



Equipamento do Museu Faraday para experiência de Rotação de Faraday.

[Rotação de Faraday](#)

[Podcast sobre Rotação de Faraday](#)

Neste trabalho poderá ver como Faraday chegou ao efeito da rotação da polarização da luz por ação de um campo magnético. Faraday foi criticado por muitos cientistas matemáticos quando extrapolava o seu conhecimento experimental e a matemática não confirmava a experimentação que realizava.

Em junho de 1845, depois de umas longas férias em que se ausentou do seu laboratório, Faraday assistiu à reunião anual da *British Association for the Advancement of Science*, em Cambridge, onde encontrou o seu amigo [William Whewell](#)¹ (1794-1866). Num dos intervalos das sessões, um jovem escocês de 20 anos, matemático e físico, com o nome [William Thomson](#) (1824-1907), que vinha rotulado de génio já desde a sua infância, aproximou-se de Faraday e disse-lhe que as suas linhas de força podiam ser obtidas a partir das mesmas equações que [Joseph Fourier](#) (1768-1830) tinha obtido para a transmissão de calor numa barra metálica.

Faraday, que tinha uma linguagem baseada na experimentação e não na teoria matemática, não achou relevante a afirmação de Thomson. Em agosto do mesmo ano, Thomson escreveu a Faraday

¹ - Foi Whewell que sugeriu os nomes: ião, ânodo e cátodo que Faraday procurava.
Museu Faraday, Moisés Piedade, novembro de 2023

mostrando a sua convicção sobre a existência real das linhas de força e que estas evidenciavam a existência de um esforço sobre um meio existente entre dois objetos eletricamente carregados.

Thomson tinha conhecimento de que um esforço mecânico sobre um material transparente em que se propagava uma luz polarizada tinha efeito sobre essa polarização, alterando-a. Thomson escreveu a Faraday perguntando-lhe se, nas experiências que tinha feito, notava algum efeito da força elétrica sobre a polarização da luz. Faraday nas suas experiências não tinha notado qualquer influência mas, ao ver o interesse nos seus trabalhos de um matemático tão brilhante, respondeu a Thomson que iria voltar a experimentar.

As experiências de Faraday com a luz polarizada

Para fazer as experiências, Faraday construiu um instrumento simples. Faraday usava a luz de uma candeia de azeite que era polarizada por reflexão num vidro. A luz polarizada seguia para a amostra a ensaiar e depois era aplicada a um outro polarizador com plano de polarização ortogonal ao primeiro. Resultaria, daqui, que a luz ao passar nos dois polarizadores era completamente atenuada se não houvesse qualquer ação sobre o plano de polarização da luz que atravessava o meio em ensaio. Experimentalmente, Faraday espreitava por uma lente ocular, colocada junto do segundo polarizador, na esperança de poder observar qualquer passagem de luz, resultante da interação da força elétrica com a luz.

Faraday começou, com o seu rigor metódico, a fazer experiências com uma grande quantidade de líquidos transparentes, soluções de vários sais, submetendo-os à transmissão da luz polarizada e tentando aplicar campos elétricos muito elevados, transversalmente ou longitudinalmente à direção da luz. Nada resultou.

Faraday dispunha na *Royal Institution* de poderosos eletroímãs, com os quais tinha feito as suas experiências com magnetismo e pensou que a força magnética que podia gerar era bastante mais forte do que a força elétrica que dispunha no laboratório. Todavia, os ensaios que realizou com soluções de líquidos não originaram qualquer evidência de efeito, possivelmente existente, entre a força elétrica ou a força magnética sobre a polarização da luz.

