



O engenheiro escocês William John Macquorn Rankine, em gravura de Henry Adlard (Wikipedia).

## Os métodos abstrativo e hipotético de formar teorias físicas (1855)

William J.M. Rankine (1820-1872)

Seções iniciais do artigo “Esboço da Ciência da Energética” (“Outlines of the Science of Energetics”), *Proceedings of the Royal Philosophical Society of Glasgow* 3 (1855) 121-41. Republicado em *Miscellaneous scientific papers*, ed. W.J. Millar, Charles Griffin, London, 1881, cap. XII, pp. 209-28. Tradução para o português feita por Osvaldo Pessoa Jr., para a disciplina Filosofia e História da Ciência Moderna (FLF0449), 1º semestre de 2017.

### [209] SEÇÃO I – O QUE CONSTITUI UMA TEORIA FÍSICA

Uma distinção essencial existe entre dois estágios no processo de fazer progredir nosso conhecimento das leis dos fenômenos físicos. O primeiro estágio consiste em observar as relações dos fenômenos – quer os que ocorrem no curso ordinário da natureza, quer os que são produzidos artificialmente em investigações experimentais – e em exprimir as relações assim observadas por meio de proposições chamadas leis formais [leis empíricas]. O segundo estágio consiste em reduzir as leis formais de uma classe inteira de fenômenos para a forma de uma ciência; ou seja, em descobrir o sistema mais simples de princípios, a partir do qual todas as leis formais da classe de fenômenos possam ser deduzidas como consequências.

Tal sistema de princípios, com suas consequências deduzidas metodicamente, constitui a TEORIA FÍSICA de uma classe de fenômenos.

Uma teoria física, como uma ciência abstrata [a matemática], consiste de definições e axiomas como primeiros princípios, e de proposições como suas consequências, mas com as seguintes diferenças. Primeiro, em uma ciência abstrata, uma definição atribui um nome a uma classe de noções derivadas originalmente da observação, mas não necessariamente correspondente a quaisquer objetos existentes de fenômenos naturais, e um axioma enuncia uma relação mútua entre tais noções, ou os nomes que os denotam. Por outro lado, numa ciência física, uma

definição enuncia propriedades comuns a uma classe de objetos existentes, ou fenômenos reais, e um axioma físico enuncia uma lei geral para as relações de fenômenos. Segundo, em uma ciência abstrata, as proposições descobertas primeiro são as mais simples, ao passo que em uma teoria física as proposições descobertas primeiro são geralmente numerosas e complexas, constituindo leis formais, os resultados imediatos da observação e experimento. A partir destes, chega-se subsequentemente a definições e axiomas através de um processo de raciocínio diferente daquele no qual uma proposição é deduzida de outra em uma ciência abstrata, em parte por ser mais complexo e difícil, e em parte por ser, até certo ponto, *tentativo* – ou seja, envolvendo o teste [*trial*] de princípios conjecturais, e sua aceitação ou rejeição, dependendo de se suas consequências concordam ou discordam das leis formais inferidas imediatamente da observação e do experimento.

### [210] SEÇÃO II – O MÉTODO ABSTRATIVO DE FORMAR UMA TEORIA FÍSICA, DISTINGUIDO DO MÉTODO HIPOTÉTICO

Dois métodos para compor [*frame*] uma teoria física podem ser distinguidos, caracterizados principalmente pela maneira em que as classes de fenômenos são definidas. Eles podem ser denominados, respectivamente, de métodos ABSTRATIVO e HIPOTÉTICO.

De acordo com o método ABSTRATIVO, uma classe de objetos ou fenômenos é

definida ao se descrever – ou se fazer entender de outra maneira – e se atribuir um nome ou símbolo àquela reunião de propriedades que é comum a todos os objetos ou fenômenos que compõem a classe, conforme percebida pelos sentidos, sem introduzir nada de hipotético [descritivismo\*].

