

Na segunda metade do século XIX, com relevância especial para as três últimas décadas, assistiu-se a uma explosão fulgurante de aplicações técnicas da ciência, particularmente da Física, mas também da Química. Pode caracterizar-se esta fase como uma "segunda revolução industrial", em seguimento da revolução baseada na máquina a vapor. É a era da tecnologia da electricidade a iluminar as casas e as ruas, a substituir a força dos motores a vapor, a invadir os transportes públicos, a dar origem às comunicações "instantâneas", com o telefone, a telegrafia sem fios, etc.

# A FÍSICA NO FIM D

As mudanças de século são sempre acompanhadas de reflexões, de análises retrospectivas e prospectivas e até, por vezes, de leituras de cariz místico ou ocultista acerca da evolução dos acontecimentos. Também na ciência se verifica essa tendência para a reflexão através de análises da sua evolução. Lucien Poincaré <sup>1</sup>, autor de textos de Física e Inspector Geral da Instrução Pública de França, na sua obra "*La Physique Moderne: son évolution*" <sup>2</sup>, publicada em 1906, diz:

*Ouve-se vulgarmente repetir que a Física, particularmente, sofreu nos últimos anos uma verdadeira revolução, que todos os princípios foram renovados, que todos os edifícios construídos pelos nossos pais foram derrubados e que, sobre o campo assim tornado livre, cresceu a colheita mais abundante que jamais veio enriquecer o domínio da ciência.*

Mais adiante Poincaré procura temperar algum exagero daquelas vozes, compreensível aliás, afirmando:

*Olhando-se de perto, apercebemo-nos que os nossos antepassados teriam podido também, em diversos períodos da história, conceber, tão legitimamente como nós, sentimentos de orgulho científico análogos aos nossos e experimentarem também a sensação de que o mundo lhes iria aparecer transformado em aspectos até então absolutamente desconhecidos.*

Toma então como exemplo o que se tinha passado cem anos antes, isto é, na transição do século XVIII para o XIX. Imagina um observador inteligente e atento que assiste em 1800 à descoberta da pilha de Volta e, em consequência dessa descoberta e por ter sido educado nas

MANUEL FERNANDES THOMAZ

Departamento de Física e Centro de Estudos de História e

Filosofia da Ciência e da Técnica

Universidade de Aveiro

mftomaz@fis.ua.pt

# O SÉCULO XIX

ideias de Coulomb e de Franklin, presente que aquele dispositivo inteiramente original vai fazer nascer aplicações de interesse primordial e provocar a eclosão de teorias de um alcance filosófico imenso.

Haüy<sup>3</sup>, contemporâneo da descoberta de Volta, apresentava isso mesmo e escrevia nessa altura:

*A electricidade enriquecida pelos trabalhos de tantos físicos distintos parecia ter chegado ao termo em que uma ciência não tem já passos importantes a dar e não deixa aqueles que a cultivarão a seguir senão a esperança de confirmar as descobertas dos seus predecessores e de espalhar maior luz sobre as verdades reveladas.*

*(...) Enquanto a ciência parecia tender assim para o repouso, os fenómenos dos movimentos convulsivos observados por Galvani nos músculos duma rã em contacto com metais, vieram oferecer-se à atenção e espanto dos físicos.*

*(...) Volta, situado no seio dessa mesma Itália que tinha sido o berço dos novos conhecimentos, descobriu o princípio da sua verdadeira teoria, através de um facto que conduz a explicação de todos os fenómenos ao simples contacto de duas substâncias de natureza diferente, e esse facto tornou-se nas suas mãos como o germe do admirável aparelho, ao qual as propriedades e a fecundidade consignam um dos primeiros lugares entre aqueles com que o génio humano enriqueceu a Física.*

O nosso observador atento assiste também à descoberta da decomposição da água por meio da pilha e à extracção de metais a partir de substâncias terrosas por Davy, usan-

