

"Novos Experimentos Físico-Mecânicos - Concernentes à Mola do Ar", em *Trabalhos do Honorável Robert Boyle, Londres (1772)*

(tradução livre a partir da versão em R. Bruce Lindsay, *Energy: Historical Development of the Concept*, Dowden 1975)

Para tornar mais fácil a compreensão dos experimentos testados por nossa máquina, penso que, ao introduzir o primeiro deles, não é supérfluo nem irracional sugerir uma noção que parece explicar a maioria, se não todos, os experimentos. Vossas Senhorias com certeza hão de supor que a noção da qual falo é a de que há uma mola, ou uma força elástica no ar em que vivemos. O que quero dizer com mola de ar é o seguinte: nosso ar consiste de partes, ou está cheio delas, cuja natureza é tal que quando dobradas ou comprimidas pelo peso da parte da atmosfera que pressiona, ou por outros corpos, elas tentam, tanto quanto possível, libertar-se desta pressão, fazendo força sobre os corpos contíguos que as dobraram; e assim que estes corpos são retirados, elas se desdobram e se esticam, tanto quanto os corpos contíguos permitirem. E assim expande-se toda a parcela de ar composta por estes corpos elásticos.

Podemos explicar um pouco mais esta noção imaginando o ar composto de um amontado de pequenos corpos, um em cima do outro, como um monte de lã crua. Pois este [o ar] (sem falar de outras semelhanças) é feito de muitos pelos finos e flexíveis; e cada um destes pelos pode ser facilmente dobrado e enrolado; mas, como uma mola, tem a tendência a se esticar novamente. E assim, ambos, tanto os fios de lã quanto os corpúsculos de ar, com os quais os comparamos, cedem facilmente a pressões externas; no entanto, tanto um quanto outro possui o poder ou o princípio da auto-dilatação; os pelos da lã podem ser apertados e reunidos em um espaço menor do que aquele que é adequado à sua natureza [da lã], e enquanto permanece a compressão, o novelo composto das partículas tenta expandir-se, exercendo uma força contra a mão que o pressiona. E assim que é retirada a pressão externa, abrindo um pouco a mão, a lã comprimida se expande espontaneamente e busca recuperar sua condição mais livre, até atingir as dimensões anteriores, tanto quanto a mão que comprime (talvez não completamente aberta) permitir. Esse poder de auto-dilatação é provavelmente mais evidente na compressão de uma esponja seca do que na compressão da lã. Escolhemos a lã para comparação porque, diferentemente da esponja, a lã não é um corpo inteiro, mas uma porção de corpos finos e flexíveis, combinados, mas soltos, como parece ser o caso do ar.

Há uma outra forma de explicar a mola do ar, que é supor, como o fez um dos senhores [gentleman] mais criativos, Monsieur Des Cartes, que o ar é nada mais do que um monte de partículas pequenas e, em sua maioria, flexíveis, de vários tamanhos e todos os tipos de forma, que o calor levanta, especialmente o calor do Sol, para formar o corpo fluido e etéreo que envolve a Terra; e que a agitação permanente dessa matéria celestial onde estas partículas nadam faz com que [as partículas] girem de tal forma que cada corpúsculo impede todos os outros de penetrar a pequena esfera necessária para o seu movimento em torno do centro; e se alguma partícula penetra neste espaço, atrapalhando a livre rotação do corpúsculo, é expelida ou empurrada para fora; de acordo com esta doutrina, não importa se as partículas de ar têm a estrutura de molas ou qualquer outra forma irregular, uma vez que seu poder elástico não advém de sua forma ou estrutura, mas sim da forte agitação ou movimento de sacolejo, que recebem do éter fluido que passa por elas, e girando em torno de cada uma (independentemente do resto) mantém estes corpos aéreos separados e esticados (tanto quanto seus vizinhos o permitirem); que, de outra forma, devido à sua flexibilidade e peso, estariam enrolados e frouxos - além disso, o movimento do fluido etéreo faz com que se choquem uns com os outros, espalhando-se mutuamente o que leva a ocuparem um espaço maior do que aquele que ocupariam se fossem comprimidos.

