

gravíticos, electromagnéticos e os relativos às partículas subatómicas.

Esta é, em traços largos, a biografia daquele pequeno homem de atitudes irreverentes, a quem Haldane se referia quando o apresentou ao público selecto do *King's College*: «Meus senhores. Encontra-se na vossa presença o Newton do século xx, o homem que operou, na história do pensamento humano, uma revolução mais profunda do que a de Copérnico, a de Galileu e a do próprio Newton».

RÔMULO DE CARVALHO

Professor no Liceu D. João III

### Bibliografia das «Memórias» fundamentais respeitantes à relatividade

(por ordem cronológica da sua publicação)

- 1 — MICHELSON — *American Journal of Science*, 22, 1881, 120; MICHELSON e MORLEY — *Idem*, 31, 1886, 377.
- 2 — LORENTZ — *Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern* (Ensaio sobre a teoria dos fenómenos eléctricos e ópticos nos corpos em movimento) — Leide, 1895, §§ 89-92.
- 3 — LORENTZ — *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity less than of light* — *Proceedings of the Academy of Sciences of Amsterdam*, 6, 1904.
- 4 — EINSTEIN — *Zur Elektrodynamik, bewegter Körper* (Sobre a Electrodinâmica dos corpos em movimento) — *Annalen der Physik*, 17, 1905.

- 5 — EINSTEIN — *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energiegehalt abhängig?* (Dependerá a inércia de um corpo da energia que possui?) — *Annalen der Physik*, 17, 1905.
- 6 — MINKOWSKI — Conferência efectuada em Colónia, em 21 de Setembro de 1908, na 80.<sup>a</sup> reunião dos físicos e naturalistas alemães, sobre o espaço e o tempo.
- 7 — EINSTEIN — *Über den Einfluss der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes* (Sobre a influência da gravitação na propagação da luz) — *Annalen der Physik*, 35, 1911
- 8 — EINSTEIN — *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie* (O fundamento da Teoria Geral da Relatividade) — *Annalen der Physik*, 49, 1916.
- 9 — EINSTEIN — *Hamiltonsches Princip und allgemeine Relativitätstheorie* (O Principio de Hamilton e a Teoria Geral da Relatividade) — *Sitzungsberichte der Preussischen Akad. d. Wissenschaften*, 1916.
- 10 — EINSTEIN — *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie* (Considerações cosmológicas sobre a Teoria Geral da Relatividade) — *Sitzungsberichte der Preussischen Akad. d. Wissenschaften* 1917.
- 11 — EINSTEIN — *Spiele Gravitationsfelder im Aufßer der materiellen Elementarteilchen ein wesentliche Rolle?* (Representará o campo de gravitação um papel essencial na estrutura das partículas elementares da matéria?) — *Sitzungsberichte der Preussischen Akad. d. Wissenschaften*, 1919.
- 12 — WEYL — *Gravitation und Elektrizität* — *Sitzungsberichte der Preussischen Akad. d. Wissenschaften*, 1918.

(Todas estas «memórias», à excepção da primeira, foram publicadas em 1923, pela editorial americana Dover, traduzidas em língua inglesa por W. Perrett e G. B. Jeffery, com o título *The Principle of Relativity*).

## O que devemos a Einstein

Um dos fenómenos mais relevantes que nos aponta a história da Ciência dos últimos anos é a extraordinária influência que as ideias de Einstein exerceram não só sobre as teorias científicas contemporâneas como também sobre as suas aplicações.

A beleza e a grandeza dessas ideias são tais que tornam supérfluas, e até despropositadas, quaisquer palavras laudatórias.

Preferimos substituí-las, neste lugar, pela tentativa de tornarmos acessíveis algumas dessas ideias aos profanos ou àqueles que não são especializados nestes assuntos. Tentaremos, o melhor que pudermos, seguir o pensamento de Einstein nalguns dos seus trabalhos, assinalar o momento próprio em que se afastou dos caminhos já trilhados e apontar as regiões desconhecidas para que

se dirigiu. Esta será talvez a melhor homenagem que é possível prestar, neste momento, à memória daquele cuja obra vai ser glorificada em Berne, no próximo mês de Julho, por ocasião do cinquentenário da publicação da sua primeira memória sobre a Relatividade.

Foi a Teoria da Relatividade que celebrou Einstein. Toda a gente julga entender o significado corrente da palavra relatividade quando se trata de factos elementares como, por exemplo, a localização de um ponto no espaço. Para definir a posição de um corpo é necessário considerá-la relativamente a uma dada referência. O corpo em si mesmo, e as propriedades que o caracterizam, são independentes da referência escolhida. Tudo isto é evidente e não traz consigo novidade nenhuma.

Em que consistiu a modificação introduzida por Einstein? Em um simples adiamento de consequências incalculáveis. Para Einstein a «relatividade» não diz respeito apenas ao espaço mas também ao tempo, isto é, é necessário aplicá-la ao conjunto do espaço e do tempo, ao que hoje se chama o «espaço tempo».

Não será difícil conceber as consequências que podem resultar desta hipótese e a autêntica revolução a que ela se presta. Logo de início nos obriga a sujeitar a noção de tempo a uma nova análise, não no aspecto vago de conceito filosófico mas ligado concretamente às exigências matemáticas, bem definidas, da relatividade. O tempo perde aí o seu carácter universal e absoluto. A cada ponto corresponde um tempo que lhe é próprio. Finalmente, a hipótese de Einstein permite-nos estabelecer as condições a que devem subordinar-se as leis naturais para satisfazerem a este «princípio da relatividade».

