

## UM NOVO ANALISADOR MÖLLENSTEDT PARA ELETRONS DE ENERGIA MÉDIA (500 eV – 3 keV)

Eduardo M. A. Peixoto, G. Gerson B. de Souza\* e Maria do Carmo A. Santos

Departamento de Química Fundamental  
 Instituto de Química da Universidade de São Paulo, C. Postal 20.780,  
 São Paulo – S. P. – Brasil.  
 (Recebido em 7/02/79)

Analísadores<sup>1</sup> de elétrons são de grande importância em espectroscopia de elétrons. Em experiências de espalhamento de elétrons de energia média ou baixa (<100 eV), os analisadores mais empregados até então têm sido de placas paralelas, cilíndricos (especialmente em espectroscopia AUGER e ESCA), hemisféricos e de retardo. Para a análise de elétrons de energia alta (> 40 eV) além destes, tem sido utilizado também os filtros de Wien<sup>2,3</sup> e o analisador Möllenstedt<sup>4,5</sup>. Destes, o analisador Möllenstedt oferece, antes de mais nada, um atrativo particular devido à sua simplicidade de construção. No entanto, até então, as aplicações do analisador Möllenstedt restringiam-se a elétrons de energia alta. Porém, uma análise cuidadosa da teoria<sup>6</sup> relevante, indicou-nos que a utilidade deste analisador não deveria ser, em princípio, restringida à análise de elétrons de alta energia. Desta forma, descrevemos<sup>7</sup> a construção do primeiro analisador Möllenstedt descrito na literatura desenhado para operar com elétrons de energia inferior a 3 keV.

O nosso analisador Möllenstedt consiste essencialmente de um conjunto de três eletrodos paralelos como mostramos esquematicamente na Fig. 1. Assim, como no caso de uma lente unipotencial, os eletrodos externos são mantidos num mesmo potencial, geralmente em terra, enquanto que o eletrodo central é mantido inicialmente a um potencial próximo ao utilizado para aceleração do feixe primário de elétrons.

Os eletrodos externos foram construídos de latão e o central de aço inoxidável não magnético. Os eletrodos estão apoiados e isolados por um suporte de Nylon e Teflon, que mostraram-se adequados para este tipo de trabalho a pressões da ordem de  $10^{-7}$  bar e a temperatura ambiente. O analisador utiliza um par de orifícios para melhor definir o ângulo sólido de entrada dos elétrons, além de permitir a utilização de um pequeno volume de colisão e a redução do número de elétrons secundários que atingem o interior do analisador. Estas características são extremamente importantes quando deseja-se obter uma relação sinal/ruído alta. Os dois orifícios utilizados tinham diâmetros internos de 200  $\mu\text{m}$  e 400  $\mu\text{m}$ , definindo um ângulo de aproximadamente  $\sim 1,4^\circ$ . Em nossas experiências o volume de colisão foi de aproximadamente 1  $\text{mm}^3$  e todos os eletrodos externos e suporte de orifícios foram recobertos com grafite coloidal.

As características do analisador Möllenstedt, tais como resolução e dispersão dependem criticamente dos parâmetros geométricos. Para trabalhar com elétrons com energia < 3 keV, as seguintes relações geométricas foram utilizadas no nosso analisador:

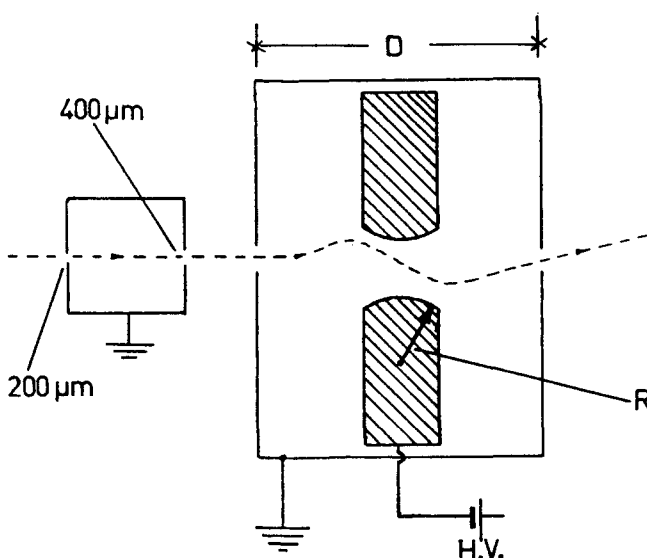


Fig. 1- Diagrama de um Analisador Möllenstedt para elétrons de energia média e baixa.

