

Roberto de Andrade Martins

VOLUME 2



SCIENTIARUM HISTORIA ET THEORIA

OS “RAIOS N” DE RENÉ BLONDLOT: UMA ANOMALIA NA HISTÓRIA DA FÍSICA



BOOKIFRENK

GHTC

FAPESP

OS “RAIOS N”
DE RENÉ BLONDLOT

Grupo de História e Teoria da Ciência (GHTC)
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Coleção Scientiarum Historia et Theoria

1. *A teoria da progressão dos animais, de Lamarck*
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins
2. *O “Reportório dos tempos” de André do Avelar*
Adalgisa Botelho da Costa
3. *Os “raios N” de René Blondlot*
Roberto de Andrade Martins

Coordenação

Roberto de Andrade Martins (Unicamp)

Conselho Editorial

Aldo Mellender de Araújo (UFRGS)
Anna Carolina Krebs Regner (Unisinos)
Cibelle Celestino Silva (USP)
Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira (Unicamp)
Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (PUC-SP)
Ubiratan D'Ambrosio (PUC-SP)

Coleção Scientiarum Historia et Theoria - Vol. 3

Roberto de Andrade Martins

OS “RAIOS N” DE RENÉ BLONDLOT

UMA ANOMALIA
NA HISTÓRIA DA FÍSICA

BOOKLINK

GHTC

FAPESP

**Título do autor
em nosso catálogo:**

Os “raios N” de René Blondlot

**homepage /
e-mail do autor:**

www.booklink.com.br/
rmartins
rmartins@ifi.unicamp.br

GHTC /Unicamp

Caixa Postal 6059
Campinas, SP
CEP 13083-970
www.ifi.unicamp.br/~ghtc/
ghtc@ifi.unicamp.br

Copyright © 2007
Roberto de Andrade Martins

Nenhuma parte deste livro pode ser utilizada ou reproduzida, em qualquer meio ou forma, seja digital, fotocópia, gravação etc, nem apropriada ou estocada em banco de dados, sem a autorização do autor.

Publicado com apoio da
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de São Paulo
(FAPESP)

Direitos exclusivos desta edição:
Booklink Publicações Ltda.
Caixa Postal 33014
22440 970 Rio RJ
Fone 21 2265 0748
www.booklink.com.br
booklink@booklink.com.br

M 386r

Martins, Roberto de Andrade, 1950-

Os “Raios N” de René Blondlot : uma anomalia na História da Física / Roberto de Andrade Martins. – Rio de Janeiro : Booklink ; São Paulo : FAPESP : GHTC/Unicamp, 2007.

viii, 272 p. ; 21cm. (Coleção Scientiarum Historia et Theoria ; v. 3)

ISBN: 978-85-7729-034-5

1. Epistemologia. 2. História da Física. 3. Física – História. 4. Física – Filosofia. 5. Filosofia da Física. I. Título. III. Série.

CDD 530.1

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	1
<i>Cibelle Celestino Silva</i>	
PREFÁCIO	7

Primeira parte

CAPÍTULO 1. Os precedentes históricos	11
1.1 Um estranho episódio	11
1.2 Como entender esse episódio?	13
1.3 René-Prosper Blondlot	14
1.4 O raios X no início do século XX	17
1.5 As pesquisas de Blondlot sobre os raios X	20
CAPÍTULO 2. Surgem os raios N	25
2.1 A descoberta dos raios N	25
2.2 O brilho da faísca elétrica	28
2.3 Uma “descoberta” científica	30
CAPÍTULO 3. Estudos iniciais de Blondlot sobre os raios N	31
3.1 O segundo artigo	31
3.2 Produção e detecção dos “raios N”	34
3.3 Reações da comunidade científica – as primeiras anomalias	36
3.4 Outras propriedades dos raios N	39
CAPÍTULO 4. Novos efeitos dos raios N	41
4.1 Os raios N e os seres vivos	41
4.2 Os raios N se popularizam na França	43
4.3 Alemanha e Inglaterra	45
4.4 Índice de refração e comprimento de onda dos raios N	46
4.5 Fotografias dos efeitos dos raios N	50
4.6 Expansão e sucessos	55
CAPÍTULO 5. Os estudos de Jean Becquerel	57
5.1 As pesquisas de Jean Becquerel sobre os raios N	57

