

## Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin (*Two clouds still obscure the reputation of Lord Kelvin*)

Peter A. Schulz<sup>1</sup>

*Instituto de Física ‘Gleb Wataghin’, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brazil*

Lorde Kelvin é considerado um dos mais importantes físicos do século XIX. Talento multifacetado e homem público é autor de aforismos famosos, mas muitas frases a ele atribuídas não passam de lendas urbanas. Uma das mais famosas é a de “existem apenas duas nuvenzinhas no céu da física”, e suas variantes, aludindo à crença de completude da física no início do século passado. As “duas nuvenzinhas” nada mais são do que a teoria da relatividade e a mecânica quântica, os dois pilares da física moderna. Ao contrário do que muitos propagam, Lorde Kelvin na verdade parecia estar bem ciente do impasse da física clássica na época e deixou para os seus sucessores uma indicação clara de que rumos deveriam ser seguidos.

**Palavras-chave:** história da física, física clássica, fundamentos da física moderna.

Lord Kelvin is considered one of the most important physicists of the nineteenth century. With multiple talents and a public man, he is the author of famous aphorisms, but many phrases attributed to him are not more than urban legends. One of the most known is that “there are only two little clouds in the sky of physics” and many variations, alluding the belief of completeness in physics at the beginning of the last century. The “two little clouds” are nothing else than the theory of relativity and quantum mechanics, the two pillars of modern physics. In opposition to what is often propagated, Lord Kelvin seemed to be quite aware of the dead end of classical physics at that time and gave a clear indication to the newcomers of the paths to be followed.

**Keywords:** history of physics, classical physics, fundamentals of modern physics.

Quando a lenda torna-se um fato, imprima-se a lenda.

Essa é a resposta de um jornalista ao Senador Ransom Stoddart (James Stewart), que tenta desfazer seu mito (que fez sua projeção política) de ter matado o facínora Liberty Valance (interpretado por Lee Marvin), morto na realidade por Tom Doniphon (John Wayne) no filme “O homem que matou o facínora”, dirigido por John Ford.

Há dois anos comemorávamos intensamente o ano internacional da física e as contribuições fundamentais de Albert Einstein foram amplamente recapituladas, pois essas se confundem com os próprios fundamentos de quase toda a física desenvolvida nos 100 anos seguintes. Um dos efeitos colaterais de comemorações desse tipo é uma certa facilidade na proliferação de lendas, tomadas como verdade, mas raramente checadas. Afinal, a revolução no conhecimento humano proporcionada pela física moderna torna-se ainda mais saborosa se lembrarmos de que os cientistas renomados da época

teriam dito que “não há nada de novo para ser descoberto na física, tudo o que resta são medições mais e mais precisas”. A verdade é bem mais complexa, mas deixando de lado a lenda, vamos aos fatos.

Existe uma longa série de frases atribuídas a Lorde Kelvin, que pode ser verificada na Web [1]. Interessamos aqui um aforismo em particular, que em uma de suas versões apresenta-se assim:

No céu azul da física clássica existem apenas duas nuvens a serem dirimidas... [2]

Acho que quase todos nós já lemos ou ouvimos uma palestra mencionando com um toque mais ou menos irônico sobre “apenas duas nuvens”, que muitas vezes assumem a forma de “duas nuvenzinhas” de Lorde Kelvin. Ouvi um desagravo em uma palestra de Yuval Neeman,<sup>2</sup> o que me levou a investigar o assunto. Vale lembrar que também existem muitos registros escritos que dão a interpretação adequada às nuvens, como a discutida a seguir, e que eu obviamente não sou original nesse aspecto.

<sup>1</sup>E-mail: pschulz@ifl.unicamp.br.

<sup>2</sup>Físico israelense (1925-2006), conhecido pela descoberta, independentemente de Murray Gellmann, do modelo dos quarks.

A fonte original é um artigo publicado em 1901, versão revisada de um discurso proferido no ano anterior. O título do artigo é: “Nuvens do século dezanove sobre a teoria dinâmica do calor e da luz” [3]. O primeiro parágrafo deixa claro do que trata o artigo:

A beleza e clareza da teoria dinâmica, que coloca calor e luz como modos de movimento, está presentemente obscurecida por duas nuvens. I. A primeira apareceu com a teoria ondulatória da luz, desenvolvida por Fresnel e o Dr. Thomas Young; envolvendo a questão de como pode a Terra mover-se através de um sólido elástico, como o é essencialmente o éter luminífero? II. A segunda é a doutrina de Maxwell-Boltzmann sobre a equipartição de energia.

A primeira observação a ser feita refere-se à ausência do diminutivo “nuvenzinhas” ou da palavra “apenas”. Nem poderiam existir, pois Lorde Kelvin debruça-se sobre essas duas questões nas 39 páginas seguintes do artigo!