Faraday, 20 anos antes, tinha trabalhado e produzido vidros de alta densidade na *Royal Academy*. Estes vidros transparentes foram fabricados com borossilicato de chumbo e Faraday resolveu repetir as experiências com um destes vidros, um prisma quadrangular com cerca de 50 mm de comprimento e 12 mm de lado. Faraday experimentou todas as posições da amostra de vidro atravessada pela luz, relativamente às peças polares. Quando o campo magnético estava alinhado com a direção da luz, Faraday observou uma pequena chama, muito fraca, que mais não era do que a imagem da chama da candeia que produzia a luz. E, deste modo, Faraday voltava a descobrir um novo fenómeno.

Faraday queria gerar um campo magnético mais forte e requisitou ao Laboratório da *Royal Military Academy de Woolwich* um eletroímã mais forte do que aquele que dispunha no seu laboratório da *Royal Institution*.

No dia dos ensaios realizados com o novo eletroímã, Faraday teve duas surpresas: 1)- o efeito foi mais pronunciado e a imagem no alvo era mais nítida; 2)- Faraday notou a existência de algum atraso no aparecimento da imagem mais nítida, o que confirmou uma sua suspeita, já observada em ensaios correlacionados, de que os materiais magnéticos do eletroímã demoravam algum tempo a reagir à aplicação a corrente elétrica. Faraday verificou que o desvio de polarização era proporcional à intensidade do campo magnético que resultava de diferentes correntes no eletroímã.

Depois de escrever 12 páginas sobre as experiências que realizou nesse dia, Faraday terminou as suas notas com: *“An excellent day’s work”*.

O eletroímã gigante de Faraday

Faraday estava convencido de que a força magnética atuava sobre outros materiais que não eram só os materiais conhecidos baseados em ferro. A experiência com a interação do campo magnético com a luz convenceu-o de que também haveria uma interação com a substância transparente usada.

Mas o eletroímã que tinha vindo de Woolwich ainda não era suficientemente poderoso para as ambições de Faraday. Faraday procurou e encontrou um núcleo de ferro apropriado para fazer um eletroímã gigante: metade de um elo de aço de uma corrente que puxava a ancora de um grande navio.



Royal Institution – Laboratório de Faraday como era em 1850.

1- Eletroímã gigante; 2- peças polares amovíveis; 3- Chaminé de vidro.

Sobre este núcleo, Faraday enrolou cerca de 150 m de fio de cobre isolado com uma tira de pano de algodão. O eletroímã pesava cerca de 110 kg e ficou pronto no dia 4 de novembro desse ano.

Da rotação de Faraday ao diamagnetismo

Faraday pendurava as amostras que queria ensaiar por um fio que descia por dentro de um tubo de vidro com a forma de uma chaminé, não fossem as correntes de ar afetar as experiências.

Quando Faraday pendurou o seu prisma quadrangular de vidro pesado sobre o seu eletroímã gigante, ele alinhou-se na perpendicular ao campo magnético. Experimentou com várias substâncias incluindo líquidos em reservatórios e obteve resultados parecidos. Faraday concluiu: há interação entre um campo magnético e a matéria sem ser a dos materiais que se alinham com o campo magnético. Com a ajuda do seu amigo Whewell, Faraday chamou a estes materiais diamagnéticos e aos que tem comportamento semelhante ao do ferro chamou-lhes paramagnéticos.

Faraday verificou identificou o metal bismuto como sendo a substância que tinha as propriedades de diamagnetismo mais acentuadas.

Faraday fez muitas experiências e, de tão entusiasmado que estava com as suas novas descobertas, nem apresentou o seu artigo *“On the Action of Magnets by Light”*, o artigo da Rotação de Faraday, na reunião da Royal Society de 20 de novembro, tendo pedido que lhe apresentassem o artigo.

Surgiram muitas teorias sobre o comportamento das substâncias diamagnéticas, propostas por renomados cientistas como [Cristian Oersted](#) (1777-1851), [Edmond Becquerel](#) (1820-1891) e outros. Faraday com o seu rigor experimental foi desmontando as várias teorias, através de experiências muito criativas que idealizou. O alemão [Wilhelm Weber](#) (1804-1891) fez uma experiência baseada na lei de indução de Faraday, onde demonstrou que uma barra de bismuto, aproximando-se de uma bobina secundária na presença de uma bobina primária excitada por uma corrente, induzia uma força eletromotriz contrária ao que fazia uma barra de ferro. Este resultado mostrou a Faraday que alguns materiais rarefaziam as linhas de força à sua volta, contrariamente a outros que as concentravam.