5.2 A primeira pesquisa de Jean Becquerel	58
5.3 Os efeitos sensoriais dos raios N	62
5.4 Anestesia em animais	63
5.5 A emissão simultânea de raios N e N_1	64
5.6 A anestesia dos metais	67
5.7 Os raios N e as radiações dos corpos radioativos	67
CAPÍTULO 6. Dúvidas e decadência dos raios N	73
6.1 O início dos problemas	73
6.2 Críticas e crise	75
6.3 As pesquisas de Salvioni	77
6.4 Henri Piéron e a <i>Revue Scientifique</i>	79
6.5 A visita de Robert Wood ao laboratório de Blondlot	83
6.6 A <i>Revue Scientifique</i> toma partido	87
6.7 A pesquisa de opinião da <i>Revue Scientifique</i>	90
6.8 As atitudes de Jean e Henri Becquerel	93
6.9 Piéron e os experimentos fotográficos	97
CAPÍTULO 7. A resposta de Blondlot	101
7.1 Os novos experimentos fotográficos	101
7.2 O Prêmio Leconte	104
7.3 Os últimos trabalhos favoráveis aos raios N	106
CAPÍTULO 8. Tentando entender o caso Blondlot	111
8.1 Explicações da falha de Blondlot	111
8.2 Martin Gardner e os “excêntricos”	112
8.3 Irving Langmuir e a “ciência patológica”	114
8.4 Mary Jo Nye e os fatores sociais	116
8.5 As análises de Robert Lagemann e George Stradling	117
8.6 O técnico de laboratório de Blondlot	118
CAPÍTULO 9. O que pode ser concluído?	121
 Segunda parte 	
DOCUMENTOS	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	263

APRESENTAÇÃO

Este é o terceiro volume da coleção *Scientiarum Historia et Theoria*, publicada pelo Grupo de História e Teoria da Ciência da Unicamp. A primeira parte desta obra traz um profundo estudo histórico sobre os trabalhos do francês René Blondot e a descoberta, em 1903, dos raios N. Roberto de Andrade Martins não se atém apenas aos trabalhos de Blondot, mas também analisa sua aceitação (e posterior negação) por pesquisadores, como os Becquerel e Henri Poincaré. A segunda parte traz traduções para o português de trabalhos de Blondot e de outros pesquisadores da época, o que ajuda a superar a grande carência de traduções de textos originais para o português, atividade tão comum em outras línguas. Além disso, esta obra é uma importante contribuição à historiografia da física ao discutir as várias interpretações correntes sobre este interessante episódio de uma forma crítica, baseando-se em uma análise cuidadosa de um grande número de fontes primárias do período.

Hoje em dia, para um interessado em história da ciência ou mesmo um físico, pode parecer estranho um livro dedicado aos raios N, já que foram descartados da ciência e, atualmente, ninguém acredita mais em sua existência. Entretanto, a moderna historiografia da ciência também se interessa em compreender como certas idéias foram aceitas e defendidas sob o ponto de vista da própria época, evitando análises anacrônicas que consideram apenas os conceitos aceitos atualmente como corretos. Dentro deste contexto, este livro pode ser visto como uma fascinante viagem ao mundo da física no final do século XIX e começo do XX, período em que muitas descobertas importantes foram feitas e novas teorias formuladas.

Nessa época, outras radiações além da luz visível foram detectadas, como por exemplo, os raios X observados por Wilhelm

Conrad Röntgen em 1895. Após a descoberta dos raios X, a busca de novos tipos de radiações invisíveis foi um passo natural. Muitos físicos dedicaram-se a procurar emissões produzidas por quase todos os tipos de corpos. Diversos trabalhos foram publicados relatando descobertas rapidamente esquecidas por terem sido consideradas produtos de erros experimentais e da grande vontade de seus descobridores de encontrar novas radiações.

Porém, uma destas novas radiações não teve uma existência tão efêmera. Entre 1903 e 1905, a revista da Academia Francesa de Ciências, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, publicou cerca de 60 trabalhos sobre os raios N, que exploravam suas propriedades e suas aplicações (como na medicina, biologia, química e outras áreas). Apesar do sucesso inicial, outros pesquisadores não conseguiram obter os mesmos resultados descritos por Blondot e seus colaboradores. Isso fez com que a realidade dos raios passasse a ser fortemente questionada, até que no final de 1905 ninguém mais publicava sobre este assunto.

