

UM NOVO ANALISADOR DE VELOCIDADES DE ELÉTRONS DE ENERGIA  
INTERMEDIÁRIA (0,1-3,0 keV)

G.G. Bezerra de Souza, H.M. Boechat Roberty  
Instituto de Química, UFRJ  
Laboratório de Impacto de Elétrons  
Centro de Tecnologia, Bloco A - 6º andar  
Ilha do Fundão, 21910, Rio de Janeiro - RJ

Construiu-se um analisador de elétrons do tipo Filtro de Wien que faz uso de campos eletrostático e magnético cruzados, para selecionar velocidades de elétrons. Elétrons com velocidade igual a razão entre os campos ( $v=E/B$ ) passam pela região sem sofrerem desvios e aqueles cujas velocidades são diferentes, são defletidos proporcionalmente. Nos testes preliminares efetuados obteve-se uma resolução em energia aproximadamente 1 eV para elétrons de 1000 eV.

Analisador de velocidades de elétrons, espectroscopia por impacto de elétrons.

INTRODUÇÃO:

Desenvolve-se no Instituto de Química da UFRJ um programa que visa a obtenção de dados, experimentais e teóricos, relacionados com a colisão de elétrons de energia intermediária (0,5-3,0 keV) com moléculas. Com esta finalidade construiu-se um Espectrômetro (1,2) que possibilita a aquisição de espectros de Perda de Elétrons bem como a medida da seção de choque e da força do oscilador para diversos processos, tais como a excitação de elétrons de camadas de valência, camadas internas, etc. (3,4). A resolução em energia deste aparelho é, entretanto, limitada pela meia largura de energia intrínseca, do feixe de elétrons que incide sobre a amostra e que é da ordem de 0,5 eV. Para possibilitar a resolução da estrutura vibracional associada às diversas transições eletrônicas bem como o estudo da excitação vibracional pura de moléculas através do impacto de elétrons torna-se indis-

pensável o acoplamento, ao espectrômetro, de um monocromador de velocidades de elétrons (5).

Para isto, construiu-se um analisador de velocidades de elétrons do tipo Filtro de Wien, objetivando utilizá-lo como monocromador, inserindo-o antes da região de colisão para selecionar uma estreita faixa de energia dos elétrons provenientes da fonte termiônica, isto é, do canhão de elétrons.

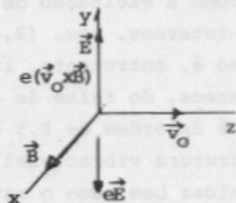
O princípio do Filtro de Wien ou analisador de campos cruzados, é bem conhecido e foi primeiramente empregado por Wien (6), nos estudos de descargas elétricas. Desde então, tem sido usado por vários pesquisadores (7-13), e em 1964, Boersch (9) introduziu o Filtro de Wien para obtenção de espectros de alta resolução.

A nossa escolha deste tipo de analisador, foi devido as vantagens apresentadas por este, tais como possuir a trajetória central reta, permitindo um alinhamento mais simples que sistemas com eixos curvos e além de ser o analisador que apresentou, de acordo com a literatura, a mais alta resolução, não tendo ainda sido utilizado na faixa de energia em que trabalhamos.

#### TEORIA:

O Filtro de Wien consiste de campos eletrostático  $\vec{E}$  e magnético  $\vec{B}$  cruzados sobre um certo comprimento  $L$ . Os elétrons penetram nesta região com velocidade  $\vec{v}$ , perpendicularmente a ambos os campos (ver figura 1). A região de campos cruzados fica entre duas lentes eletrostáticas, uma com a função de desacelerar os elétrons antes de serem analisados e a outra com a função de recelerá-los à energia inicial.

Fig. 1. Representação dos campos e das forças em sistema cartesiano.



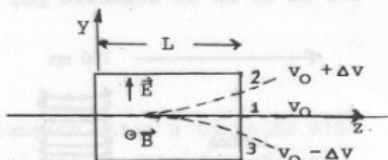
Os elétrons que penetram na região de campos cruzados com velocidade  $\vec{v}$ , na direção  $z$ , sofrerão ação de uma força

$$\vec{F} = e (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (1)$$

onde  $e$  é a carga do elétron. De acordo com a figura 1, esta força atua na direção  $y$ , isto é, em um plano perpendicular ao campo magnético  $\vec{B}$  e o movimento dos elétrons pode então ser descrito no plano  $y$ - $z$ . Elétrons que entram no eixo do analisador com velocidade  $\vec{v}_0$ , tal que as forças elétrica e magnética sejam iguais e opostas ( $\vec{E} + \vec{v}_0 \times \vec{B} = 0$ ), deslocam-se através dos campos sem sofrerem deflexão (figura 2, trajetória 1), e elétrons com velocidades diferentes de  $\vec{v}_0$  são desviados (trajetória 2 e 3) e seus movimentos podem ser descritos

$$\vec{F} = e(\vec{v} - \vec{v}_0) \times \vec{B} = e \Delta \vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

Fig. 2. Representação esquemática da dispersão no filtro de Wien.