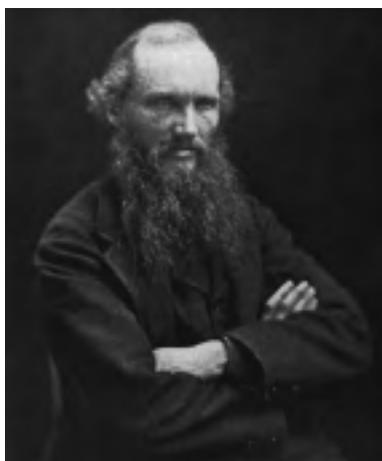
do a mesma pilha. Observa a recuperação por Young, em 1802, da teoria ondulatória da luz e, em 1808, a descoberta da polarização por Malus. Ouve falar de um certo Rumford que surge com a ideia de que a substância "calórico" não existe e que prova que o calor é criado pelo atrito. Presencia a edição dos volumes III e IV da "Mecânica Celeste" de Laplace (1804, 1805) e pensa que a Matemática vai permitir à Física um desenvolvimento e uma segurança imprevisíveis.

Mais ou menos pela mesma altura em que Poincaré escrevia o seu livro, realizava-se em St. Louis, nos Estados Unidos, por ocasião da Exposição Universal de 1904, o *Congress of Arts and Science*, cujas actas se desdobram por 8 volumes, sendo o quarto dedicado à Física, Química, Astronomia e Ciências da Terra. Em subtítulo de algumas das várias edições das actas, escreve: *Conferências universitárias internacionais proferidas pelos mais distintos representantes das mais importantes universidades do mundo*, o que traduz o espírito pretendido para o congresso. Numa das conferências da Secção de Ciências Físicas, Carl Barus procura descrever os progressos da Física no século XIX, percorrendo 33 subdomínios, desde a mecânica, passando pela termodinâmica, electricidade, magnetismo e óptica, até à radioactividade, teoria do electrão e outras áreas mais recentes, usando uma classificação por ele escolhida<sup>4</sup>. Reconhece que a tarefa é demasiado pesada para qualquer pessoa, mas diz ser seu objectivo *coligir os artigos mais importantes na história da física*, traduzindo a ideia de que, como ele diz, *a ciência ganharia se as investigações de importância decisiva fossem canonizadas por algum augusto tribunal, para beneficio da sociedade.*

## USO GENERALIZADO DA MEDIÇÃO

Uma das evoluções de maiores consequências a que a Física do século XIX assistiu foi o uso generalizado da medição. É certo que ela foi preparada e iniciada no século anterior, mas neste quase não havia experimentação planeada, incluindo medições das grandezas físicas. Havia, sim, medição de grandezas com o fim de coligir dados sobre temperaturas, pressões, altitudes, latitudes e longitudes, posições dos astros, tempo, etc. Caracterizavam-se efemérides de fenómenos naturais. Experimentação, no sentido que hoje lhe é dado, quase não existia, mesmo em Física. Havia observação e descrição qualitativa de fenómenos físicos. Porém, em geral, a grande maioria dos fenómenos eram estudados e analisados qualitativamente, sem se efectuarem verdadeiras medidas.

No século XIX, começa-se a perceber que, para estabelecer relações entre as grandezas físicas e para verificar ou corrigir leis expressas por equações, é indispensável medir essas grandezas e fazê-lo com precisão cada vez maior. Para a física experimental chegar à física matemática (ou física teórica, como se diria hoje), é necessário medir tudo com a máxima precisão. O valor da medição pode traduzir-se pela afirmação de Lord Kelvin, ao dizer *que se se puder medir aquilo de que se fala e exprimi-lo por um número, sabe-se qualquer coisa a respeito do assunto, mas, se não se puder medir, se não se puder exprimi-lo em números, então os conhecimentos são pobres e pouco satisfatórios...*<sup>5</sup>.



Lord Kelvin, ou William Thomson, físico britânico co-autor da segunda lei da termodinâmica.