A interpretação histórica corrente sobre este episódio é que Blondot cometeu erros crassos causados por seu grande desejo de descobrir um fenômeno novo. Martins apresenta uma análise surpreendente deste episódio da história da física, mostrando como não podemos olhar para o complexo processo da produção do conhecimento científico de maneira tão simplista. As análises tradicionais normalmente ignoram que Blondot era um físico respeitado na época por, entre outras coisas, suas medidas precisas da velocidade de ondas eletromagnéticas, com vários artigos e livros publicados, e cuja tese de doutorado foi considerada brilhante. O autor nos lembra também que Blondot recebeu dois prêmios da Academia de Ciências de Paris, em 1893 e 1899, por suas pesquisas experimentais. O fato de vários físicos franceses importantes terem defendido a existência dos raios N é atribuído ao forte nacionalismo francês e tido como um exemplo de como os fatores extra-científicos podem atrapalhar o desenvolvimento da ciência.

O presente livro nos mostra que a história não foi tão simples assim. O autor nos apresenta novamente com um exemplo de como estudos históricos de qualidade, livres de preconceitos nega-

tivos e considerando de fato o contexto da época, podem trazer novas interpretações para episódios tidos como simples e óbvios.

A descoberta dos raios N ocorreu em uma época em que Blondot estava desenvolvendo experimentos para determinar algumas das propriedades dos raios X como, por exemplo, sua velocidade e a possibilidade de serem polarizados. Blondot observou que um feixe de raios X emitido por um tubo de Crookes sofria refração e reflexão ao atravessar prismas e lentes de quartzo. Como vários pesquisadores da época não tinham conseguido mostrar que os raios X podiam ser refratados e refletidos, Blondot concluiu que o tubo de Crookes emitia um outro tipo de radiação invisível e dedicou-se a pesquisar suas propriedades.

Em seu segundo artigo sobre o assunto, Blondot considerou a possibilidade de os novos raios serem um tipo de radiação semelhante ao infravermelho, já que seus índices de refração eram semelhantes. Blondot estudou a emissão de radiação por um tipo especial de bico de gás utilizando lentes de quartzo para concentrar os raios e a variação de brilho de faíscas entre dois eletrodos como detector. Blondot concluiu que a radiação observada era realmente algo novo, batizando-a como “raios N”, em homenagem à cidade francesa de Nancy, onde vivia. Blondot notou que corpos aquecidos, inclusive o Sol, emitiam a nova radiação, e que esta interferia no brilho de materiais fosforescentes e na cor e brilho de uma chama azul.

No final de 1903 os primeiros artigos de outros pesquisadores sobre os raios N começaram a ser publicados. Alguns tentaram, em vão, reproduzir os efeitos descritos por Blondot. Outros, no entanto, observaram efeitos semelhantes aos obtidos por Blondot. Augustin Charpentier, por exemplo, relatou que o corpo humano emitia uma radiação com as mesmas propriedades dos raios N e utilizou esta emissão para estudar a atividade cerebral e nervosa. Embora as descobertas de Charpentier nos pareçam estranhas, elas foram recebidas com naturalidade na época, tanto que a revista *Nature* publicou um relato dos trabalhos sem criticá-los e a prestigiosa revista médica britânica *The Lancet* também publicou trabalhos de médicos ingleses confirmando a emissão de raios N pelos nervos e músculos.

Entre 1904 e 1905, dezenove pesquisadores franceses publicaram sobre os raios N nos *Comptes Rendus* e vários outros apresentaram pequenas comunicações sobre o novo fenômeno. Algumas destas publicações apresentavam efeitos totalmente compatíveis com a física da época; outras, no entanto, descreviam efeitos incríveis. Ao longo destes dois anos, vários trabalhos foram publicados, principalmente fora da França, questionando a existência dos raios N. Entre eles, o artigo do alemão Otto Lummer atribuiu os efeitos observados a particularidades da visão humana, sendo assim, efeitos puramente fisiológicos. Diante das críticas, Blondot buscou evidências mais contundentes da existência dos raios N, como fotografias dos efeitos luminosos produzidos por eles. Outros pesquisadores que tentaram fotografar estes efeitos não obtiveram sucesso. Os experimentos fotográficos foram posteriormente aperfeiçoados por Blondot, enfraquecendo as críticas feitas por seus adversários.

Uma das críticas atuais ao método experimental utilizado por Blondot refere-se ao processo de detecção da nova radiação. O físico francês utilizava a detecção visual da variação do brilho de faíscas emitidas entre dois eletrodos, o que tornaria o método extremamente subjetivo. Roberto de Andrade Martins analisa estas críticas considerando cuidadosamente aspectos metodológicos envolvidos em medidas físicas realizadas por físicos do período, mostrando que o raciocínio e passos de Blondot não foram muito diferentes dos que seriam realizados por qualquer bom físico da época.

