

grande, construção essa prevista para três anos, o ciclotron pequeno instalado e em funcionamento dentro de aproximadamente dez meses, estará formando novos técnicos e cientistas.

A construção do ciclotron de 170 polegadas é um empreendimento colossal que honrará a indústria nacional e elevará o nome do Brasil no seio das demais nações. Pode-se dizer que quase todo o nosso parque industrial cooperará fornecendo ou fabricando materiais especializados. E à Marinha Brasileira, possuidora das maiores má-

quinas e com amplas possibilidades, caberá a maior parte da tarefa.

Para os físicos, será um novo horizonte que lhes possibilitará novas pesquisas, para as quais o ciclotron é a principal ferramenta. O Brasil constatará o valor de trabalho desses homens que já têm, mesmo sem recursos materiais, brilhado entre as mais importantes constelações.

ADEL DA SILVEIRA

Assistente do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro

## O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654)

O momento em que Otto de Guericke demonstrou, experimentalmente, que é possível conseguir-se o vácuo, é um dos momentos culminantes da História da Humanidade. O *horror vacui* da escola aristotélica é substituído pelo *vacuum in natura datur*, do notável físico alemão. Foi em 1654 que o imperador Fernando III convidou Guericke a fazer funcionar a sua máquina pneumática publicamente. Deu-se o histórico espectáculo em Ratisbona. O hábil experimenter extraiu o ar a dois hemisférios de cobre, do mesmo raio, opostos um ao outro de modo a formarem a esfera a que pertenciam. A pressão atmosférica exterior de tal modo os apertou que só a força de oito parrelhas de cavalos, animados a poder de chicote, conseguiu separá-los com espantoso estrondo.

A experiência, que todos os estudantes conhecem por «experiência dos hemisférios de Magdeburgo» (Guericke era governador da cidade deste nome), só foi descrita três anos depois, em 1657, pelo jesuita Schott, no seu livro *Mechanica hydraulico-pneumatica*, que a designou por *Mirabilia Magdeburgica*. Otto de Guericke só publicou os

seus trabalhos de Física em 1672, numa obra, hoje raríssima, a que deu o título de *Experimenta nova Magdeburgica*.

Em comemoração do tricentenário da famosa experiência apresentamos a tradução de dois trechos de Guericke nos quais o físico alemão descreve as suas primeiras tentativas para a obtenção do vazio.

As gravuras que acompanham os textos foram directamente fotografadas do exemplar da *Experimenta Nova* existente na Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra.

### **Primeira tentativa de Otto de Guericke para conseguir o vazio (Tradução)**

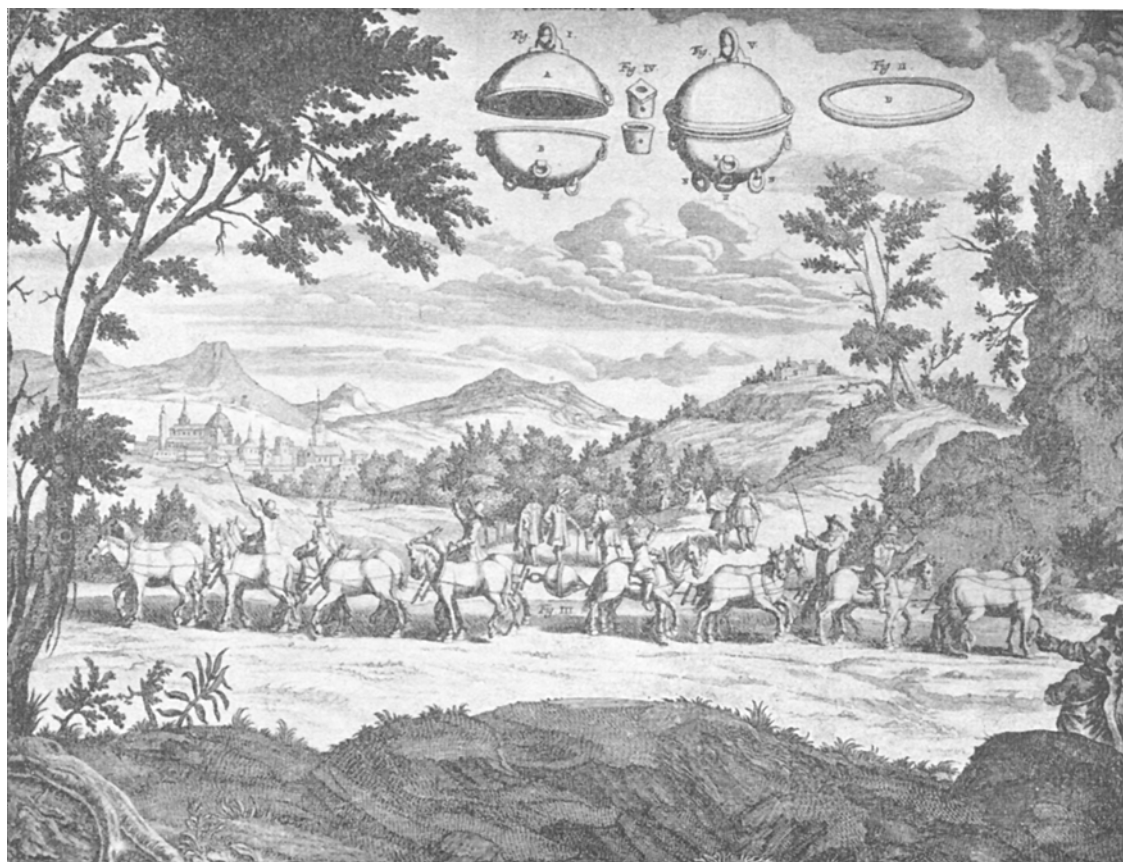
«Enquanto reflectia sobre a incomensurabilidade do espaço e considerava que ele se deve encontrar em todos os lugares, propus-me efectuar a seguinte experiência: «Pensei em encher de água um tonel de vinho ou de cerveja e em calafetá-lo tão bem que o ar exterior não pudesse penetrar nele. Introduziria depois, pela parte de baixo do tonel, um tubo metálico por meio do qual me fosse possível extrair a água. Esta, em virtude do seu peso, have-

