gerador electrostático é extremamente simples e foi desenvolvido em 1931 por VAN DE GRAAFF (1).

A máquina consiste essencialmente (fig. 1) em uma esfera metálica oca suportada convenientemente no alto de uma coluna isolante. Uma correia em movimento, de material também isolante, transporta cargas, de maneira contínua, entre a terra e o terminal de alta tensão. A colecção das cargas é feita utilizando-se um pente de aço colocado no interior da esfera metálica oca onde o campo é nulo (1),

(1) Em virtude de um conhecido teorema de electrostática, a carga depositada no pente escoá para a superfície externa da esfera e o campo no interior é nulo.

de maneira que a deposição e colecção das cargas é independente da voltagem no terminal de alta tensão.

A deposição de cargas é feita estabelecendo-se uma diferença de potencial de alguns kilovolts entre o pente de carga e a correia de transporte.

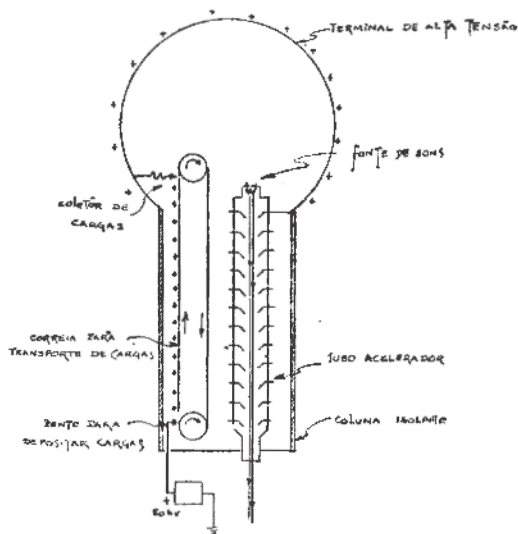


Fig. 1

A voltagem máxima que se pode obter é limitada, unicamente pela qualidade dos isolantes e pelo efeito corona. À medida que a carga é transportada ao terminal de alta tensão, a voltagem aumenta segundo a lei:

$$\frac{dV}{dt} = i/C$$

onde i é a corrente total colectada na esfera e C a capacidade da esfera em relação à terra.

O gerador opera numa voltagem de equilibrio em que a corrente transferida pela correia é igual à corrente de carga; essa voltagem

de equilíbrio pode ser variada controlando-se ou a corrente transferida pela correia ou a de carga externa.

Devido principalmente ao efeito corona, as dimensões de um gerador dessa natureza para tensões elevadas (2 ou 3 milhões de volts) seriam enormes. A experiência mostra, no entanto, que se pode diminuir o efeito corona construindo-se o equipamento no interior de um tanque cheio de ar, sob pressão elevada.

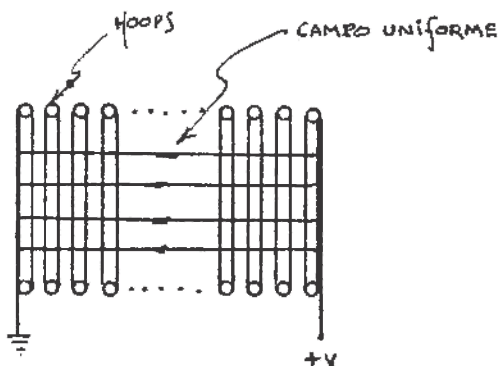


Fig. 2

HERB e seus colaboradores (2) (em Wisconsin) construíram um aparelho dessa natureza trabalhando sob pressão de 7 atmosferas. Mostraram, também, que potenciais mais elevados podiam ser obtidos introduzindo na câmara de pressão uma pequena percentagem de freon ($\text{C Cl}_2 \text{ F}_2$). Contribui, ainda, para a diminuição do efeito corona, assim como das correntes de perda nos isolantes, a uniformidade do campo no espaço ocupado pelas partes componentes do gerador — suportes isolantes, correia para transporte de cargas e tubos aceleradores; para se conseguir essa uniformidade é utilizada uma série de anéis metálicos (*hoops*) isolados entre si e dispostos segundo a maneira indicada na fig. 2. Outro melhoramento adicional foi conseguido pelo emprego de três esferas concêntricas em lugar de uma única na alta tensão.

Com estes aperfeiçoamentos, HERB e seus colaboradores obtiveram, com uma máquina de dimensões modestas, 4,5 milhões de volts, tensão máxima até hoje atingida com equipamentos dessa natureza.