Entre os pesquisadores que inicialmente aceitaram a existência dos raios N e depois a negaram, destaca-se Jean Becquerel. Este físico francês, ocupante da mesma cátedra de seu pai, avô e bisavô no *Museu de História Natural* de Paris, publicou cerca de dez artigos sobre os raios N nos primeiros meses de 1904. Seus estudos foram sobre a emissão de raios N pelos seres vivos, a influência de anestésicos nesta emissão, a ação dos raios N sobre os olhos do observador, a transmissão dos raios N por metais, comparou os raios N com radiações α , β e γ , entre outros assuntos. Os estudos de Becquerel não eram muito rigorosos, mas isso parece não tê-lo incomodado e tampouco a seu pai, Henri, que apoiou os resulta-

dos do filho, mesmo quando a existência dos raios N já era fortemente criticada.

Normalmente, atribui-se ao físico estado-unidense Robert William Wood o golpe mortal sobre os raios N. Wood relata sua visita ao laboratório de Blondot, quando não foi capaz de observar nenhum dos efeitos sugeridos por Blondot e seu assistente. Martins discute as críticas de Wood considerando o contexto da época, bem como os argumentos usados por outros pesquisadores na refutação das idéias de Blondot.

No final da primeira parte desta obra, Martins analisa várias das interpretações produzidas ao longo do século XX deste episódio. Algumas mais ingênuas simplesmente classificam o trabalho de Blondot como exemplos de “pseudo-ciência” e “ciência patológica”. Outras, mais sofisticadas, consideram o clima favorável a novas idéias no início do século XX, o forte nacionalismo francês, a rivalidade entre Nancy e Paris, crenças espiritualistas de alguns dos envolvidos e mesmo a possibilidade de fraude intencional do assistente de laboratório como fatores importantes.

Roberto de Andrade Martins, mantendo sua tradição questionadora e crítica, baseia-se em uma profunda análise de fontes primárias para analisar em detalhes os vários fatores envolvidos na aceitação, e posterior negação, da existência dos raios N por pesquisadores de vários países, mostrando que não é possível atribuir a um único trabalho e pesquisador a última palavra sobre o assunto. O autor mostra que o processo de negação pela comunidade científica da existência dos raios N não foi tão simples como pode parecer à primeira vista. Uma evidência da complexidade do cenário foi o prêmio dado a Blondot pela Academia Francesa de Ciências em 1904, no auge das discussões sobre a existência ou não dos raios N.

Certamente esta obra é mais um exemplo de como estudos históricos elaborados por profissionais especializados podem contribuir para que seus leitores desenvolvam uma compreensão aprofundada acerca da construção do conhecimento. A elaboração da ciência é uma atividade rica, com muitas idas e vindas, erros e acertos. Além disso, este livro mostra que interpretações simplis-

tas de episódios históricos normalmente ignoram toda a complexidade da atividade científica.

Cibelle Celestino Silva

Instituto de Física de São Carlos
Universidade de São Paulo (USP)

PREFÁCIO

Esta obra contém um estudo histórico a respeito de um dos mais estranhos episódios da história da física: a descoberta dos “raios N” (um fenômeno considerado inexistente) pelo físico francês René Blondlot, no início do século XX.

Embora a suposta descoberta costume ser ridicularizada e utilizada como um exemplo paradigmático de pseudo-ciência ou de erro científico crasso, a situação é muito mais complexa, como será mostrado aqui. Não se pode acusar Blondlot de cometer erros primários; e, estudando-se cuidadosamente a documentação histórica, percebe-se que ninguém poderia afirmar naquela época, a partir das evidências existentes, que esses raios não existiam.

A presente obra é constituída por duas partes. A primeira apresenta o resultado de uma investigação histórica sobre as pesquisas a respeito dos raios N por René Blondlot e outros cientistas, analisando seu contexto. A segunda é uma coletânea de textos do início do século XX sobre os raios N (principalmente os artigos do próprio Blondlot), traduzidos para o português. O estudo dessas duas partes permitirá ao leitor chegar a uma visão muito mais ponderada e rica sobre os raios N do que as versões que circulam atualmente a respeito desse importante tema.

Agradecimentos

O autor agradece à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio recebido, que permitiu a realização da presente pesquisa.

Roberto de Andrade Martins

Grupo de História e Teoria da Ciência
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

OS “RAIOS N” DE RENÉ BLONDLOT: UMA ANOMALIA NA HISTÓRIA DA FÍSICA

Primeira Parte

CAPÍTULO 1

OS PRECEDENTES HISTÓRICOS

1.1 UM ESTRANHO EPISÓDIO

O final do século XIX e o início do século XX foram férteis em descobertas experimentais inesperadas. Em 1895, a revelação da existência dos raios X, por Wilhelm Conrad Röntgen, constituiu um choque para a comunidade dos físicos, pois ninguém havia previsto a existência de uma radiação invisível penetrante como aquela (Martins, 1998a; Martins, 1997a).

