

O gerador eletrostático e suas aplicações

OSCAR SALA

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

A idéia de átomo indivisível perdeu sua significação na ciência quando Sir J. J. Thomson mostrou que em todos os átomos existe um constituinte comum (o elétron), de carga negativa e de massa cerca de 2000 vezes menor que o átomo de hidrogênio.

Alguns anos depois Lord Rutherford investigando o fenômeno de difusão das partículas alfa, emitidas por substâncias radioativas, através de folhas metálicas extremamente delgadas, demonstrou que quasi toda a massa dos átomos acha-se 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 elétrons, 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 elétrons 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 elétron-volts*) tais como as emitidas por processos radioativos e as (protons, deutrons, núcleos de He, elétrons, 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 êste se liberta dessa enorme energia de excitação.

O acelerador eletrostático.

Conhecem-se hoje cerca de uma dezena de instrumentos diferentes destinados à aceleração de partículas. Entre êsses aceleradores, o que apresenta maiores vantagens, constituindo mesmo o aparelho mais impor-

(*) O elétron-volt é uma unidade introduzida para a medida de energia; é precisamente a energia adquirida por um elétron 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 reações químicas é da ordem de alguns elétrons volts.

tante para o estudo do núcleo na região de energias até cerca de 10 milhões de elétron-volts, é o acelerador eletrostático 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 elétron volts.

O princípio de funcionamento do gerador eletrostático é extremamente simples e foi desenvolvido em 1931 por Van de Graaff (1).

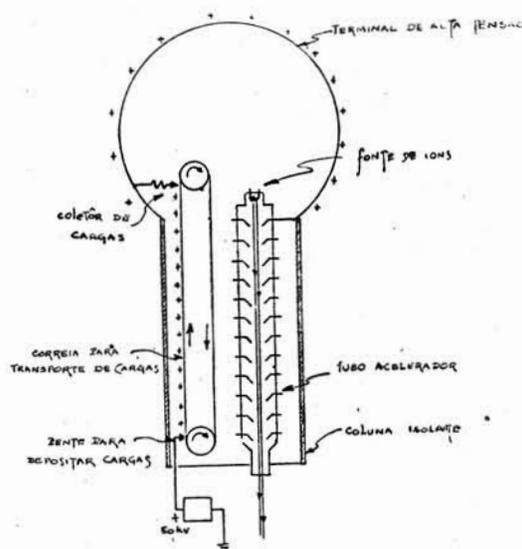


Fig. 1

A máquina consiste essencialmente (fig. 1) de 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 coleção das cargas é feita utilizando-se um pente de aço colocado no

interior da esfera metálica oca onde o campo é nulo (*), de maneira que a deposição e coleção 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.

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 equilíbrio 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.

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 porcentagem 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

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

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 adi-

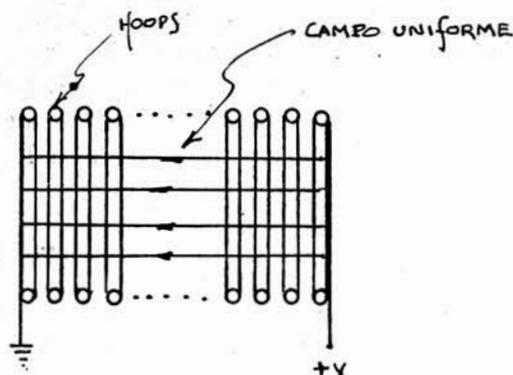


FIG. 2

cional 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 eletrostático 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 melhoramentos 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 Eletrostáticos

Os aceleradores eletrostáticos 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 prótons por prótons. Devido a 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 explicada como devido a uma força atrativa 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 atrativas de curto alcance responsáveis pela ligação dos nêutrons e prótons para a formação do núcleo.

Trabalhos recentes sobre o fenômeno da ressonância, feitos na Universidade de Wisconsin por Schoemaker e Bender (6), mostram, pela primeira vez, o efeito de interferência entre os prótons difundidos pelo potencial nuclear e os prótons difundidos pela ação de um nível de ressonância nuclear no alumínio em 985 Kev.

Utilizando um feixe de prótons extremamente homogêneo, Herb, Snowdon e Sala (7) puderam determinar com precisão as energias do limiar de certas reações 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 fundamen-

Um aparelho dessa natureza pode ainda ser utilizado para a produção de isótopos radioativos cujo interesse é enorme tanto

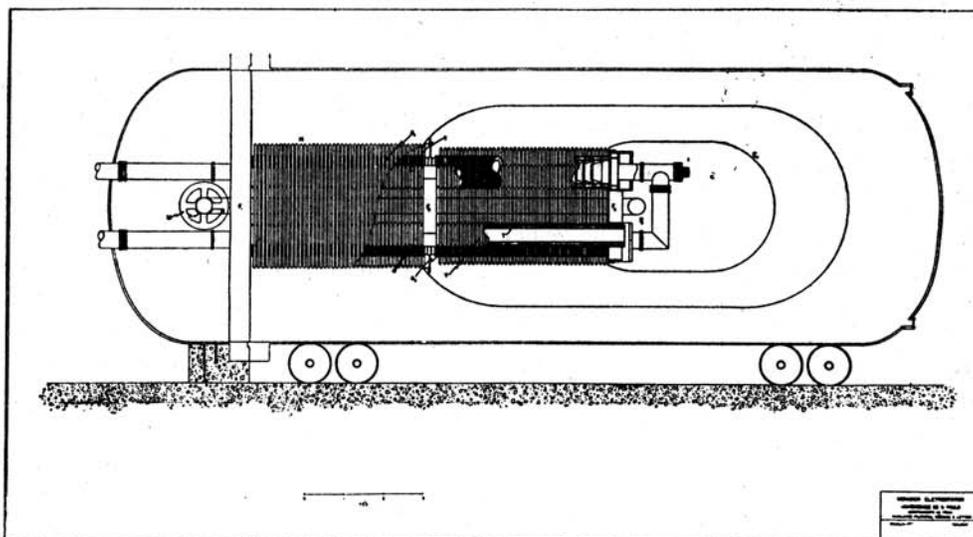


Fig. 3

tais, 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 eletrostático 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 eletrostático 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.

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° 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.