De acordo com o método HIPOTÉTICO, uma classe de objetos ou fenômenos é definida, de acordo com uma concepção conjectural de sua natureza, como estando constituída – de uma maneira não aparente aos sentidos – por uma modificação de alguma outra classe de objetos ou fenômenos cujas leis já são conhecidas. Se for encontrado que as consequências de tal definição hipotética estão de acordo com os resultados da observação e experimento, então ela serve como maneira de se deduzirem as leis de uma classe de objetos ou fenômenos a partir das leis de outra classe.

As concepções conjecturais envolvidas no método hipotético podem ser divididas em duas classes, dependendo de se elas são adotadas como uma representação provável de um estado de coisas que pode realmente existir, mesmo que imperceptível para os sentidos, ou se são meramente um meio conveniente de exprimir as leis dos fenômenos. Duas espécies de hipóteses, a primeira podendo ser chamada de *objetiva* [realismo], e a segunda de *subjativa* [instrumentalismo]. Como exemplos de hipóteses objetivas, podem-se tomar a das vibrações ou oscilações na teoria da luz, e a dos átomos na química; como exemplo de uma hipótese subjativa, a dos fluidos magnéticos.

### SEÇÃO III – A CIÊNCIA DA MECÂNICA CONSIDERADA COMO UMA ILUSTRAÇÃO DO MÉTODO ABSTRATIVO

Os princípios da ciência da mecânica – o único exemplo já existente de uma teoria física completa – são todos formados a partir

---

\* (N. do Trad.) Os termos “descritivismo”, “realismo” e “instrumentalismo” são usados por Ernest Nagel no Cap. VI de seu *The structure of science* (London: Routledge & Kegan Paul, 1961), que faz referência também a Rankine.

de dados da experiência pelo método abstrativo. A classe de *objetos* aos quais a ciência da mecânica se refere – quais sejam, os corpos matérias – são definidos por meio das propriedades sensíveis que todos eles possuem – ou seja, as propriedades de ocupar espaço e de resistir à mudança de movimento. As duas classes de *fenômenos* aos quais a ciência de mecânica se refere são distinguidas por duas palavras, *movimento* e *força*. *Movimento* é uma palavra que [211] denota aquilo que há em comum na queda dos corpos ponderáveis, no escoamento de correntes, nas marés, nos ventos, nas vibrações de corpos sonoros, nas revoluções das estrelas e, em geral, em todos os fenômenos que envolvem alteração das porções de espaço ocupadas por corpos. E *força* é uma palavra que denota aquilo que há em comum nas atrações e repulsões mútuas entre os corpos, próximos ou distantes, e entre as partes dos corpos; na pressão mútua ou tensão [*stress*] dos corpos em contato, e das partes dos corpos; nos esforços musculares dos animais; e, em geral, em todos os fenômenos que tendem a produzir ou impedir o movimento.

As leis da composição e resolução dos movimentos, e da composição e resolução das forças, são expressas por proposições que são as consequências das definições de movimento e força, respectivamente. As leis das relações entre movimento e força são as consequências de certos axiomas, que são as expressões mais simples e gerais de tudo que tem sido constatado na experiência com respeito a tais relações.

### SEÇÃO IV – HIPÓTESES MECÂNICAS EM VÁRIOS RAMOS DA FÍSICA

O fato de a teoria dos movimentos e forças motivas ser a única teoria física completa levou naturalmente à adoção de *hipóteses mecânicas* nas teorias de outros ramos da física; em outras palavras, definições hipotéticas, nas quais classes de fenômenos são conjecturalmente definidas como sendo constituídas por alguma espécie de movimento ou força motiva que não é óbvia para os sentidos (chamada de movimento ou força *molecular*), como quando a luz ou calor radiante são definidos como consistindo de vibrações moleculares,

o calor termométrico como vórtices moleculares, e a rigidez dos sólidos como atrações e repulsões moleculares.