Se existiam esses raios, antes desconhecidos, não poderiam existir outros? Essa possibilidade ocorreu a muitos pesquisadores, que logo se puseram a trabalhar e a publicar trabalhos alegando as mais estranhas descobertas de radiações invisíveis. Houve relatos de emissão de raios penetrantes por vermes fosforescentes, pelo giz, por metais, pela chama de uma vela, etc. Em meio a esses trabalhos, surgiu também a descoberta, por Henri Becquerel, de uma radiação emitida pelo urânio (ver Martins, 2004).

Alguns dos fenômenos descritos naquela época (como a “luz negra” de Gustave Le Bon)¹ correspondiam parcialmente à realidade – embora houvesse muita coisa espúria. A maioria dos trabalhos, no entanto, continha apenas uma mistura de erros experimentais e imaginação fértil. Quase todas as pseudo-descobertas dessa época foram esquecidas rapidamente.

¹ A “luz negra” era uma radiação produzida por corpos quentes, que atravessava corpos espessos e podia ser fotografada. Uma parte dos resultados obtidos por Le Bon era devida a raios infravermelhos (Nye, 1974).

Houve, no entanto, um episódio famoso, pouco depois da descoberta da radioatividade, que é até hoje muito citado como exemplo de pseudo-ciência. Em 1903 o físico francês René Prosper Blondlot (1849-1930) afirmou ter descoberto um novo tipo de radiação, enquanto estudava raios X. Ele os chamou de “raios N”, em homenagem à sua cidade natal, Nancy (Blondlot, 1903b). A história desse episódio já foi abordada por vários autores (Nye, 1980; Lagemann, 1977; Klotz, 1980; Rosmorduc, 1972; ver também Martins, 2002), embora restem ainda muitos aspectos importantes que não foram esclarecidos.

Blondlot e vários outros pesquisadores alegaram ter estudado uma radiação penetrante cuja existência não foi depois confirmada por outros físicos. Essa radiação (que atualmente consideramos como inexistente) foi descrita por Blondlot em uma série de trabalhos (e, depois, em um livro), levando ao surgimento de toda uma linha de pesquisas, em que muitos pesquisadores se engajaram (incluindo o jovem Jean Becquerel, filho de Henri Becquerel). A revista da Academia de Ciências de Paris chegou a criar, no segundo semestre de 1903, uma nova seção no seu índice, para indicar os trabalhos sobre os raios N (houve 9 trabalhos naquele período). No primeiro semestre de 1904, houve uma verdadeira explosão de trabalhos sobre os raios N, com 53 entradas listadas no índice dos *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*.

Parecia ter surgido um ramo extremamente fértil da física, com aplicações médicas e fisiológicas, como no caso dos raios X. No entanto, alguns pesquisadores de outros locais não conseguiam observar os fenômenos descritos por Blondlot e seus colaboradores. Surgiram dúvidas sobre a realidade dessas radiações.

O método de detecção envolvia geralmente a observação visual de mudanças de intensidade de fagulhas elétricas e do brilho de telas fosforescentes. Tal método é fortemente influenciado por fatores subjetivos, como sugestão e expectativas. Apareceram suspeitas de que o fenômeno era ilusório.

Em 1904, a ausência de reprodutibilidade dos resultados de Blondlot levou a fortes ataques por uma parte da comunidade científica, não apenas no exterior mas também na própria França. Alguns dos antigos defensores dessa radiação se calaram, outros se

retrataram, embora Blondlot e outros pesquisadores continuassem a defender sua realidade e a apresentar novos fatos experimentais a seu favor. Em poucos meses, no entanto, cessaram as publicações sobre o assunto e a quase totalidade da comunidade científica se convenceu de que nunca haviam existido esses raios N. Em resumo: a versão que logo se difundiu para o episódio foi a de que Blondlot e seus colaboradores inicialmente se enganaram e, depois, mantiveram uma farsa para não se desmentir. Em 1905, a vasta maioria dos pesquisadores já acreditava que os raios N não existiam.

1.2 COMO ENTENDER ESSE EPISÓDIO?

O juízo científico mais comum, atualmente, é que Blondlot e outros investigadores que afirmaram ter observado os raios N não seguiram a metodologia científica correta e por isso cometeram erros graves, iludindo-se e vendo coisas que não existiam, por desejarem muito descobrir um novo fenômeno. O apoio que foi obtido inicialmente por Blondlot por parte de vários cientistas importantes (por exemplo, Henri Becquerel e Henri Poincaré) costuma ser atribuído a fatores sociológicos, tais como o nacionalismo francês.