As medidas das grandezas físicas fundamentais e derivadas, assim como a fixação das constantes básicas da física, como, por exemplo, a constante de gravitação ou a velocidade da luz, conheceram os maiores progressos. Os instrumentos eram usados até aos limites das suas potencialidades e novos instrumentos eram projectados para aumentar a precisão das medições, independentemente de ter sido ou não explicitada qualquer base racional teórica que exigisse informação mais precisa.

O fim do século assiste à criação dos primeiros laboratórios nacionais, como os de Sèvres (1872), Berlim (1887), Londres (1900) e Washington (1901), reflexo da necessidade de cooperação em projectos de grupo, envolvendo cada vez mais cientistas<sup>6</sup>.

## ENERGIA E ENTROPIA

Admitido como certo o princípio de conservação da massa estabelecido por Lavoisier no fim de século XVIII, foi-se ao longo do século XIX construindo a ideia da con-

servação da energia, enunciada em 1842 por Julius Robert von Mayer, a qual, sob a forma de princípio, entrou na termodinâmica pelos trabalhos de Helmholtz, Clausius e Lord Kelvin, entre outros. No fim do século, era geralmente aceite que a energia assume diferentes formas (mecânica, eléctrica, calorífica, química) capazes de se converterem umas nas outras, mas de modo que o seu valor quantitativo fique sempre o mesmo. A forma mais antiga, o trabalho, ficaria como referência.

A importância do conceito de energia foi ao ponto de se chegar a admitir que a matéria não existia na realidade e que a energia era suficiente para se ter uma compreensão completa do universo. A matéria não seria mais do que o conteúdo que enche a energia cinética; a sua impenetrabilidade seria a sua energia de volume; o seu peso a energia de posição; o próprio espaço só nos seria acessível através do gasto de energia necessário para o penetrar. Apesar de algumas tentativas de dispensar a noção de massa na física (Helmholtz), não foi possível construir um sistema inteiramente sólido que dela prescindisse. O princípio da entropia é também uma conquista do século XIX devida a Sadi Carnot e a Julius Clausius. *A entropia de um sistema termicamente isolado só pode crescer ou manter-se.* Esta regra comanda a evolução dos sistemas onde se pode definir entropia. Para os partidários das teorias cinéticas da matéria, Gibbs, Boltzmann e Planck, o princípio da entropia traduz-se pela tendência dos sistemas evoluírem para a configuração de máxima probabilidade. A entropia passa mesmo a ser o logaritmo dessa probabilidade.

As concepções sobre a constituição e comportamento da matéria, designadamente dos gases, líquidos e sólidos em função da temperatura e da pressão, mudaram muito com o suporte teórico da mecânica analítica e o desenvolvimento da hidrodinâmica e da elasticidade, tendo como pano de fundo as novas concepções corpusculares que se corporizavam na teoria cinética dos gases e suas extensões aos outros estados e respectivas mudanças. As interpretações e teorias acerca da difusão, escoamento de fluidos, viscosidade, hidrodinâmica, acústica, elasticidade são aquelas que ainda hoje constituem parte integrante de uma sólida formação em Física.

## OMNIPRESENÇA DO ÉTER

Outra faceta característica da Física do século XIX é a omnipresença da noção de éter<sup>7</sup> (inicialmente, vários éteres), especialmente a partir de Fresnel, e do triunfo da

teoria ondulatória da luz, que veio destronar a teoria da emissão corpuscular de Newton. Tratava-se do chamado éter luminoso, ou luminífero, um meio menos fundamental do que o éter proposto por Descartes. Este concebia-o como o receptáculo da energia universal, que permitia explicar os fenómenos físicos que as propriedades da matéria não conseguiam explicar.