- 1 – Sendo D a distância entre os eletrodos em terra, então, o raio R de cada eletrodo central deve situar-se no intervalo de  $0,2-0,25D$ ;
- 2 – Para o eletrodo central, a razão C entre a distância que separa as suas duas partes e o dobro do raio do eletrodo, deve ser  $C \approx 0,1$ . Desta forma a separação entre as partes do eletrodo central situa-se no intervalo de  $0,05-0,1D$ .

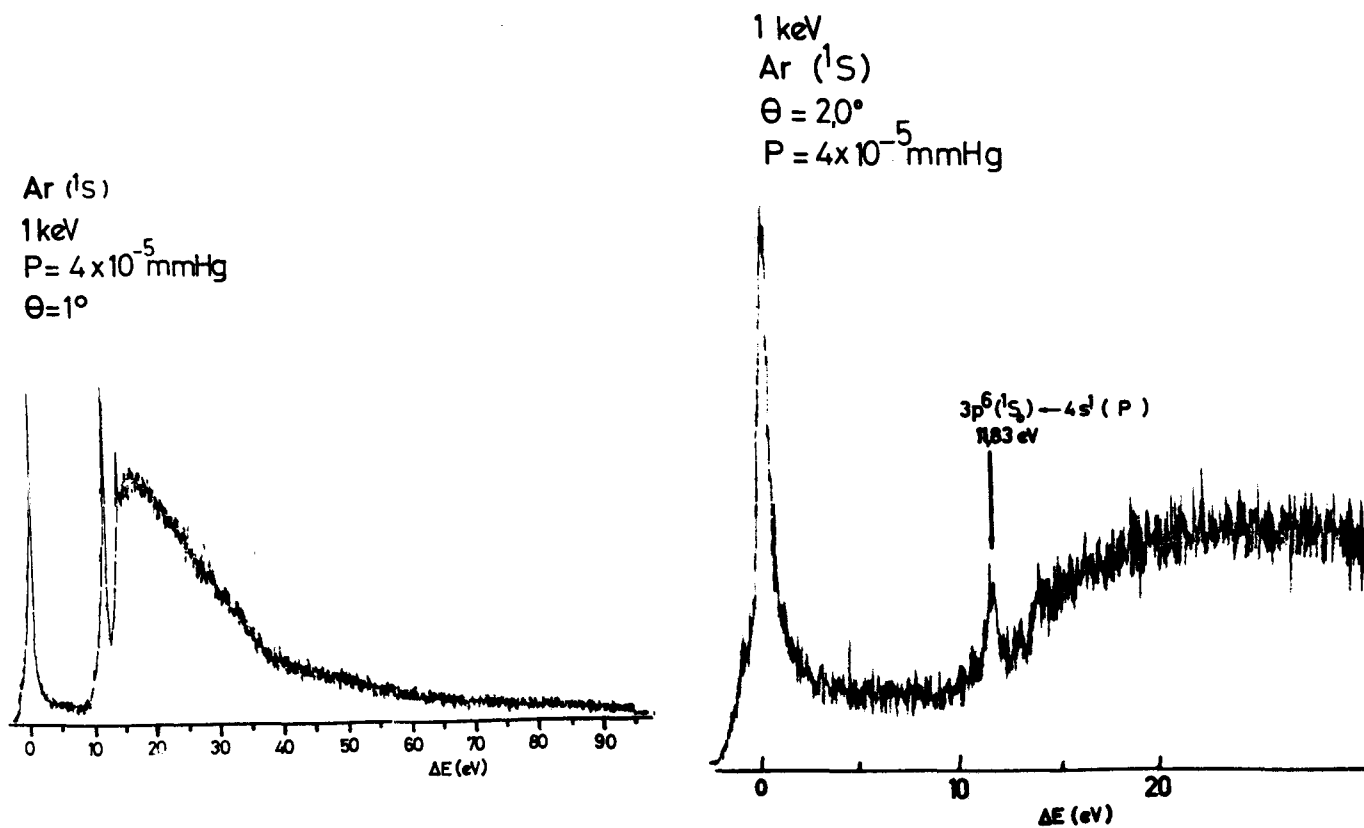


Fig. 2- Espectro eletrônico de  $\text{Ar}(^1\text{S})$  obtidos por espectroscopia de impacto de elétrons com um analisador Mollenstedt.

Seguindo estas restrições básicas, os seguintes parâmetros foram utilizados na construção do nosso analisador:  $D=60\text{mm}$ ,  $R=12\text{mm}$ , e a distância entre as duas partes do eletrodo central foi de  $3\text{mm}$  (isto é,  $C=0,125$ ).

Este tipo de analisador pode ser operado variando-se o potencial do eletrodo central. No entanto, antes de mais nada é necessário localizar o "ponto de cáustica"<sup>4</sup> alinhando-se cuidadosamente o analisador em relação ao feixe de elétrons e mantendo-se os eletrodos centrais a aproximadamente  $5\text{V}$  da voltagem de aceleração do feixe primário de elétrons.

Como exemplo do funcionamento deste analisador nós mostramos na Fig. 2 um espectro de perda de energia para Argônio ( $^1\text{S}$ ) em fase gasosa. O espectro foi obtido em aproximadamente  $1\text{min.