Isto equivale a uma mudança para um sistema de referência que se move uniformemente com velocidade  $\vec{v}_0$ . Neste referencial os elétrons descrevem círculos de raio.

$$r = \frac{m \Delta v}{eB} \quad (3)$$

com uma frequência angular  $\omega = eB/m$ , que independe das condições de entrada na região. Pode-se demonstrar (14) que a relação de dispersão do analisador é dada por

$$y = 2 \frac{L}{v_0} \frac{\Delta v}{v_0} \quad (4)$$

onde  $L$  é o comprimento do analisador. Colocando-se (4) em termos da energia cinética  $eU$ , onde  $eU_0 = \frac{1}{2} m v_0^2$ , temos

$$y = \frac{L}{v_0} \frac{4U}{U_0} \quad (5)$$

## MONTAGEM EXPERIMENTAL:

Com base nas equações descritas na seção anterior foi projetado e construído um protótipo deste tipo de analisador de velocidades de elétrons (ver figura 3).

O analisador pode ser dividido em 3 unidades: a desaceleradora, a dispersiva e a aceleradora. As unidades desaceleradora e aceleradora são constituídas por cilindros nos quais são aplicados campos eletrostáticos. A região dispersiva é constituída por duas placas paralelas de 14 mm de comprimento por 5 mm de largura, espaçadas de 4 mm, onde é aplicado o campo eletrostático. Estas placas estão por sua vez, no interior de um toróide no qual estão enroladas 4.000 espiras que produzem um campo magnético homogêneo. Todo este conjunto está fixado em um cilindro de nylon de 30 mm de diâmetro por 100 mm de comprimento.

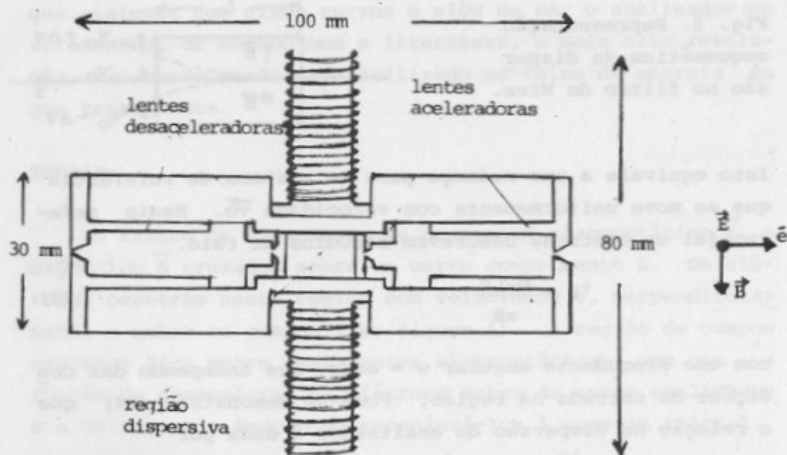


Figura 3. Analisador Filtro de Wien

Para ser testado, o analisador foi acoplado a uma câmara de vácuo de forma cilíndrica, de 100 mm de diâmetro interno para 225 mm de altura. O vácuo no interior da câmara é obtido por uma bomba mecânica da Welch acoplada a uma bom

ba de difusão Varian, modelo VHS-6. O sistema de vácuo conta ainda com uma armadilha (trap) de nitrogênio líquido e de um sistema de proteção para casos de diminuição excessiva na vazão da água de refrigeração da bomba de difusão. Este sistema atinge o limite de pressão de  $2,0 \times 10^{-7}$  torr em aproximadamente 1 hora e meia.

A fonte de elétrons é um canhão do tipo Glancing Incidence da Varian, modelo 981-2454, controlado pelo módulo Electron Gun Power, modelo 981-2145 e por um divisor de tensões, construído em nosso laboratório.

Como o campo magnético terrestre perturba a trajetória dos elétrons dentro da câmara, é importante atenuá-lo. Esta blindagem foi conseguida através de um conjunto de bobinas de Helmholtz (15). O campo magnético residual na região do analisador, é desta forma atenuada para aproximadamente 5 mG.