A discussão do problema do movimento da Terra no éter, origem da teoria da relatividade (cuja formulação, na sua versão restrita, de Einstein prescindindo do éter foi publicada apenas 4 anos depois) ocupa “apenas” as 6 páginas seguintes ao parágrafo inicial. Essa discussão sobre a nuvem I termina com um comentário sobre o experimento de Michelson e Morley, que mostrou a ausência de movimento da Terra em relação ao éter:

Eu não consigo vislumbrar nenhuma falha, tanto na concepção quanto na execução do experimento. Mas uma possibilidade de escapar da conclusão que o experimento parece provar<sup>3</sup>, pode ser encontrada em uma brilhante sugestão feita independentemente por FitzGerald e por Lorentz de Leyden, de que o efeito do movimento do éter através da matéria poderia alterar levemente as dimensões lineares desta....  
...Eu temo que devemos considerar a nuvem I como muito densa.

Eu temo que devemos considerar que Lorde Kelvin intuía a dimensão da tempestade.

A nuvem número “II” é discutida nas últimas 33 páginas. É difícil acreditar que alguém dedique 33 páginas de um artigo impresso a “uma nuvenzinha”. O problema colocado pela equipartição de energia não podia ser resolvido no âmbito da física clássica. A dificuldade era realmente enorme, pois a equipartição de energia era incompatível com os resultados experimentais para os calores específicos dos gases. No final de seu artigo, Lorde Kelvin cita seu eminente colega Lorde Rayleigh [4].

<sup>3</sup>Ou seja: a inexistência do éter.

As dificuldades conectadas com a aplicação da lei de equipartição de energia para gases reais vem sendo sentida há muito. No caso do Argônio, do Hélio e do vapor de Mercúrio, a razão de calores específicos (1,67) limita os graus de liberdade de cada molécula aos três requeridos pelo movimento de translação. O valor de 1,4 aplicável aos principais gases diatômicos dá lugar aos três graus de liberdade de translação e dois de rotação. Nada sobra para a rotação em torno da linha juntando os átomos, nem para o movimento relativo dos átomos ao longo dessa linha. Mesmo que consideremos os átomos como meros pontos, cuja rotação nada significa, ainda deveria existir energia do último tipo mencionado e a sua quantidade (de acordo com a lei) não deveria ser inferior...

...Os dois átomos continuam dois átomos e os graus de liberdade permanecem seis em número.

O que parece ser desejado é uma escapatória da destrutiva simplicidade dessa conclusão geral.

Logo após essa citação, Lorde Kelvin finaliza seu artigo com um parágrafo que eu interpreto como sarcástico em relação ao status quo, em vez de desdenhoso em relação ao futuro da física:

A maneira mais simples de chegar a esse resultado desejado é negar a conclusão e, assim, no início do século XX, perder de vista essa nuvem que tem obscurecido o brilho da teoria molecular do calor e luz durante o último quarto do século XIX.

Não muito tempo depois descobriu-se que só a física quântica poderia resolver esse problema [5] e uma leitura cuidadosa do seu artigo leva à conclusão de que Lorde Kelvin reconheceu claramente as limitações da física clássica. A Lorde Kelvin também é atribuída a frase de que “nada mais existe para ser descoberto na física, restando apenas medidas mais precisas”. Não encontrei registros originais que possam resgatar a origem dessa frase. Muitas vezes ela é citada como complemento à das “nuvenzinhas”, mas não existe nenhum conjunto de palavras parecido a esse no artigo de 1901 publicado no Phil. Mag. Essa lenda é alardeada também na imprensa não especializada, como no trecho abaixo, publicado na revista Carta Capital [6].

No final de sua carreira, Lorde Kelvin, “o mais famoso físico do fim do século XIX”, recomendava aos jovens não se dedicarem à física, pois a essa disciplina só restava acrescentar casas decimais a algumas constantes

e resolver problemas secundários. Como as “duas nuvens” na teoria da luz e do calor que citou em sua famosa palestra de 27 de abril de 1900: o fracasso da tentativa de medir a velocidade da Terra por meio do éter e a dificuldade de explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido.

O problema da radiação do corpo negro [7] não é discutido por Kelvin, embora a solução encontrada por Planck fornecesse o conceito de quantização, que também seria a solução para o dilema colocado pela equipartição para a teoria cinética dos gases. Lorde Kelvin nem ao menos cita o trabalho de Max Planck como possível caminho de solução, como fez com os trabalhos de FitzGerald e Lorentz no caso da Nuvem de número I, provavelmente por ainda não conhecê-lo: a palestra de Lorde Kelvin (o artigo é a reprodução da palestra) foi proferida a 27 de abril de 1900 e o trabalho de Planck introduzindo o *quantum* foi apresentado só alguns meses depois a 14 de dezembro de 1900. No resumo de seu artigo, Lorde Kelvin comenta que faz adições à palestra, que descrevem o trabalho realizado por ele após a palestra. Esse trabalho é voltado, no entanto, ainda à teoria cinética dos gases e há um agradecimento especial a seu secretário e assistente, Mr. William Anderson, responsável pelos cálculos descritos ao longo das 33 páginas dedicadas à nuvem de número II.