Eram as vibrações do éter que explicavam a natureza da luz e os fenómenos luminosos. O físico-matemático Lamé afirma, depois de Fresnel:

*A existência do fluido etéreo está incontestavelmente demonstrada pela propagação da luz nos espaços planetários, pela explicação tão simples, tão completa dos fenómenos da difracção na teoria das ondas.*

E acrescenta:

*As leis da dupla refracção provam, não com menos certeza, que o éter existe em todos os meios diáfanos.*

O éter deixa de ser uma hipótese para, de algum modo, se tornar uma realidade tangível. Era invocado como necessidade intelectual, pois as forças só podiam explicar-se por meio de pressões exercidas entre partículas contíguas de um meio subjacente. No final do século, a ideia de éter estava firmemente estabelecida e tinha-se entretido nas malhas da teoria do electromagnetismo <sup>8</sup>.



Paul Langevin, físico francês autor do “paradoxo dos gémeos” da teoria da relatividade.

Paul Langevin <sup>9</sup>, em conferência proferida no citado Congresso de St. Louis <sup>10</sup>, faz uma excelente revisão do estado da Física no final do século e defende que a situação era então diferente do século anterior, já que *a ideia da electricidade, a última a ser descoberta, parece hoje dominar o todo, como o lugar de escolha em que o explorador*

*sente que pode encontrar uma cidade antes de se aventurar em novos territórios. A tendência actual de dar às ideias electromagnéticas o lugar preponderante, continua o jovem Langevin, é justificada, como procurei mostrar, devido à solidez da dupla base em que assenta a ideia de electrão; por um lado, pelo conhecimento exacto do éter electromagnético que devemos a Faraday, Maxwell e Hertz, e, por outro, pela evidência experimental proveniente das recentes pesquisas sobre a estrutura granular da electricidade. (...) O éter é a sede de duas formas distintas de energia, a eléctrica e a magnética, capazes de transformação uma na outra, mas apenas através da matéria como intermediária, isto é, por meio dos centros electrizados que contém (...) É necessário, às duas formas precedentes de energia, adicionar a gravitação, que corresponde provavelmente a um terceiro modo de acção do éter, cuja ligação com as outras duas é ainda obscura (...) É o éter imóvel o meio electromagnético que serve de suporte aos eixos com respeito aos quais o princípio da inércia é aplicável...*

A questão do movimento absoluto, ou seja, o movimento em relação ao éter, ou do éter em relação à matéria, é abordada por Larmor e por Lorentz, que deduzem a mudança de variáveis que preserva as equações do meio para um sistema em movimento, na forma exacta que possuem para um sistema em repouso. Os dois sistemas diferem porque o que se move está contraído em relação ao outro, na direcção do movimento, por um factor muito pequeno, proporcional ao quadrado do quociente da velocidade de movimento pela velocidade da luz. Diz Langevin: *Encontra-se assim uma explicação para os resultados negativos de experiências realizadas para mostrar o movimento absoluto da Terra, por Michelson e Morley, Lord Rayleigh, Brace, Trouton e Noble, se se admitir que todas as forças internas da matéria são de origem electromagnética e que a energia está inteiramente dividida entre os dois campos, eléctrico e magnético.*



Em 1883 Albert A. Michelson aceitou o lugar de professor de Física no Case School of Applied Science, em Cleveland, EUA, onde se dedicou ao desenvolvimento do seu interferómetro. Em 1887 com a colaboração de Edward Morley realizou os trabalhos de investigação hoje conhecidos por experiências de Michelson-Morley.

Subsiste porém o problema da gravitação, não obstante a diminuta intensidade desta acção em comparação com a electromagnética. Nas suas palavras: *A gravitação mantém-se obstinadamente à margem da síntese electromagnética.* No estado actual das coisas era *mais razoável considerar a gravitação como uma força distinta da acção electromagnética, que actua no interior dos electrões para lhes assegurar estabilidade, sem ser possível imaginar de que maneira poderemos obter um conhecimento mais profundo do éter e dos electrões que contém.*

Compatibilizar a teoria electromagnética com a ideia recente do electrão, ou seja, dar corpo a uma teoria dos electrões, é tarefa a que Langevin lança mãos no seu artigo, tratando a radiação resultante do movimento acelerado do electrão, a sua inércia electromagnética em função da velocidade, a sua massa transversal e longitudinal, a estabilidade eléctrica do electrão, requerendo uma acção que mantenha a sua unidade e impeça a sua carga de se dissipar por repulsão mútua dos elementos que o constituem, etc.