Movimentos e forças hipotéticas são às vezes atribuídos a *corpos hipotéticos*, como o éter luminífero; às vezes a *partes hipotéticas*, a partir dos quais se define conjecturalmente que os corpos tangíveis são formados, como os átomos, núcleos atômicos com atmosferas elásticas, etc.

Considera-se que uma hipótese mecânica atingiu seu objetivo quando, ao aplicar os conhecidos axiomas da mecânica aos hipotéticos movimentos e forças, obtêm-se resultados que concordam com as leis observadas das classes de fenômenos sob consideração; e quando, com o auxílio de tal hipótese, fenômenos anteriormente inobservados são previstos e leis são antecipadas, ela atinge um alto grau de probabilidade.

Uma hipótese mecânica é melhor quanto mais extenso o domínio dos fenômenos cujas leis ela serve para deduzir dos axiomas da mecânica. E a perfeição de tal hipótese seria se ela pudesse, [212] por meio de um sistema conectado de suposições, formar uma base para todos os ramos da física molecular.

#### SEÇÃO V – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE TEORIAS HIPOTÉTICAS

É bem conhecido que certas teorias hipotéticas, como a teoria ondulatória da luz, mostraram-se extremamente úteis, ao reduzir as leis de uma classe variada e complicada de fenômenos a poucos princípios simples, e ao antecipar leis que posteriormente foram verificadas pela observação.

Tais são os resultados a serem esperados a partir de hipóteses bem compostas em cada ramo da física, quando usadas com juízo, e especialmente com aquela precaução que surge da consideração de que mesmo aquelas hipóteses, cujas consequências são as mais completamente confirmadas pela experimentação, nunca podem atingir o grau de certeza que pertence a fatos observados, qualquer que seja a quantidade de evidência.

Sobre as hipóteses mecânicas em particular, observa-se que sua tendência é combinar todos os ramos da física em um único sistema, tornando os axiomas da mecânica os primeiros princípios das leis de todos os fenômenos – um objeto cuja

obtenção era um desejo intenso expresso por Newton.<sup>†</sup>

Nas teorias mecânicas da elasticidade, luz, calor e eletricidade, considerável progresso tem sido feito em direção a esse fim.

O desprezo da precaução já mencionada, porém, fez com que algumas hipóteses assumissem – nas mentes do público em geral, assim como nas de muitos homens científicos – aquela autoridade que pertence somente aos fatos. E uma tendência conseqüentemente se manifestou, muitas vezes, de deixar de lado, ou afastar por meio de uma explicação, fatos inconsistentes com essas hipóteses, fatos esses que se apreciados corretamente teriam formado a base para teorias verdadeiras. Assim, o fato da produção de calor por atrito, base da verdadeira teoria do calor, foi por longo tempo desprezado, por ser inconsistente com a hipótese do calórico. E o fato da produção do frio por correntes elétricas em certas junções metálicas, chave para a verdadeira teoria dos fenômenos da termoeletricidade (como o Prof. William Thomson recentemente mostrou), foi considerado por alguns como uma coisa a ser deixada de lado, devido à inconsistência com suposições prevalentes com respeito ao “fluido elétrico”, e por outros considerado um delírio.

Tais são os males que surgem do abuso de hipóteses.

#### [213] SEÇÃO VI – VANTAGENS DE UMA EXTENSÃO DO MÉTODO ABSTRATIVO DE FORMAR TEORIAS

Além do aperfeiçoamento de hipóteses mecânicas, outro método inteiramente diferente apresenta-se para combinar as ciências físicas em um único sistema, e isso através de uma *extensão do PROCESSO ABSTRATIVO* de compor teorias.

