

Apresentação

Henri Poincaré (1854-1912) foi um dos cientistas mais influentes na história da matemática e da física. A originalidade de suas idéias e as metodologias que inventou não apenas marcaram profundamente essas disciplinas, mas estão na origem de grande parte dos atuais desenvolvimentos da matemática. Este livro reúne uma coleção de textos de sua autoria, apresentando ou discutindo conceitos fundamentais da física e da matemática, mas sem a exigência de uma formação especializada por parte do leitor.

Poincaré não foi apenas um matemático e um físico excepcional, mas um epistemólogo muito influente e um engenheiro que participou de trabalhos fundamentais, como os do Bureau de Longitudes, à época da montagem do sistema internacional de referência de tempo baseado no uso de ondas de rádio. Participou também da análise das provas documentais do famoso processo Dreyfus.

No primeiro ensaio, “Eletricidade e óptica: as teorias de Maxwell e a teoria eletromagnética da luz”, e no quarto ensaio, “Luz e eletricidade segundo Maxwell e Hertz”, Poincaré mostra sua capacidade didática, ao explorar epistemologicamente a teoria eletromagnética de Maxwell no momento em que apenas se começavam a demonstrar as suas primeiras conseqüências. Em “As idéias de Hertz sobre a mecânica”, quinto ensaio, faz o mesmo com os fundamentos da mecânica clássica, mostrando que possuía uma percepção profunda do significado lógico de uma teo-

ria; tratou de questões que só seriam resolvidas com os trabalhos do seu mais importante contemporâneo, David Hilbert. No sétimo trabalho, “Os fundamentos da geometria”, Poincaré discute exatamente a obra fundadora de Hilbert sobre esses fundamentos, em uma análise profunda, na qual expressa suas objeções intuicionistas a uma descrição puramente lógica das teorias. Preocupado com o avanço da ciência e a resolução de problemas de ordem prática — revelando, assim, sua formação como engenheiro na École Polytechnique —, Poincaré confunde a lógica da descoberta com a lógica da dedução.

Em “O problema dos três corpos” ele apresenta coloquialmente sua demonstração da não-existência de integrais exatas para esse problema e mostra que a estabilidade das soluções depende das condições iniciais, anunciando a futura teoria do caos.

Em “As formas de equilíbrio de uma massa fluida em rotação”, apresenta métodos novos para estudar a dinâmica e o equilíbrio dos planetas e de seus anéis, ampliando a noção de sistema dinâmico, que nascia naquele momento. As intuições que o levaram a definir os novos métodos da mecânica aparecem nesse texto de forma opulenta, mostrando sua origem.

O oitavo ensaio, “A dinâmica do elétron”, publicado em 1908, é o mais emocionante de todos. Nele, vemos de forma comovente o movimento intelectual de Poincaré. Ele nos imerge na física mais avançada da virada do século XX e apresenta interpretações profundas das transformações de Lorentz (que deixam invariantes as equações de Maxwell), dando-se conta de seu profundo significado físico. É aí que aparece a noção de “tempo local”, o conceito precursor mais imediato da Teoria da Relatividade, apresentada por Albert Einstein na mesma época. A Relatividade (nomeada por Poincaré nesse artigo) já aparece com seu aspecto contra-intuitivo a partir da discussão das experiências de Michelson-Morley, das experiências com a dinâmica dos elétrons e da discussão da anomalia do periélio de Mercúrio, sem que o autor tenha tido contato com os trabalhos

de Einstein. Os elementos estão aí, salvo uma fundamentação mais precisa e o abandono do tempo absoluto — invenções que darão, com justiça, a paternidade da teoria ao outro cientista. No mesmo artigo, Poincaré discute algumas curiosas teorias para explicar a gravidade a partir da pressão de corpúsculos ou de raios percorrendo o universo, mostrando como as preocupações que dominaram Einstein na direção da relatividade geral estavam presentes na *epistême* da época.

