

# Ernst Ruska e o microscópio electrónico de transmissão

M. A. FORTES

Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Lisboa

Ver para crer, ver para perceber. A possibilidade de ver tudo sugere a possibilidade de perceber tudo; o que é uma quase verdade. Ver é sempre com os olhos. Mas pode meter-se qualquer coisa de permeio para ver melhor, para ver mais. Um microscópio é isso. Mas, mais importante do que ver melhor, é ver mais. A ampliação (ver maior) é muito menos decisiva do que o poder de resolução (ver mais). É sempre possível ampliar uma imagem ou uma fotografia, mas com isso não se consegue ver mais.

Por muitas voltas que se dê, os nossos olhos só são sensíveis à luz. E, claro, só à luz visível. Mas isso não é especialmente limitativo. A coisa a ver pode, se for convenientemente estimulada, responder de uma forma cripto-visível, o que quer dizer que a resposta pode ser convertida em sinais que os olhos veem.

Nos microscópios vulgares ou clássicos — os microscópios ópticos — o estímulo é luz visível e a resposta é luz visível, transmitida ou reflectida. Ora esta luz tem um grande comprimento de onda — é uma má sonda, não separa dois pontos próximos, não revela os pormenores, dá uma imagem difusa, pouco nítida. Em suma, o poder de resolução é baixo ( $\sim 2000 \text{ \AA}$ ). A imagem pode facilmente ser ampliada, com lentes, mas isso em nada ajuda a aumentar a resolução.

O grande salto em frente foi dado com o microscópio electrónico de transmissão, inventado por Ernst Ruska nos anos 30, feito que lhe valeu o Prémio Nobel da Física de 1986. A resolução aumenta espectacularmente porque o estímulo são electrões de alta energia, que têm, por isso, baixo comprimento de onda. Por exemplo, para electrões acelerados por 100 kV, que é uma diferença de potencial frequentemente usada nos actuais microscópios electrónicos, o comprimento de onda é da ordem de  $0,05 \text{ \AA}$ , o que permite uma resolução de  $10 \text{ \AA}$  <sup>(1)</sup>.

Há outro factor decisivo, para além do

comprimento de onda. É necessário que haja lentes para «manipular» o feixe incidente (estímulo) e o feixe que «sai» do objecto e vai dar a imagem (resposta). Sem lentes, não há microscópio. Por isso, não há microscópio de raios X, apesar do seu baixo comprimento de onda. As lentes do microscópio electrónico são lentes magnéticas, e há uma óptica geométrica dos electrões tal como há uma para a luz. As lentes magnéticas permitem ampliar a imagem até valores da ordem de 200 000 vezes, o suficiente para tirar todo o proveito da excelente resolução obténivel com a «luz» de electrões.

O microscópio electrónico inventado por Ruska, na Universidade Técnica de Berlim, e pela primeira vez «industrializado» pelas empresas Siemens e Halske em 1938, é o microscópio electrónico de *transmissão*. Os electrões atravessam o objecto, passam por lentes magnéticas e dão uma imagem num écran ou numa película fotográfica. (Muito parecido com o microscópio óptico de transmissão). O facto de os electrões passarem através do objecto significa que na imagem vão figurar «coisas» que estão no interior do objecto. O que é uma vantagem enorme. Mas não há bela sem senão. Para que os electrões consigam atravessar o objecto é preciso que este seja muito fino — o que traz dificuldades na preparação das amostras. Aumentando a energia dos electrões, aumenta-se a resolução e pode aumentar-se a espessura das amostras a observar. Há actualmente microscópios electrónicos de ultra-alta-voltagem (p. ex. 1000 kV), com os quais é possível ver os átomos um a um, mas que arrastam dificuldades e problemas complexos que os tornam, talvez, menos úteis do que os de 100-200 kV, os quais são, de resto, muito mais baratos ( $\sim 20$  a  $30$  mil contos, em Portugal).

<sup>(1)</sup> Na verdade, o poder de resolução também depende, para além do comprimento de onda, das características das lentes utilizadas.