O método abstrativo já foi aplicado parcialmente, e com sucesso, em ramos especiais da física molecular, como o calor, a

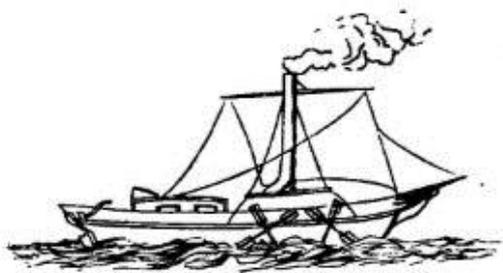
---

<sup>†</sup> *Utinam cætera naturæ phænomena ex principiis mechanicis eodem argumentandi genere derivare liceret.* [Eu gostaria que pudéssemos derivar o resto dos fenômenos da Natureza dos princípios mecânicos pelo mesmo tipo de raciocínio] (Prefácio do *Principia*)

eletricidade e o magnetismo. Devemos agora considerar de que maneira ele deve ser aplicado para a física em geral, considerada como uma ciência única.

Ao invés de supor que as várias classes de fenômenos físicos são constituídas, de maneira oculta, de modificações do movimento e da força, distingamos as propriedades que essas classes possuem em comum entre si, de maneira a definir classes mais extensas denotadas por termos apropriados. Em relação a axiomas, para exprimir as leis daquelas classes mais extensas de fenômenos, componhamos proposições que abarquem como casos particulares as leis das classes particulares de fenômenos, abarcadas sob as classes mais extensas. Chegamos assim a um corpo de princípios, aplicáveis aos fenômenos físicos em geral, que, tendo sido composto por indução a partir de fatos apenas, estará livre da incerteza que está sempre ligada mesmo àquelas hipóteses mecânicas cujas consequências são mais completamente confirmadas pelos experimentos.

Esta extensão do processo abstrativo não é proposta para substituir o método hipotético de teorização; pois em quase qualquer ramo da física molecular pode-se defender que uma teoria hipotética seja necessária, como passo preliminar, para reduzir a expressão dos fenômenos à simplicidade e ordem, antes que seja possível qualquer progresso na composição de uma teoria abstrativa.



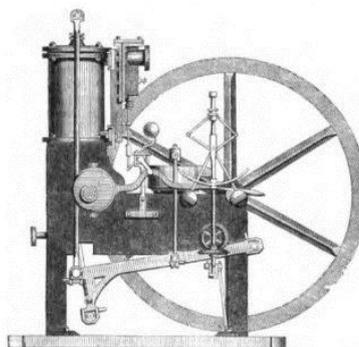
## SEÇÃO VII – A NATUREZA DA CIÊNCIA DA ENERGÉTICA

A energia, ou a capacidade de efetuar mudanças, é a característica comum dos vários estados da matéria aos quais os muitos ramos da física se relacionam. Portanto, se houver leis gerais com respeito à energia, tais leis devem ser aplicadas, *mutatis mutandis* [uma vez efetuadas as necessárias mudanças], a todos os ramos da física, e devem exprimir um corpo de princípios referentes a fenômenos físicos em geral.

Em artigo lido diante da Sociedade Filosófica de Glasgow, 1853, uma primeira tentativa foi feita para investigar tais princípios, definindo-se a *energia atual* [cinética] e a *energia potencial*, e demonstrando uma lei geral das transformações mútuas dessas espécies de energia, [214] sendo que um caso particular é uma lei que já era conhecida da ação mecânica do calor em corpos elásticos, e outro a lei posteriormente demonstrada que forma a base da teoria da termoeletricidade do Prof. William Thomson.

O objetivo do presente artigo é apresentar, de forma mais sistemática, esses dois princípios e também alguns outros, que formam parte de uma ciência cujos objetos são corpos materiais e fenômenos físicos em geral, e que se propõe que se chame a *Ciência da Energética*.

[...]



Barco a vapor “Comet”, 1812, construído por Henry Bell para serviço comercial na Escócia. Ilustrações do barco e de seu motor extraídas do livro de Rankine (1859), *A manual of the steam engine and other prime movers*, pp. xxv-xxvi.