No artigo seguinte, “A hipótese dos *quanta*”, Poincaré vê-se de frente com o nascimento da mecânica quântica. Percebe com acuidade os problemas que se colocam, em especial a quebra do paradigma da continuidade das leis físicas, que permite a sua descrição por equações diferenciais. Pela primeira vez na história, enuncia que a energia de um *quanta* é proporcional à frequência da onda, como consequência da teoria de Planck. Foi uma das mais percucientes análises feitas naquele momento, com uma profundidade inigualável.

Mas a razão de não ter sido o inventor dessas novas teorias, apesar de sua criatividade e inteligência, está bem explicada na seguinte citação:

Até aqui, essas concepções sempre tinham sido confirmadas pela experiência, e hoje as verificações são numerosas demais para que possamos atribuí-las ao acaso. Assim, se novos experimentos vierem a evidenciar exceções, será preciso não abandonar a teoria, mas modificá-la, ampliá-la de maneira a lhe permitir abarcar novos fatos.

Poincaré não estava pronto para dar o salto conceitual necessário para aceitar e construir teorias que rompessem com a mecânica clássica. Estava por demais imbuído das teorias vigentes, que eram a base de sua tão valorizada intuição.

Em “As relações entre o éter e a matéria”, publicado em 1912, Poincaré se depara com a teoria atômica, agora “demonstrada” por Perrin, no sentido — ele o explicita — de coincidências numéricas “que não podem ser atribuídas ao acaso”.

Daí a realidade do átomo. A seguir, volta à teoria quântica nascente, mas com incredulidade:

As antigas teorias repousam em grande número de coincidências numéricas que não podem ser atribuídas ao acaso; assim, não podemos desarticular o que elas reuniram. (...) As modificações que parecem impor-se são tão estranhas que hesitamos em nos resignar a elas.

Ele conclui filosoficamente: “No estado atual da ciência, só podemos constatar essas dificuldades, sem resolvê-las.” O futuro demonstrou que esse estado de perplexidade é permanente e próprio da ciência, quando bem compreendida, e nesse ponto a atitude de Poincaré é exemplar.

Em “As relações entre a física experimental e a física matemática”, Poincaré nos mostra a riqueza de seu pensamento epistemológico, mostrando que boa parte do que é atribuído a Karl Popper na literatura anglo-saxã já era conhecido e enunciado com clareza no início do século XX. O papel da hipótese e da previsão, a significação das teorias físicas, a sua validade pragmática, tudo isso é analisado com profundidade filosófica, caso raro entre os grandes cientistas. Mas permanece a dificuldade com as novas mecânicas: “À medida que conhecemos melhor as propriedades da matéria, vemos imperar nela a continuidade.”

O último artigo, “As ciências e as humanidades”, é uma reflexão sobre o valor de uma formação humanística tradicional para o cientista. Poincaré conclui que ela pode ser interessante, mas não é necessária para a formação de um cientista capaz de produzir boa ciência.

Organizado com textos escritos há um século, *Ensaios fundamentais* é uma obra de inegável valor histórico.

Marcos Azevedo da Silveira

Professor do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio

Cronologia abreviada de Henri Poincaré

1854 Jules-Henri Poincaré nasce em Nancy, França, em 29 de abril, filho do médico Leon Poincaré.

1862-1872 Estuda no Liceu de Nancy.

1873-1875 Estuda na Escola Politécnica.

1875 Ingressa na Escola Nacional Superior de Minas.

1879 Completa o doutorado em ciências matemáticas, defendendo tese sobre equações diferenciais. Darboux, integrante da banca, escreve profeticamente: “É um homem dominado pela intuição. Tendo atingido seus objetivos, não refaz seus passos, satisfeito por ter aberto o caminho, deixando que outros cuidem de pavimentá-lo.” Aprovado, Poincaré é nomeado engenheiro de minas e colocado à disposição do Ministério da Instrução Pública. Passa a lecionar na Faculdade de Ciências de Caen.

1881 Torna-se mestre de conferências da Faculdade de Ciências da Universidade de Paris.

1886 É nomeado professor de física matemática e de cálculo das probabilidades da Faculdade de Ciências da Universidade de Paris. Assume, pela primeira vez, a presidência da Sociedade Matemática da França (voltaria a fazê-lo em 1900).