#### RESULTADOS:

A fim de facilitar o alinhamento entre a fonte de elétrons e o analisador construiu-se uma peça para posicionamento em x e y do canhão, que possibilita um alinhamento desejado.

Nos testes preliminares com o analisador, o feixe de elétrons foi mantido em uma corrente de aproximadamente 20  $\mu$  A e em uma energia de 1000 eV, conseguindo-se uma resolução de aproximadamente 1 eV.

#### CONCLUSÕES:

Mostramos neste trabalho a possibilidade de obtenção de resolução de aproximadamente 1 eV para energias incidentes de 1 keV, a partir de um analisador de velocidades de elétrons do tipo Filtro de Wien. Trabalhos visando a resolução deste analisador e sua utilização na monocromatização de elétrons, acham-se em andamento em nosso laboratório.

## AGRADECIMENTOS:

Ao Frederico C. Pontes pela construção do divisor de tensões e aos mecânicos da oficina do Instituto de Química, pela execução dos componentes mecânicos do sistema.

À FINEP, CNPq, Fundação José Bonifácio e ao Conselho de Ensino para Graduados e Pesquisa da UFRJ, pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS:

1. G.G.B. Souza, e A.C.A. e Souza, 19 Congresso Brasileiro de Aplicação de Vácuo na Indústria e na Ciência, Rio de Janeiro, (1980).
2. G.G.B. Souza, A.C.A. e Souza, XII International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions Gatlinburg, Tennessee, USA, (1981).
3. G.G.B. Souza, A.C.A. e Souza, 33<sup>a</sup> Reunião Anual da SBPC, 1981.
4. G.G.B. Souza, A.C.A. e Souza, R.B. Faria, I Encontro de Química-Regional, Rio, SBQ/UFRJ, 1982.
5. H.S.W., Massey, E.H.S. Burhop, H.B. Gilbody, "Electronic and Ionic Impact Phenomena" Vol. I, Oxford, at the Clarendon Press, 1969.
6. W. Wien, Ann. Physik 8 (1902) 260.
7. L. Wahlin, Nucl. Instr. and Meth. 27 (1964) 55.
8. H. Boersch, J. Geiger, H. Hellwig, Phys. Lett. 3 (1962) 64.
9. H. Boersch, J. Geiger, W. Stickel, Z. Physik 180 (1964) 415.
10. W.H.J. Andersen, J.B. Le Poole, J. Phys. E 3 (1970) 121.
11. G.H. Curtis, J. Silcox, Rev. Scie. Instr. 42 (1971).
12. K.W. Olgivie, R.I. Kittredge, T.D. Wilkerson, Rev. Sci. Instr. 39 (1968) 459.

13. R.L. Seliger, J. Appl. Phys. 43 (1972) 2352.
14. R.A. Bonham, M. Fink, "High Energy Electron Scattering" Van Nostrand Reinold Company, N.Y. (1974).
15. A.H. Firester, Rev. Scie. Instr. 37 (1966) 1264.

# LEVE FÍSICA DA SIDA - EXPERIMENTOS DE FÍSICA

EXPERIMENTOS - No. 1000, SIDA 221 - NO - 2000

Os métodos utilizados na separação eficiente de  
químico, no processamento de materiais de origem,  
filtragem é visto através dos dois métodos  
sendo grande o seu impacto em todo o mundo.

Exemplo, filtragem é visto.

1- INTRODUÇÃO - No processamento de materiais de origem, a filtragem  
por filtragem, baseada a ser final, uma etapa de separação entre o  
líquido e o sólido contendo o líquido. Os métodos usados nesta separação  
são vários e a escolha entre eles depende, sobretudo, do material a  
ser separado e de alguns aspectos estruturais. Entre os aspectos mais  
importantes, pode-se citar a granulometria e a distribuição granulométrica,  
a natureza e a forma dos sólidos, a eficiência da filtragem. Levando  
em conta a natureza e a natureza dos materiais, os filtros são "divididos" por  
tamanho. Estruturalmente, além do investimento, consideramos o  
custo de manutenção e a separação, entre outros fatores, o  
preço e a capacidade de separação, a natureza e a natureza dos  
tipos de filtros.

Como sabemos que a filtragem é vista é utilizada em várias etapas  
do processamento de origem, onde operamos com granulometria e  
com sólido-líquido não homogêneos. Portanto, devemos definir a separação  
que ocorre através dos métodos de separação de origem.

1. A separação de origem através de métodos de filtragem de origem