Muitas obras, atualmente, utilizam o caso dos raios N como um exemplo de “pseudo-ciência” ou de “ciência patológica” (ver capítulo 8). Blondlot é citado apenas para ser ridicularizado, para ser apontado como um exemplo de pessoa crédula ou desonesta, que fez um trabalho sem nenhum fundamento, desprovido de qualquer valor. Mas terá sido realmente isso que aconteceu? Seria Blondlot realmente um pesquisador incompetente ou desonesto? Teria uma parte da comunidade científica francesa sido tão tola quanto se diz?

Não, a história não é assim tão simples. Em 1903, aos 53 anos de idade, quando anunciou a descoberta dos raios N, Blondlot já era um físico experiente, que havia publicado vários livros e dezenas de artigos. Diversos outros cientistas igualmente experientes aceitaram suas pesquisas. Se examinarmos os artigos publicados por Blondlot sem um juízo negativo prévio, veremos que eles parecem sérios e de boa qualidade. Há algo estranho, certamente,

nesse episódio – mas algo muito mais complexo do que as versões populares procuram transmitir.

Este livro examinará de forma bastante detalhada o episódio dos raios N, discutindo os trabalhos científicos de Blondlot (e alguns outros autores) e procurando esclarecer se essas pesquisas eram realmente tão fracas quanto se costuma dizer. Serão também analisados alguns aspectos sociológicos do episódio – em particular, o modo como um psicólogo, Henri Piéron, moveu uma campanha contra os raios N, contribuindo para desmoralizar o trabalho de Blondlot.

Todo o trabalho de pesquisa de um historiador da ciência deve se basear em documentos – material publicado ou inédito, que proporcione evidências a respeito do acontecimento histórico estudado. Para permitir ao leitor refletir mais cuidadosamente sobre esse episódio, o presente livro apresenta, na sua segunda parte, a tradução de um certo volume de documentos relativos aos raios N – principalmente os artigos do próprio Blondlot e um certo número de cartas que ele escreveu a Henri Poincaré na mesma época. Os documentos na segunda parte deste livro estão em ordem cronológica e podem ser lidos paralelamente à análise contida nesta primeira parte do livro.

1.3 RENÉ-PROSPER BLONDLOT

Nosso personagem principal, René-Prospér Blondlot, nasceu em Nancy, na França, no dia 3 de julho de 1849 e faleceu na mesma cidade, no dia 24 de novembro de 1930. Sua vida e sua carreira científica se passaram nessa mesma cidade do nordeste da França, a cerca de 350 km de Paris. Nancy possuía uma universidade na qual havia cursos de direito, medicina, ciências e letras. Foi lá que Blondlot trabalhou, como professor de física. Além de professor da Faculdade de Ciências da Universidade de Nancy, ele foi também associado à Academia de Ciências de Paris².

² Ao contrário do que afirma Klotz (1980, p. 122), Blondlot nunca foi propriamente um *membro* da Academia, e sim *correspondente* da Seção de Física Geral. Seu nome havia sido proposto em 1886 por Gabriel Lippman e em 1890, 1893 e 1894 por Henri Becquerel, tendo sido eleito em 24 de maio desse último ano (registro do Dossier Blondlot, *Académie des Sciences de Paris*).



Figura 1 – René Prosper Blondlot (1849-1930), o físico francês que teria descoberto os “raios N”, usando uma toga universitária da Universidade de Nancy. Fotografado por Jean Loup Charmet, Paris. Fotografia original depositada no Dossier Blondlot, arquivo da *Académie des Sciences de Paris* (Cortesia *American Institute of Physics*, *Emilio Segrè Visual Archives*, *Physics Today Collection*).

As primeiras pesquisas de Blondlot datam de 1875 (Poincaré, 1904), quando publicou algumas notas curtas sobre eletricidade e magnetismo. Ele se doutorou em Paris, em 1881, orientado por Jules Jamin, com uma tese (considerada “brilhante”) sobre polarização de pilhas voltaicas. Em 1881 publicou um livro sobre o assunto, denominado *Recherches expérimentales sur la capacité de polarisation voltaïque*. Depois, continuou a dedicar-se à pesquisa experimental, estudando especialmente fenômenos de fronteira associados à eletricidade.