..... [meu objetivo não é] especificar a causa da mola do ar, mas apenas manifestar que o ar tem uma mola e relatar alguns de seus efeitos.

.....

CAPÍTULO V

Dois novos experimentos relativos à medida da força da mola do ar comprimido e dilatado

O outro aspecto que considero em relação à hipótese de nossos adversários [Linus, teoria dos funiculus] é que ela é desnecessária. Ele não nega que o ar tenha alguma peso e mola [elasticidade], mas afirma que isto é completamente insuficiente para se contrapor ao peso de um cilindro de mercúrio de 29 polegadas - o oposto do que nós ensinamos; através de experimentos especialmente projetados para este fim, tentaremos mostrar que o ar é capaz de fazer muito mais do que é necessário atribuir a ele [ar] para explicar os fenômenos do experimento de Torricelli.

Escolhemos um tubo de vidro longo que foi encurvado e dobrado com uma mão hábil e uma lâmpada, de forma que a parte voltada para cima estava quase paralela ao resto do tubo, e a abertura desta perna menor do sifão (assim vou chamar o instrumento como um todo) foi hermeticamente fechada; o comprimento desta parte menor foi subdividido em polegadas (divididas por sua vez em oito partes) com uma tira de papel que continha estas divisões, e que foi colada ao longo desta parte do tubo.

Colocamos então o mercúrio na parte curva em quantidade suficiente para que ele atingisse a base do papel com divisões de um lado do tubo e até a mesma altura ou linha horizontal no outro; tomamos o cuidado de inclinar o tubo várias vezes para que o ar passasse por cima do mercúrio, livremente, de um lado para o outro (tivemos, como disse, cuidados), de maneira que o ar aprisionado no cilindro mais curto ficasse com a mesma tensão que o ar em volta. Depois disso, derramamos mercúrio na perna mais longa do sifão, que, com seu peso [do mercúrio] pressionou o mercúrio da perna mais curta, estreitando assim o ar aprisionado: continuamos a derramar o mercúrio até que o ar da perna mais curta, por condensação [contração], tomasse a metade do espaço que possuía inicialmente (digo possuía, não ocupava); postamos nossos olhos sobre a perna mais comprida do vidro, sobre a qual havíamos colado um papel dividido em polegadas e partes, e observamos, não sem encanto e satisfação, que o mercúrio no tubo maior estava 29 polegadas acima do mercúrio da parte menor. Quem nota o que ensinamos facilmente perceberá que essa observação concorda com nossa hipótese e a confirma; Monsieur Pascal e os experimentos de nossos amigos ingleses provam que quanto maior o peso sobre o ar, mais forte é a sua tentativa de dilatar, e maior, como consequência, seu poder de resistência (tal como outras molas são mais fortes quando pressionadas por maiores pesos). Feita esta consideração, surge uma concordância extremamente boa com a hipótese de acordo com a qual o ar, no grau de densidade, e medida de resistência correspondente, aos quais a atmosfera sobreposta o levou, é capaz de contrabalançar e resistir à pressão de um cilindro de mercúrio de cerca de 29 polegadas, como também aprendemos com o experimento de Torricelli; aqui o mesmo ar, levado a duas vezes a sua densidade original, tem uma mola [força elástica] duas vezes maior. Pois é capaz de sustentar ou resistir a um cilindro de 29 polegadas no tubo maior junto com o peso do cilindro atmosférico sobre as 29 polegadas de mercúrio; e é equivalente a eles [colunas de mercúrios mais coluna atmosférica], da mesma forma que inferimos para o experimento de Torricelli.