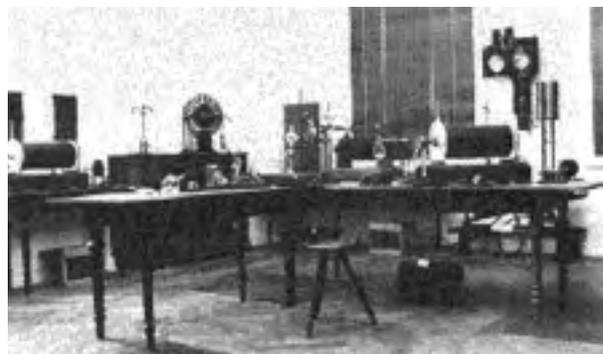
## O ELECTRÃO E OS NOVOS RAIOS

A teoria do electrão tornar-se-ia crença e obrigação no início do século vinte. Nenhum fisico que desprezasse a física do electrão poderia estar em concordância com a disciplina<sup>11</sup>. A teoria do electrão não surge apenas como uma teoria física mas, principalmente em França, tem profundas implicações filosóficas. O electrão era uma estrutura do éter, um intermediário entre o éter e a matéria ponderável, um estado na evolução para a desmaterialização da matéria. *O electrão é o éter disfarçado, uma singularidade no oceano de éter que tudo permeia.*

O electrão constituía um elemento de uma filosofia anti-materialista e espiritualista, com algum cariz religioso, que estava em sintonia com o "fracasso da ciência", apreçoado por muitos, inclusivamente cientistas. Em oposição a esta corrente dominante, encontravam-se alguns físicos e químicos, como Mendeleev, Ramsay, Rydberg e outros que pretendiam trazer o electrão à categoria de elemento químico<sup>12</sup>.

Tal como a luz visível, também os raios X, descobertos por Röntgen em 1895, são considerados por Sir George G. Stokes como *devidos a uma sucessão de pulsações independentes do éter partindo dos pontos onde as moléculas projectadas pelo cátodo da ampola de Crookes, encontram o anti-cátodo. Essas pulsações não são vibrações contínuas como*

*as radiações espectrais; são isoladas, extremamente breves; são transversais como as ondas luminosas e a teoria mostra que se propagam com velocidade igual à da luz...*<sup>13</sup>.



O laboratório do Instituto de Física da Universidade de Würzburg, Alemanha, onde Roentgen estava a trabalhar com um tubo de Crookes quando descobriu os raios X.

A descoberta dos raios urânicos por Henri Becquerel em 1896, não obstante o conhecimento, desde 1867, de que impressionavam a chapa fotográfica, constitui o ponto de partida do estudo do fenómeno da radioactividade. Os nomes de Marie e Pierre Curie, Ernest Rutherford, Frederick Soddy, entre outros, são os mais invocados no estudo das radiações provenientes das substâncias radioactivas, bem como na dedução das leis que regem os fenómenos da radioactividade. A conservação da massa parecia ser posta em causa pela radioactividade. Falava-se ainda de violação do princípio de conservação da energia, considerado justamente a maior conquista do pensamento da época.

A origem da energia que se manifestava nas partículas emitidas espontaneamente pelos corpos radioactivos era pois uma questão da maior importância. Rutherford e Soddy propõem uma explicação satisfatória da desintegração radioactiva pelo mecanismo das pequenas explosões dos átomos radioactivos que, em consequência, emitem uma ou mais partículas ( , ou ):

*A energia radiada é obtida, segundo esta perspectiva, à custa da energia interna dos próprios átomos radioactivos. Não contradiz o princípio de conservação da energia, pois se supõe que a energia interna dos produtos das transições, quando o processo chegar ao seu termo, diminuiu da quantidade de energia emitida durante as transições. Esta teoria supõe que existe uma grande reserva de energia nos átomos*<sup>14</sup>.