Vários dos estudos feitos por Blondlot envolviam medidas de tempos muito curtos. Uma de suas primeiras investigações importantes foi sobre o efeito de birrefringência do vidro e de outros dielétricos submetidos a campos elétricos fortes, descrito por John Kerr em 1875. Usando uma técnica de observação por meio de espelhos em rotação, Blondlot foi capaz de mostrar que o intervalo de tempo entre a aplicação do campo e o surgimento do efeito demorava menos de $1/40.000$ de segundo. Este e outros estudos são descritos em um livro que ele publicou juntamente com seu colega Ernest Adolphe Bichat, em 1885: *Introduction à l'étude de l'électricité statique*.

Depois, dedicou-se ao estudo de ondas eletromagnéticas (chamadas na época de “ondas hertzianas”). Heinrich Hertz não havia medido diretamente a velocidade dessas ondas no ar. Blondlot, através de um arranjo bastante original, conseguiu medir essa velocidade, obtendo primeiramente o valor de 293.000 km/s e depois 298.000 km/s (Poincaré, 1899, pp. 41-43), igual à velocidade da luz, confirmando a previsão da teoria de Maxwell. Determinou também a velocidade de propagação de ondas elétricas em fios metálicos, comparando os tempos entre duas faíscas elétricas produzidas pelo sinal a uma distância de 1.800 metros, aproximadamente. Isso significava medir um tempo inferior a $1/150.000$ de segundo. Ele conseguiu mostrar que a velocidade do sinal elétrico nos fios era aproximadamente igual à da luz no vácuo.

Em 1888 publicou outro livro, *Introduction à l'étude de la thermodynamique*, que teve várias edições. No ano seguinte, escreveu um trabalho em colaboração com Pierre Curie, denominado *Sur un électromètre astatique pouvant servir comme wattmètre*. Por suas pesquisas

experimentais, Blondlot recebeu dois prêmios da Academia de Ciências de Paris, o Prêmio Gaston Planté em 1893 e o Prêmio La Caze em 1899 (ver Nye, 1980, p. 129; Gough, 1970, p. 203).

Depois da descoberta dos raios X por Wilhelm Röntgen, em 1895, Blondlot se dedicou ao estudo dessas novas radiações. Aproveitando sua experiência anterior, procurou medir a velocidade dos raios de Röntgen no ar. No final de 1902 anunciou que essa velocidade era aproximadamente igual à da luz. Como veremos, esses estudos sobre os raios X foram o ponto de partida que levou Blondlot aos raios N.

1.4 O RAIOS X NO INÍCIO DO SÉCULO XX

Os primeiros trabalhos de Blondlot a respeito dos raios N estão intimamente associados a seus estudos sobre os raios X. Os raios X foram descobertos no final de 1895 por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923)³. A descoberta foi divulgada logo no início de janeiro de 1896, e teve grande repercussão.

Röntgen foi essencialmente um físico experimental, dedicado ao estudo quantitativo de fenômenos delicados. Investigou eletricidade em cristais, efeito Kerr, propriedades elásticas da borracha, efeito de pressão na viscosidade de líquidos, e muitos outros fenômenos – dando especial atenção ao estudo da influência de altas pressões em várias propriedades de líquidos e cristais. Foi em Würzburg que Röntgen descobriu os raios X no final de 1895, aos 50 anos de idade.

Dos quase 60 trabalhos que publicou durante sua vida, a descoberta dos raios X foi a única que teve grande repercussão. Ele publicou três artigos sobre o assunto: um deles no final de dezembro de 1895 (Röntgen, 1895)⁴; um segundo em março do ano seguinte (Röntgen, 1896); e o terceiro em março de 1897 (Röntgen, 1897). O primeiro deles é o seu trabalho mais famoso. Röntgen o fez imprimir nos últimos dias de dezembro de 1895 e, no dia 1º de janeiro, enviou pelo correio cópias de seu primeiro artigo

³ Para mais detalhes, ver: Martins, 1998a; Martins, 1998b.

⁴ Pode-se encontrar traduções desse artigo em Watson 1945, Glasser, 1933 e outras referências indicadas na lista bibliográfica (ver Röntgen, 1895). Há uma tradução comentada para o português em Martins, 1998a.

aos principais líderes científicos da época. Em poucas semanas, seu trabalho começou a ser discutido e reproduzido em todo o mundo (Jauncey 1945; Sarton 1937). A descoberta de Röntgen foi divulgada em jornais de todos os tipos, seus experimentos foram repetidos e confirmados, e ele se tornou uma pessoa famosa.

Foram publicados 2.000 artigos sobre raios X durante o ano de 1896. O interesse sobre o assunto foi imenso, e em 1901 Röntgen recebeu o primeiro Prêmio Nobel de Física, por essa descoberta.