Fomos impedidos de aperfeiçoar nossos testes, na época, devido à quebra accidental do tubo. No entanto, um experimento preciso dessa natureza é importante para a doutrina da elasticidade do ar e não foi feito por nenhum homem (que eu saiba); além disso, é mais difícil de fazer do que se pensa, uma vez que é difícil encontrar tubos curvos adequados a este objetivo, como também é difícil estabelecer o lugar verdadeiro da superfície protuberante do mercúrio. Por estas razões, eu suponho que será benvindo pelo leitor o conhecimento de que, depois de algumas tentativas, uma das quais fizemos com um tubo cuja perna mais longa era perpendicular e a outra, contendo o ar, era paralela ao horizonte, nós finalmente encontramos um tubo com a forma expressa no esquema [não apresentado].... [Repetimos o procedimento descrito anteriormente e] anotamos cuidadosamente o quanto o mercúrio havia subido no tubo mais longo, quando ele [mercúrio] parecia atingir alguma das divisões do tubo mais curto; as várias observações que foram feitas sucessivamente e anotadas nos forneceram a seguinte tabela:

Tabela de condensação do ar

A	A	B	C	D	E
48	12	00		$29\frac{2}{18}$	$29\frac{2}{18}$
46	$11\frac{1}{2}$	$01\frac{7}{18}$		$30\frac{9}{18}$	$33\frac{6}{18}$
44	11	$02\frac{13}{18}$		$31\frac{15}{18}$	$31\frac{12}{18}$
42	$10\frac{1}{2}$	$04\frac{6}{18}$		$33\frac{8}{18}$	$33\frac{1}{7}$
40	10	$06\frac{3}{18}$		$35\frac{5}{18}$	35- -
38	$9\frac{1}{2}$	$07\frac{14}{18}$		37	$36\frac{15}{18}$
36	9	$10\frac{2}{18}$		$39\frac{5}{18}$	$38\frac{7}{18}$
34	$8\frac{1}{2}$	$12\frac{8}{18}$		$41\frac{10}{18}$	$41\frac{2}{17}$
32	8	$15\frac{1}{18}$		$44\frac{3}{18}$	$43\frac{11}{18}$
30	$7\frac{1}{2}$	$17\frac{13}{18}$		$47\frac{1}{18}$	$46\frac{3}{18}$
28	7	$21\frac{3}{18}$		$50\frac{5}{18}$	50- -
26	$6\frac{1}{2}$	$25\frac{3}{18}$		$54\frac{5}{18}$	$53\frac{10}{18}$
24	6	$29\frac{11}{18}$		$58\frac{13}{18}$	$58\frac{2}{18}$
23	$5\frac{3}{4}$	$32\frac{3}{18}$		$61\frac{5}{18}$	$60\frac{11}{18}$
22	$5\frac{1}{2}$	$34\frac{15}{18}$		$64\frac{5}{18}$	$63\frac{6}{18}$
21	$5\frac{1}{4}$	$37\frac{15}{18}$		$67\frac{1}{18}$	$66\frac{4}{18}$
20	5	$41\frac{9}{18}$		$70\frac{11}{18}$	70- -
19	$4\frac{3}{4}$	45- -		$74\frac{2}{18}$	$73\frac{11}{18}$
18	$4\frac{1}{2}$	$48\frac{12}{18}$		$77\frac{14}{18}$	$77\frac{2}{18}$
17	$4\frac{1}{4}$	$53\frac{11}{18}$		$82\frac{12}{18}$	$82\frac{4}{17}$
16	4	$58\frac{2}{18}$		$87\frac{14}{18}$	$87\frac{3}{18}$
15	$3\frac{3}{4}$	$63\frac{15}{18}$		$93\frac{1}{18}$	$93\frac{1}{5}$
14	$3\frac{1}{2}$	$71\frac{5}{18}$		$100\frac{7}{18}$	$99\frac{6}{18}$
13	$3\frac{1}{4}$	$78\frac{12}{18}$		$107\frac{13}{18}$	$107\frac{7}{18}$
12	3	$88\frac{7}{18}$		$117\frac{9}{18}$	$116\frac{4}{18}$

Added to 22 $\frac{1}{2}$ makes

AA. Número de espaços iguais na perna mais curta que continha a mesma parcela de ar estendido de diferentes formas.

B. Altura do cilindro de mercúrio que comprimia o ar para aquelas dimensões.

C. Altura da coluna de mercúrio que contrabalançava a pressão da atmosfera.

D. Agregado das duas colunas B e C exibindo a pressão sustentada pelo ar aprisionado

E. A pressão que deveríamos obter de acordo com a hipótese de que pressões e expansões estão em proporção recíproca.

.....