Ao contrário de muitos domínios da Física antes mencionados, o da radioactividade era manifestamente aquele que se apresentava com maior dinamismo. Em 1902,

Rutherford escrevia à mãe dizendo:

*Estou ocupadíssimo a escrever artigos para publicar e a fazer trabalho novo. Tenho de andar para a frente, pois há sempre gente no meu encalço. Tenho de publicar o meu trabalho presente tão cedo quanto possível se me quero manter na corrida* <sup>15</sup>.



Após a morte trágica do marido, Marie Curie substituiu-o em 1906 como professor de Física Geral na Faculdade de Ciências na Sorbonne, tendo sido a primeira mulher a exercer este cargo. Também foi nomeada directora do Laboratório Curie no Instituto do Rádio da Universidade de Paris.



Ernest Rutherford no seu Laboratório na McGill University, no Canadá, 1903.

Entre os muitos tópicos que constituíam temas de discussão e que dominavam as reflexões dos físicos, são de referir ainda a teoria da radiação térmica e a interpretação dos espectros de riscas. O estudo da radiação térmica, ou radiação do corpo negro, tinha conhecido um grande progresso com o aperfeiçoamento da termopilha e, mais tarde, do bolómetro. A identidade desta radiação com a luz ficou estabelecida e o estudo do espectro da radiação térmica atingira, com os Becquerel (Edmond e Henri), Kirchhoff, Stefan e Boltzmann, o estado quase definitivo. A explicação definitiva seria dada por Planck em 1900. Surpreendentemente, os trabalhos de Planck, decisivos para explicar os espectros da radiação térmica, não são sequer mencionados na literatura de revisão da época. Nem o exaustivo trabalho de Carl Barus do Congresso de St. Louis (1904)<sup>16</sup>, nem a obra já citada de L. Poincaré (1906), fazem qualquer referência a essa contribuição de Planck, não obstante os seus trabalhos sobre potenciais termodinâmicos serem citados no respectivo contexto.

## CIÊNCIA, FILOSOFIA E SOCIEDADE

Uma das facetas da ciência no início da última década do século XIX é que se nota uma tendência a retomar um conjunto de questões filosóficas acerca da sua natureza e do seu sentido. As novas ideias sobre a constituição da matéria e o papel enquadrador da mecânica em relação a toda a Física eram então abordadas por alguns autores com preocupações filosóficas.

Porém, a última década do século foi de tal modo fértil em novas descobertas que a sensação de fim de percurso manifestada por alguns físicos se desvaneceu dando lugar a um fervilhar de novas hipóteses e teorias explicativas dos novos fenómenos encontrados. A descoberta dos raios X, com o seu potencial de aplicações de interesse directo para o homem, do electrão e da radioactividade vieram colocar os desafios que estimularam os físicos a abrir os novos caminhos que se impunham.

Na segunda metade do século XIX, com relevância especial para as três últimas décadas, assistiu-se a uma explosão fulgurante de aplicações técnicas da ciência, particularmente da Física, mas também da Química. Pode caracterizar-se esta fase como uma "segunda revolução industrial", em seguimento da revolução baseada na máquina a vapor. É a era da tecnologia da electricidade a iluminar as casas e as ruas, a substituir a força dos motores a vapor, a invadir os transportes públicos, a dar origem às comunicações "instantâneas", com o telefone, a telegrafia sem fios, etc.

É certo que essas realizações, que traduziam um futuro promissor, eram divulgadas ao nível das grandes exposições industriais e demonstrações públicas. Por muito pouco plausível que pareça, não se pode demonstrar que *a física por volta de 1900 devesse o seu estado de exaltação às realizações práticas(...)*. *O prestígio da física (...) está mais claramente ligado com o atractivo intelectual por aquilo que é mais fundamental e básico...*<sup>17</sup>. Por outro lado, *a importância prática e proeminência da química era, indubitavelmente, mais evidente, pelo menos ao nível do reconhecimento público de vários produtos e processos*.