Faraday improvisa sobre a unificação das forças da natureza

No dia 3 de abril de 1846, nas palestras *“Royal Institution Friday Evening Discourses”* a estrela que falaria em último lugar da série de apresentações seria [Charles Wheatstone](#) (1802-1875). Wheatstone não gostava de falar em público e quando ia a entrar na sala, entrou em pânico e recusou-se a fazer a apresentação. Faraday tentou em vão que Wheatstone fizesse a apresentação prevista, mas este declinou. Faraday tentou resolver o problema e como tinha excelentes qualidades de orador, pediu desculpa ao público pagante e disse que iria substituir Wheatstone no tempo que

Ihe estava destinado. Faraday começou por exprimir pensamentos que tinha vindo a consolidar sobre as linhas de força e do seu caráter universal, na eletricidade, no magnetismo e acrescentou a gravidade e a firme convicção de que todas as forças conhecidas da natureza estavam ligadas através de campos e de que a sua propagação demorava algum tempo a atuar.

Esta teoria não caiu bem no mundo científico. Este, apesar de reconhecer Faraday como um experimentalista exímio, admitia que ele não dispunha de conhecimentos matemáticos que lhe permitissem fazer esta teorização. Além de que incluir a gravidade no conceito das linhas de força era uma especulação absurda. Até então, e desde Newton, era ponto assente que gravidade atuava instantaneamente e em linha reta. O sucessor de Faraday na direção da *Royal Institution*, [John Tyndall](#) (1820-1893) apressou-se a caracterizar a especulação de Faraday: *“one of most singular speculations that ever emanated from a scientific man”*

O próprio Faraday reconheceu que a sua profunda convicção da ligação entre todas as forças da natureza, o levou, talvez, a exagerar um pouco na palestra realizada em 3 de abril de 1846. Faraday na sua publicação seguinte, na revista *Philosophical Magazine*, *“Thoughts on Ray-vibrations”* recuou um pouco nas afirmações da gravidade se propagar através de linhas de força.

Faraday resistiu a todas as tentativas teóricas e experimentais que não aceitavam a sua teoria das linhas de força, mas em 1857 recebeu, com muita satisfação, uma carta contendo uma cópia de um artigo com uma contribuição teórica fundamental do jovem cientista James Maxwell. O artigo *“On the Faraday’s Lines of Force”* explicava o eletromagnetismo em termos deste conceito de Faraday.

Faraday nunca teve orientandos incluídos nas suas investigações. Era um trabalhador incansável, mas era muito senhor do seu conhecimento e das suas certezas. Um dia escreveu:

“I have looked long and often for a genius for our laboratory, but have never found one. But I have seen many who would, I think, if they had submitted themselves to a sound self-applied discipline of mind, have become successful experimental philosophers”.

Mas Faraday estava certo, como viriam a provar Maxwell e, mais tarde, Einstein.

Agradecimento:

Ao Prof. Carlos Ferreira Fernandes, pelo cuidado que pôs na revisão deste documento.

Bibliografia:

- 1- M. Faraday- “Experimental Researches in Electricity”, Dover Publications, Inc. ISBN-13-978-0-486-43505-3
- 2- N. Forbes e B. Mahon – “Faraday, Maxwell and the Electromagnetic Field” – Prometheus Books, ISBN 978-1-61614-942-0
- 3- J. Maxwell – “A Treatise on Electricity and Magnetism”, vol I, Cambridge University Press, ISBN-978-1-108-01403-8
- 4- F. A. James – “Michael Faraday: A Very Short Introduction” - Oxford University Press, ISBN: 9780199574315