O acelerador electrostático em construção no Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, é também do tipo de alta pressão e horizontal, como o de Wisconsin (3) (fig. 3); esse aparelho permitirá atingir uma tensão máxima de cerca de 4 milhões de volts. Alguns melhoramen-

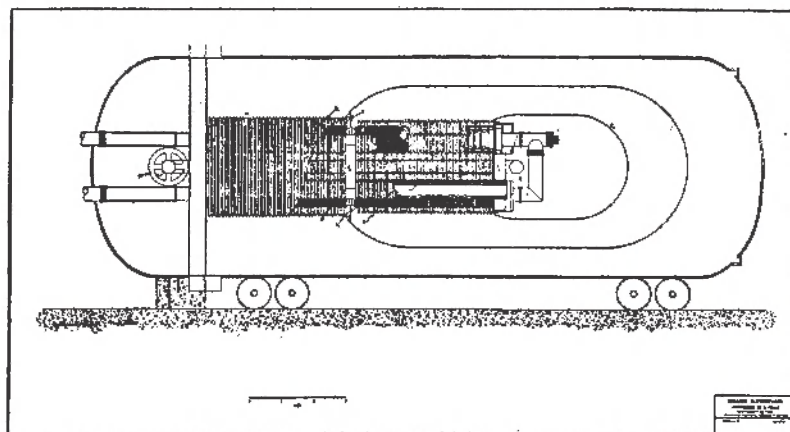


Fig. 3

tos serão introduzidos neste acelerador de maneira a se obter melhor regulação de voltagem, bem como correntes mais intensas no feixe e maior homogeneidade na energia das partículas do feixe, possibilitando assim estender consideravelmente o campo de investigação com aparelhos dessa natureza.

A IMPORTÂNCIA DOS ACELERADORES ELECTROSTÁTICOS

Os aceleradores electrostáticos ocupam posição única nas experiências em que são requeridas medidas de alta precisão. Sua importância na física nuclear pode ser melhor apreciada pelo enorme interesse de alguns trabalhos já realizados com o auxílio de aceleradores dessa natureza e pelo grande número destes instrumentos ora em construção nos mais avançados centros de pesquisas.

Como primeiro exemplo citaremos os trabalhos de TUVE, HAFSTAD, HEYDENBURG (4) e HERB, KERST, PARKINSON e PLAIN (5) sobre a difusão de protons por protons. Devido à precisão com que puderam ser feitas estas medidas (incidentalmente são até hoje os trabalhos mais precisos neste assunto) pôde-se mostrar que o desvio experimental da conhecida fórmula de MOTT para difusão de partículas carregadas, pode ser explicado como devido a uma força atractiva de curto alcance ($\sim 10^{-13}$ cm.) que se superpõe à força repulsiva coulomb na qual a fórmula de MOTT é baseada.

Estas experiências constituem a primeira prova convincente da existência de forças atractivas de curto alcance responsáveis pela ligação dos neutrons e protons para a formação do núcleo.

Trabalhos recentes sobre o fenómeno da ressonância, feitos na Universidade de Wisconsin por SCHOEMAKER e BENDER (6), mostram, pela primeira vez, o efeito de interferência entre os protons difundidos pelo potencial nuclear e os protons difundidos pela acção de um nível de ressonância nuclear no alumínio em 985 Kev.

Utilizando um feixe de protons extremamente homogéneo, HERB, SNOWDON e SALA (7) puderam determinar com precisão as energias do limiar de certas reacções nucleares e de certos níveis agudos de ressonância.

Dada a elevada precisão dessas determinações, servem elas de padrão de referência para calibração de outros aceleradores. Esta calibração é de grande importância pois a determinação de certas relações fundamentais, como a diferença de massa entre o neutron e o proton, dependem criticamente da precisão com que se conhecem as energias das partículas envolvidas.

O acelerador electrostático é ainda de importância única onde são necessárias fontes intensas de neutrons monocromáticos e de energia controlável.

ADAIR, BARSCHALL, BOCKELMAN e SALA (8), utilizando o acelerador electrostático de Wisconsin para produção de neutrons, estudaram a variação das secções de choque dos neutrons em vários elementos variando a energia desses neutrons de 30 Kev a 1 Mev.

Estes estudos fornecem informações sobre a distribuição dos níveis de energia nos núcleos, contribuindo assim com enorme e

preciso material experimental para uma teoria estatística do núcleo atômico.

Um aparelho dessa natureza pode ainda ser utilizado para a produção de isótopos radioactivos cujo interesse é enorme tanto em pesquisas na física nuclear como nas várias aplicações em biologia, agricultura, metalurgia, etc.

BIBLIOGRAFIA

- (1) R. J. VAN DE GRAAFF — *Phys. Rev.* **38**, 1919 (1931).
- (2) R. G. HERB, C. TURNER, C. HUDSON e R. WARREN — *Phys. Rev.* **53**, 579 (1940).
- (3) O. SALA e R. G. HERB — Boletim da *American Physical Society* — Madison Meeting — N.º 4 Vol. 23.
- (4) TUVE, HEYDENBERG e HAFSTAD — *Phys. Rev.* **50**, 807 (1936).
- (5) HERB, KERST, PARKINSON e PLAIN — *Phys. Rev.* **55**, 998 (1939).
- (6) Em impressão na *Phys. Rev.* (1949).
- (7) *Phys. Rev.* **75**, 246 (1949).
- (8) Em impressão na *Phys. Rev.* (1949) e ANL — 4175.