1887 Por seus trabalhos em matemática, é eleito membro da Academia de Ciências.

1892 Publica o primeiro volume de *Les Méthodes nouvelles de la mécanique celeste*.

1893 É nomeado engenheiro-chefe de minas. Publica o segundo volume de *Les Méthodes nouvelles de la mécanique celeste*.

1895 Publica *Analysis situs*, tratado pioneiro sobre topologia matemática.

1896 Torna-se professor de astronomia e mecânica celeste da Faculdade de Ciências da Universidade de Paris.

1899 Assume, pela primeira vez, a presidência do Bureau des Longitudes, cargo que voltaria a ocupar em 1909 e 1910. Publica o terceiro volume de *Les Méthodes nouvelles de la mécanique celeste*. Com um artigo antológico sobre o “problema dos três corpos”, incluído neste volume, ganha o prêmio mais importante da época em matemática, instituído pelo rei Oscar II, da Suécia e da Noruega, para trabalhos sobre um sistema gravitacional constituído por n corpos. O tema é relevante para as discussões sobre a estabilidade do sistema solar, que Poincaré trata explicitamente em outro artigo, também incluído neste volume.

1901-1903 Preside a Sociedade Astronômica da França.

1902 Torna-se professor de eletricidade teórica na Escola Profissional Superior dos Correios e Telégrafos. Assume a presidência da Sociedade Francesa de Física. Publica *La Science et l'hypothèse* [Ed. bras.: *A ciência e a hipótese*. Brasília: Editora da UnB, 1988], que causa forte impressão no jovem Albert Einstein.

1904 Torna-se professor de astronomia geral na Escola Politécnica.

1905 Entrega para publicação um importante trabalho, *Sur la dynamique de l'électron*, incluído neste volume, que antecipa vários resultados que serão apresentados por Einstein na teoria da relatividade especial. Publica *La Valeur de la science* [Ed. bras.: *O valor da ciência*. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995], retomando e aprofundando temas presentes em *La Science et l'hypothèse*. Antecipa a idéia de que a velocidade da luz é inultrapassável e discorre sobre a necessidade de se criar “uma nova mecânica”.

1908 Publica *Science et méthode*, seu terceiro livro de ensaios de divulgação. É eleito membro da Academia Francesa.

1910 É nomeado inspetor geral de minas.

1911 Publica *Les Sciences et les humanités*, em defesa da cultura literária e da educação clássica.

1912 Depois de uma operação, morre em Paris, em 17 de julho, provavelmente de embolia.

1913 Seus últimos artigos de divulgação em filosofia das ciências são publicados postumamente em *Dernières pensées*.

1916-1956 Sua obra completa, em onze volumes, é publicada pela Academia de Ciências.

• • •

Em vida, Poincaré publicou cerca de quinhentos trabalhos, principalmente em mecânica celeste, física, eletricidade e em todas as áreas da matemática, pura e aplicada. Foi membro de

35 sociedades científicas de todo o mundo e doutor *honoris causa* de diversas universidades. Recebeu muitos prêmios científicos a partir de 1872, até morrer. Foi membro de inúmeras comissões e conselhos a partir de 1897. Entre seus livros técnicos, quase sempre baseados em seus cursos, destacam-se *Potentiel et mécanique des fluides* (1886); *Théorie mathématique de la lumière*, t. I (1889) e t. II (1892); *Thermodynamique* (1892); *Électricité et optique*, t. I (1890) e t. II (1891); *Capillarité* (1895); *Leçons sur la théorie de l'élasticité* (1892); *Théorie des tourbillons* (1893); *Les Oscillations électriques* (1895); *Théorie analytique de la propagation de la chaleur* (1895); *Calcul des probabilités* (1896); *Théorie du potentiel newtonien* (1899); *Électricité et optique: la lumière et les théories électrodynamiques* (1899); *Leçons de mécanique celeste* (1905-1910); *Leçons sur les figures d'équilibre d'une masse fluide* (1900); e *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques* (1910).