Esses cálculos merecem um artigo à parte. Para verificar alguns aspectos da “doutrina de Boltzmann-Maxwell” sobre a teoria cinética dos gases, Anderson gerou números aleatórios com um baralho de cartas numeradas e calculou um total de 5000 impactos moleculares com superfícies e 300 colisões inter-moleculares, realizando assim o que foi provavelmente a primeira simulação de um tipo que depois passou a ser conhecida por método de Monte Carlo [8].

Para finalizar seria útil averiguar um pouco melhor a possível origem dessas frases, cuja atribuição a Lorde Kelvin talvez seja devida a sua proeminência no cenário científico da época. Em particular volto a uma frase apócrifa já mencionada:

Não existe nada de novo para ser descoberto em física agora, tudo o que resta são experimentos mais e mais precisos [1] (1900?).

Essa frase ilustra um sentimento de completude, que volta e meia ressurgiu na comunidade científica. Sem me deter com um possível sentimento desses do final do século XX, que alardeia a famosa “Teoria de Tudo” [9], no final do século XIX tal atitude parecia ser razoavelmente generalizada e é objeto de estudo em história da ciência. No que se refere a Lorde Kelvin, é especialmente interessante o artigo de Lawrence Badash,

*The Completeness of Nineteenth-Century Science* [10]. Segundo levantamento bibliográfico feito por Badash, a origem se deve, de forma involuntária, pois ele não acreditava nisso, a James Clerk Maxwell numa palestra realizada na Universidade de Cambridge em 1871:

Essa característica dos experimentos modernos – de que consistem principalmente de medidas – é tão proeminente, que a opinião de que em uns poucos anos todas as grandes constantes da física serão aproximadamente estimadas e que a única ocupação que será deixada para os homens de ciência será aprimorar esses experimentos e aumentar a precisão em mais uma casa decimal, parece ter se generalizado [10].

Temos então uma fonte mais remota para o tal “não há nada de novo a ser descoberto” atribuído a Kelvin; mas outro trecho, agora de um texto de A.A. Michelson de 1894, merece uma divulgação mais ampla:

Embora nunca é seguro afirmar que o futuro das ciências físicas não tem maravilhas em estoque ainda mais impressionantes que as do passado, parece provável que a maior parte dos grandes princípios foram firmemente estabelecidos e que avanços futuros precisam ser buscados arduamente na aplicação rigorosa desses princípios a todos os fenômenos de que tomamos conhecimento. Aqui é que a ciência da medida mostra sua importância - onde os resultados quantitativos são mais desejados do que o trabalho qualitativo. Um eminente físico ressaltou que as verdades futuras das ciências físicas devem ser procuradas na sexta casa decimal [10].

Ainda segundo o artigo de Badash, o “eminente físico” de acordo com o colega de Michelson, Robert A. Millikan, seria provavelmente Lorde Kelvin. Millikan notou ainda que Michelson se recriminou por esse comentário.<sup>4</sup>

A Lorde Kelvin são atribuídas ainda outras frases, algumas verdadeiras e outras apócrifas, mas quanto ao futuro da física no limiar do século XX, dificilmente poderíamos imaginar um visionário mais arguto. No centenário de sua morte deve-se publicar mais uma vez o fato e deixar a lenda de lado.

## Referências

- [1] <http://www.physics.gla.ac.uk/Physics3/Kelvin{ }online/{#}quotations>.

<sup>4</sup> Não há dúvidas, porém, de que medidas precisas revelam fenômenos emergentes e que física nova de fato pode existir não só na sexta, mas também na oitava casa decimal.

- [2] Francisco Caruso, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **20**, 251 (1998). O autor cita a fonte original, mas menciona um outro trabalho sobre Lorde Kelvin como referência.
- [3] Lorde Kelvin, *Phil. Mag. S.6.* **2**, Julho (1901).
- [4] Lorde Rayleigh, On the law of partition of energy. *Phil. Mag. Jan.* (1900).
- [5] Uma discussão interessante dessa história e o surgimento da mecânica quântica pode ser apreciada em João Pedro Braga, *Química Nova* **24**, 693 (2001).
- [6] Antonio Luiz Monteiro Coelho da Costa, O valor da ignorância. *Carta Capital*, edição 351, julho de 2005 <http://www.cartacapital.com.br/edicoes/2005/07/351/2465/>.
- [7] Nelson Studart, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **22**, 523 (2000).
- [8] Veja também o comentário de G.A. Bird, *Ann. Rev. Fluid Mech.* **10**, 11 (1978)
- [9] R.B. Laughlin e David Pines, *PNAS* **97**, 28 (2000).
- [10] Lawrence Badash, *Isis* **63**, 48 (1972). As fontes originais de frases reproduzidas aqui são mencionadas no artigo de Badash.