Não interessa, neste momento, rever todos os aspectos do assunto em questão. Referir-nos-emos apenas às consequências que resultam de qualquer corpo perder uma certa parte da sua massa sempre que emite

energia. A transformação da massa em energia, prevista por Einstein em 1905, constitui o processo verificado na explosão de uma bomba atômica e noutros factos semelhantes.

A generalização da teoria precedente conduziria Einstein a interessar-se pelo problema da gravitação e a resolvê-lo.

A essência da noção de «relatividade» exige que as leis dos fenómenos naturais sejam completamente independentes do sistema referencial utilizado. Não é este o caso da «relatividade» a que nos referimos, motivo por que se lhe dá a designação de «relatividade restrita». A passagem desta para a «relatividade generalizada» foi também efectuada por Einstein que conseguiu assim resolver o enigma da gravitação, essa força omnipresente cuja origem constituiria, até então, um mistério inexplicável.

Que vem a ser a gravitação? A resposta resume-se a poucas palavras: «A força da gravitação é uma manifestação da curvatura do espaço».

A frase, em si mesma, não é muito esclarecedora mas a ideia que contém é de tal modo arrojada e original que vale a pena tentar compreendê-la, pelo menos através de uma analogia.

Em primeiro lugar, que deve entender-se por espaço curvo? É claro que não se trata de um espaço, como este em que vivemos, com três dimensões, no qual se verificasse uma curvatura. Tentemos imaginar primeiramente um espaço com duas dimensões, semelhante, por exemplo, a uma folha de papel. Esta folha poderá assentar sobre uma mesa, mas uma das suas extremidades poderá estar dobrada, enrolada sobre si mesma, isto é, poderá ser *curva*. O espaço assim representado pode ser curvo nuns lugares e plano noutros.

Imaginemos agora que este espaço era povoado por seres de duas dimensões, formados por pequenas lâminas de aço. Enquanto estes seres se movessem nas regiões planas do seu espaço, nada de estranho lhes sucederia. Mas, ao penetrarem na re-

gião curva, como lhes era impossível sair do seu próprio espaço, curvar-se-iam, o que daria origem, em virtude da elasticidade das lâminas, ao aparecimento de uma tensão, de uma força elástica. *Esta força deveria a sua existência apenas ao facto de o espaço ser curvo* naquela região e deixaria de existir se a curvatura deixasse de existir.

É claro que este mecanismo não se ajusta perfeitamente ao da gravitação. É uma simples analogia apenas destinada a fazer compreender que, em certos casos, a curvatura do espaço pode manifestar-se como sendo uma força.

\*

\*      \*

De modo semelhante, o espaço pode apresentar uma curvatura. Entre as propriedades intrínsecas que o caracteriza, e cuja existência se demonstra, possui, por exemplo, uma «torsão». Nos seus trabalhos mais recentes, Einstein ocupou-se do estudo dessas propriedades com o fim de descobrir a origem das forças electromagnéticas e de conseguir interpretá-las como manifestações de certas características do espaço. Infelizmente, nenhum destes estudos alcançou a sua forma definitiva. A única solução satisfatória foi a que respeita à gravitação.

Em qualquer dos trabalhos a que nos referimos anteriormente, Einstein não teve necessidade de recorrer aos conceitos de descontinuidade ou dos quantos. Contudo, nestes próprios domínios, também se colocou na vanguarda do progresso. Em 1905 introduziu, na Óptica, a hipótese dos «quan-

tos de luz», justificando-a e colocando-a de modo a evitar a sua possível oposição à hipótese ondulatória como antes sucedera. Foi assim, ao precisar esta nova hipótese, sem prejuízo da consideração das ondas, que Einstein preparou o caminho para a concepção da Mecânica Ondulatória na qual, como é sabido, se atribui um duplo carácter, corpuscular e ondulatório, não só ao fóton como às outras partículas materiais.

No domínio do descontínuo e das probabilidades também os trabalhos de Einstein, relativos aos movimentos brownianos, às flutuações e à Termodinâmica Estatística, marcaram uma época. Apesar de todos estes aspectos da sua obra Einstein foi sempre, no íntimo, «o homem do contínuo». Nunca perdeu a esperança de que tudo fosse deduzível das propriedades do verdadeiro contínuo, do espaço. Por este motivo, nunca se dispôs a aceitar, por completo, as conclusões a que conduz a interpretação estatística da Mecânica Ondulatória. Convencido de que todos os «campos» poderiam ser deduzidos a partir de uma teoria do tipo daquelas que desenvolveu, alimentava a «modesta esperança» de poder incluir também, na mesma ordem dedutiva, a própria teoria dos quantos.

Lamentemos que esta esperança não tivesse tido oportunidade de se efectivar e admiremos, sem reservas, tamanha obra gigantesca, um dos mais admiráveis monumentos do pensamento humano.

A. PROCA

Director das investigações no  
C. N. R. S.

(trad. de «Le Figaro Litteraire»)



A «GAZETA DE FÍSICA» luta pelos interesses dos cientistas  
portugueses. A indústria nacional necessita de físicos e de  
químicos portugueses