}$  com elétrons de  $1\text{keV}$  colidindo com um feixe atômico de  $\text{Ar}$ . Uma das grandes vantagens deste analisador é a sua resposta linear num grande intervalo de energia. Em nosso laboratório este analisador já vem sendo utilizado a seis anos e já foi utilizado para espectroscopia de impacto de elétrons com energia de  $100\text{eV}$  a  $3\text{keV}$ . O limite inferior de energia é imposto somente devido à qualidade do nosso sistema de proteção contra campos magnéticos locais e terrestre. Para elétrons de  $1\text{keV}$  foram encontrados dois pontos de cáustica: um de baixa resolução

a  $700\text{V}$  (útil quando se requer alta intensidade) e outro de alta resolução a  $997\text{V}$ . Para este analisador, em particular, nós fomos capazes de trabalhar a uma resolução  $\Delta E/E \approx 1 \times 10^{-4}$ , limitada somente pelo fato de não termos utilizado um feixe monoenergético de elétrons (Largura de Meia Altura,  $\text{LMA} \approx 500\text{meV}$ ).

\* Atualmente no Instituto de Química, Univ. Fed. do Rio de Janeiro, UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, R.J., Brasil.

**Agradecimentos:** — Os autores agradecem o apoio financeiro do CNDCT - CNPq e à FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo.

<sup>1</sup> K. D. Sevier, "Low Energy Electron Spectrometry", Wiley - Interscience, New York, 1972.

<sup>2</sup> W. Wien, Verhandl. Deut. Phys. Ges. 16, 165 (1897)

<sup>3</sup> H. Boersch, J. Geiger and W. Stichel, Z. Phys, 180, 415 (1964)

<sup>4</sup> G. Möllenstedt, Optik 5, 499 (1949)

<sup>5</sup> G. Möllenstedt, Optik 9, 473 (1952)

<sup>6</sup> A. J. F. Methrell, Adv. in Optical and Electron Microscopy, 4, 263 (1971)

<sup>7</sup> Eduardo M. A. Peixoto, G. Gerson B. de Souza, Maria do Carmo A. Santos, Optik - aceito para publicação - 1979.