Também no que respeita às implicações éticas da ciência, os grandes debates que ocorreram no final do século XIX estiveram centrados nas aplicações da Química e, quando se falava no fracasso da ciência, era o exemplo da Química que servia de mote. Os orçamentos da ciência, com as suas componentes de promoção da máquina de guerra (novos explosivos e armas mais eficazes), por um lado, e a situação por vezes miserável em que viviam grandes sectores das populações, por outro, não puderam deixar de alertar a consciência social de muitos e trazer para a praça pública o debate sobre o controlo do desenvolvimento da ciência e das suas aplicações<sup>18</sup>.

Este debate de natureza ética e social, mas também de fundo filosófico e religioso, não deve ser separado do debate filosófico sobre a matéria e o éter, a matéria sendo a bandeira dos materialistas e advogados de uma "ciência-só-ciência", e o éter o símbolo do anti-materialismo e espiritualismo daqueles que transportavam para a interpretação da física a sua ânsia de uma ciência subordinada a uma filosofia de base espiritual com laivos de religioso. O papel social da ciência e o incumprimento das expectativas criadas despertaram uma consciência crítica que veio a tornar-se cada vez mais acutilante durante o século seguinte.

(Subtítulos, figuras e legendas da responsabilidade da redacção)

## NOTAS

1. Lucien Poincaré (1862-1920),irmão do mais célebre Raymond Poincaré (Presidente da República Francesa) e primo do famoso matemático e físico Jules Henri Poincaré, foi autor de textos de física,professor do Liceu Louis Le Grand,da Escola Normal de Sèvres,da Faculdade de Ciências de Paris e, mais tarde, Inspector Geral da Instrução Pública.
2. Lucien Poincaré, *La Physique Moderne – Son Évolution*, Flammarion, Paris,s.d.
3. René-Just Haüy (1743-1822),eminente mineralogista e físico francês,investigador e professor no Museu de História Natural de Paris,escreveu o *Traité de Minéralogie* (1801) e o *Traité Élémentaire de Physique* (1803).
4. Carl Barus,"The Progress of Physics in the Nineteenth Century", in *International Congress of Arts and Science*, Ed.H.J.Rogers,Vol.IV, The Riverside Press,Cambridge, 1906,pg.29-65.
5. Citado em:L. Poincaré, *ob. cit.*
6. Erwin N.Hiebert,"The State of Physics at the Turn of the Century",in *Rutherford and Physics at the Turn of the Century*,Ed. Mario Bunge and William R.Shea,Dawson and Science History Publications,New York,1979.
7. E.Hiebert,*ob. cit.*,pg.13,14.
8. E.Hiebert, *ob. cit.*,pg.13,14.
9. Paul Langevin visitou Coimbra em 1929,a convite de Mário Silva.Nesta visita proferiu uma conferência sobre a teoria da relatividade.
10. P.Langevin,"The Relations of Physics of Electrons to Other Branches of Science", in *International Congress of Arts and Science*, Ed.H.J.Rogers,Vol.IV,The Riverside Press, Cambridge, 1906,pg.121.
11. E.Hiebert, *ob. cit.*,pg.13,14.
12. Sobre este aspecto, veja-se o excelente artigo de Helge Kragh: "The New Rays and the Failed Anti-Materialistic Revolution",em *The Emergence of Modern Physics*, Eds. D. Hoffmann, F. Bevilacqua and R.H.Stuewer, Università degli Studi di Pavia, Pavia,1996.
13. L. Poincaré, *ob. cit.*,pg.188,189.
14. Ernest Rutherford,"Present Problems of Radioactivity", in *International Congress of Arts and Science*, Ed.H.J. Rogers,Vol.IV, The Riverside Press,Cambridge, 1906,pg.157.
15. E.Hiebert, *ob. cit.*,pg.3.
16. Carl Barus, *ob. cit.*,pg.29.
17. E.Hiebert, *ob. cit.*,pg. 6
18. Pierre Thuillier, "Un débat fin de siècle:la faillite de la science", *La Recherche* 22,950-957,1991.