ria de descer, e deixaria atrás de si, no interior do tonel, um espaço vazio não só de ar como de qualquer outro corpo.

«Para conseguir o resultado que desejava coloquei uma bomba impulsora, de bronze, *a*, *b*, *c* [figura superior da capa deste fas-

da água. Antes, porém, que a água obedecesse ao êmbolo, já as garras se partiam e já saltavam os parafusos de ferro que sujeitavam a bomba ao tonel.

«Apesar disto a tentativa não foi inútil. Depois de substituídos os parafusos por



Gravura extraída da obra de Guericke, *Experimenta Nova*, na qual se representa a experiência dos hemisférios de Magdeburgo

cículo], como as que se usam nos incêndios, munida de um êmbolo, *c* ou *f*, e de um tampão *g* que fechava hermêticamente de tal modo que o ar não podia entrar nem sair. Colocaram-se também, na bomba, mais duas válvulas de couro das quais a interior, *a* ou *d*, posta no fundo, servia para a entrada do ar, e a exterior, *b*, para a sua saída. Depois de fixada a bomba na parte inferior do tonel por meio de uma anilha *e* com quatro garras, procedeu-se à extracção

outros mais resistentes, conseguiu-se que três homens robustos, postos a puxar pelo êmbolo da bomba, extraíssem a água pela válvula superior *b*. Durante esta operação ouvia-se um ruído dentro do tonel como se a água estivesse a ferver violentamente e assim se manteve até que o tonel se encheu de ar que foi substituir a água retirada.

«Fosse como fosse era necessário evitar este mau resultado e, para isso, arranjei um tonel mais pequeno que introduzi num

outro maior. Atravessei o fundo de ambos com um tubo mais largo que adaptei à bomba, enchi o pequeno tonel com água, tapei-o, enchi o maior também com água e



O físico alemão Otto de Guericke, inventor da primeira máquina pneumática.

dei início ao trabalho. Desta vez conseguimos extrair o líquido que enchia o pequeno tonel e, certamente, ficaria um vazio no lugar dele.

«Quando suspendemos o trabalho, já no fim do dia, notámos, no meio do silêncio, um som desigual e entrecortado que lembrava o gorgear de um pássaro. Ouvimo-lo durante três dias inteiros.

«Ao fim deste tempo destapámos a abertura do tonel menor e vimos que estava em parte cheio de ar e o resto de água. Entre-

tanto uma parte deveria estar esvaziada pois sentimos a entrada do ar quando abrimos o tonel.