Ver para perceber. Uma boa teoria da interacção dos electrões com a matéria é fundamental para que se possa interpretar as imagens obtidas com o microscópio electrónico. Essa teoria, aliás teorias (uma designada por cinemática e outra, mais apurada, que é a teoria dinâmica), foram desenvolvidas nos anos 50 e aperfeiçoadas e alargadas de então para cá.

O microscópio electrónico de transmissão tem sido, sem sombra de dúvida, a técnica experimental que mais tem contribuído para o nosso conhecimento sobre a estrutura fina dos sólidos (defeitos cristalinos, precipitados e inclusões, interfaces, etc.) e das «coisas» biológicas (células, bactérias, vírus, etc.). Bate todas as outras microscopias, incluindo as outras microscopias electrónicas, designadamente a microscopia electrónica de varrimento (que é, geralmente, uma microscopia de reflexão, e não de transmissão). Não obstante, no nosso país a microscopia electrónica de transmissão tem sido quase exclusivamente usada por investigadores das Ciências da Vida, incluindo a Medicina, e muito pouco pelos Físicos e investigadores de outras ciências.

Metade do Prémio Nobel da Física de 1986 consagrou o inventor do microscópio electrónico de transmissão, Ernst Ruska. Pode parecer estranho que só agora, após 40 anos de formidáveis serviços à Ciência, tenha sido feita justiça. Ao que parece, existia uma certa polémica sobre os direitos de Ruska e de outros no que respeita à paternidade do microscópio, que só agora terá sido esclarecida.

#### BIBLIOGRAFIA

Principais artigos de E. Ruska relacionados com a invenção e primeiros aperfeiçoamentos do microscópio electrónico (na altura também designado por supermicroscópio). Os artigos foram escritos em alemão; indicam-se as traduções dos títulos respectivos.

- A formação de imagens de superfícies bombardeadas por electrões no microscópio electrónico. *Zeitschr. f. Phys.*, B-83 (1933).
- Construção e potencialidades do microscópio electrónico, *Zeitschr. f. Phys.*, B-87 (1934).
- Objectivas magnéticas para o microscópio electrónico, *Zeitschr. f. Phys.*, B-89 (1934).
- Modos de utilização do supermicroscópio. *Die Naturwissensch.* H-18(1939).

## II ESCOLA IBÉRICA DE FÍSICA DA MATÉRIA CONDENSADA

Figueira da Foz, 14-25 Setembro 1987

Dedicada a fenómenos cooperativos, a Escola consiste nos seguintes cursos:

- Caracterização Experimental e teorias simples (M. Tello—U. Bilbao);
- Teoria de Landau (S. Salinas—U. S. Paulo);
- Grupo de Renormalização (E. Brézin—Saclay);
- Métodos de simulação (K. Binder—U. Mainz);
- Sistemas electrónicos desordenados (J. L. Santos—U. Porto);
- Dinâmica crítica (R. B. Stinchcombe—U. Oxford);
- Sistemas longe do equilíbrio (J. Marro—U. Barcelona);
- Sistemas de baixa dimensionalidade (P. Tarazona—U. A. Madrid).

Além destes cursos, haverá um conjunto de seminários, sobre temas de investigação, a cargo de especialistas conhecidos; prevê-se, também, a apresentação de resultados de investigação por alguns dos participantes. Por outro lado, funcionarão, em alternativa, duas «workshops»: uma, a cargo de D. W. Heermann (U. Mainz), conta com cinco microprocessadores onde se desenvolverão aplicações do curso sobre Métodos de simulação; a outra, a cargo de J. Bessa e Sousa (U. Porto), será dedicada à apresentação e discussão de métodos experimentais relevantes no estudo de fenómenos cooperativos em matéria condensada.

Os boletins de inscrição, contidos na 2.<sup>a</sup> circular, poderão ser procurados nas Delegações Regionais, nos departamentos de Física das universidades portuguesas ou solicitados ao Secretariado Nacional, na sede da S.P.F.. *A data-limite, para recepção de candidaturas é 8 de Junho.*