«Ficámos todos assombrados por a água ter entrado para o tonel apesar de tão bem fechado e calafetado. Concluí, depois de muitas observações, que a grande pressão da água a fizera atravessar a madeira e que essa mesma pressão, assim como o atrito desenvolvido ao passar através do tonel, teriam dado ocasião a que a água originasse uma pequena quantidade de ar (com o qual tivemos de contar nas experiências futuras). O tonel, entretanto, não poderia ficar completamente cheio de água em virtude da resistência que a madeira oferecia à passagem do líquido. Assim que a pressão deixava de se exercer, logo cessava a entrada de água e de ar. Deste modo só conseguiríamos obter um tonel meio vazio.

#### A obtenção do vazio (Tradução)

«Demonstrada a porosidade da madeira, quer pela observação quer pela investigação, pareceu-me que seria melhor, para conseguir os meus fins, servir-me de uma esfera de cobre (a que o Reverendo Padre Schott, no seu livro sobre a investigação de Magdeburgo, chama *Cacabus*).

«A esfera *A* [representada na figura inferior da capa deste número] podia levar 60 a 70 quartos de Magdeburgo e era fechada por meio de uma torneira *B* situada na parte superior. A bomba foi introduzida no fundo e presa a este hermêticamente. Dei então início, como nas experiências anteriores, à extracção do ar e da água.

«Ao princípio o êmbolo movia-se com grande facilidade mas não tardou a que o seu deslocamento se tornasse cada vez mais difícil a ponto de que, dois homens fortes, mal conseguiam movê-lo. Quando estavam assim ocupados a introduzir e a retirar o êmbolo, convencidos de que todo o ar já teria saído, ouviu-se inesperadamente um forte ruído e, perante a surpresa de toda a

gente, a esfera metálica amachucou-se como se fosse um pano amarrotado entre os dedos ou como se tivesse sido lançada do alto de uma torre e sofresse um violento choque.

«Penso que este resultado tenha sido devido à inexperiência dos operários que não conseguiram fabricar uma bola rigorosamente esférica. Qualquer fracção plana, estivesse onde estivesse, não poderia resistir à pressão do ar circundante, ao passo que uma esfera construída com toda a precisão poderia resistir facilmente devido ao mútuo apoio das suas partes que se sustentam reciprocamente para vencer a resistência.

«Tornou-se assim necessário que os operários fizessem uma esfera perfeitamente redonda. Dela se extraiu o ar por meio de uma bomba, de princípio com facilidade, e depois, já perto do fim da operação, com grandes dificuldades.

«Soubemos que a esfera se encontrava completamente esvaziada quando, finalmente, já não saía mais ar pela válvula superior da bomba.

«Assim obtivemos o vazio pela segunda vez.

«Ao abrir a torneira B, o ar precipitou-se para o interior da esfera de cobre com tanta força que parecia capaz de arrastar um homem, de pé, defronte dela. Aproximando

a face, a violência do ar chegava a cortar a respiração e nem se podia sustentar a



Frontispício da obra de Otto de Guericke, *Experimenta Nova Magdeburgica*, publicada em 1672

mão por cima da torneira sem o risco de ser arrastada violentamente para dentro.

## PONTOS DE EXAME

### EXAMES DO ENSINO MÉDIO ( FÍSICA )

#### Pontos de admissão à Escola Nacional de Engenharia do Rio de Janeiro (Brasil) — 1950

**188** — 1ª questão: A câmara de um barômetro, de secção  $1 \text{ cm}^2$ , contém um pouco de ar. Num certo dia, quando a temperatura é de  $10^\circ \text{ C}$  e a pressão atmosférica é de  $760 \text{ mm Hg}$ , o mercúrio deste barômetro eleva-se até  $730 \text{ mm}$  e o comprimento da coluna de ar é de  $27 \text{ cm}$ . Num outro dia, quando a temperatura é de  $30^\circ \text{ C}$ , o mercúrio deste barômetro baixa a  $680 \text{ mm}$ . Pedem-se a altura barométrica que corres-

ponde à verdadeira pressão atmosférica neste segundo caso. (Desprezam-se as dilatações do mercúrio e do vidro).

R: Sejam  $p_1 = 760 - 730 = 30 \text{ mm de Hg}$  e  $v_1 = 270 \text{ mm}^3$ , respectivamente a pressão e o volume do ar na câmara barométrica no primeiro caso; e  $x$  e  $v_2 = 270 + (730 - 680) = 320 \text{ mm}^3$ , respectivamente a pressão e o volume desse mesmo ar no segundo caso. As temperaturas absolutas em jogo são  $T_1 = 273 + 10 = 283$  e  $T_2 = 273 + 30 = 303$ . Ora:  $p_1 v_1 / T_1 = p_2 v_2 / T_2$ .