Röntgen não conseguiu, nos seus primeiros estudos, determinar a natureza dos raios X, mas conseguiu caracterizar qualitativamente muitas de suas propriedades. Nenhuma das observações que apresentou no seu primeiro artigo foi contestada, posteriormente.

A partir do estudo de Röntgen, podia-se afirmar que os raios que ele descobriu:

1. Eram produzidos em tubos de Crookes ou de Lenard suficientemente evacuados, ligados a bobinas de indução.
2. Surgiam no vidro do tubo de descarga, na região que se tornava luminosa por efeito dos raios catódicos.
3. Propagavam-se em linha reta.
4. Eram invisíveis.
5. Podiam produzir luminescência em vários materiais que são fluorescentes sob efeito da radiação ultravioleta.
6. Atravessavam grandes espessuras de materiais opacos à luz e a outras radiações conhecidas.
7. Alguns materiais eram mais transparentes aos raios X do que outros – e essa propriedade dependia principalmente da sua densidade.
8. Eram capazes de afetar chapas fotográficas.
9. Sofriam reflexão irregular (difusão).
10. Pareciam não sofrer refração no vidro e outros materiais testados (se havia refração, era muito pequena), não podendo por isso ser concentrados por lentes.
11. Pareciam não sofrer deflexão ao passar perto de ímãs (se havia deflexão, era muito pequena).
12. Pareciam não produzir fenômeno de difração em fendas.
13. Pareciam não sofrer polarização.

Em muitos casos indicamos que os raios X “pareciam” não ter certas propriedades, porque a não observação de um efeito não significa que ele não exista – mostra apenas que, se existia, era menor do que aquilo que podia ser observado com a técnica utilizada.

Com base nos resultados obtidos, Röntgen rejeitou a idéia de que os raios X pudessem ser raios catódicos ou radiação ultravioleta e propôs outra hipótese:

Parece existir algum tipo de relação entre os novos raios e raios de luz, pelo menos isso é indicado pela formação de sombras, pela fluorescência e pela ação química produzida por ambos. Ora, sabemos há muito tempo que podem existir no éter vibrações longitudinais, além das vibrações luminosas transversais; e, de acordo com a opinião de vários físicos, essas vibrações devem existir. É verdade que sua existência não foi evidenciada até o presente, e assim suas propriedades não foram investigadas por experimentos.

Portanto, não deveriam os novos raios ser atribuídos a vibrações longitudinais no éter?

Devo admitir que no decorrer da investigação tornei-me cada vez mais inclinado a essa opinião e, assim, permito-me exprimir aqui esta conjectura, embora esteja perfeitamente ciente de que a explicação fornecida ainda necessita de maior fundamentação. (Röntgen 1895, p. 141)

Röntgen não insistiu nessa sua hipótese de que os raios X seriam ondas eletromagnéticas longitudinais, mas não se sabe se ele a abandonou ou não. De um modo geral, pode-se dizer que poucos meses após a descoberta dos raios X a hipótese mais aceita era a de que se tratava de ondas transversais de altíssima frequência, embora houvesse outras propostas – como, por exemplo, a de que se tratava de partículas neutras de alta velocidade, ou então pulsos não periódicos.

Para se tentar descobrir qual a natureza dos raios X, era necessário determinar outras propriedades. Se sua velocidade fosse igual à da luz, isso reforçaria a idéia de que seriam ondas eletromagnéticas. Se pudessem ser polarizados, isso confirmaria que se tratava

de ondas transversais e não longitudinais. Se fossem observados efeitos de interferência ou difração, seriam ondas periódicas.

A primeira medida da velocidade dos raios X foi feita por Blondlot, em 1902 (ver abaixo). A polarização dos raios X foi comprovada apenas em 1906, por Charles Barkla. Em 1912, Walther Friedrich e Paul Knipping (dois assistentes de Max von Laue) fizeram um feixe de raios X característicos atravessar um cristal e observaram que a radiação produzia um padrão de interferência (Wheaton, 1983, p. 200). Outro efeito de difração foi logo descoberto por William Bragg. Devido a esses trabalhos, na década de 1910 quase todos os físicos passaram a aceitar que os raios X eram ondas eletromagnéticas periódicas transversais. No entanto, antes desses trabalhos ainda existiam muitas dúvidas sobre a natureza dos raios X.

1.5 AS PESQUISAS DE BLONDLOT SOBRE OS RAIOS X

Foi no início de 1903 que René Blondlot anunciou ter descoberto um novo tipo de radiação. Essa descoberta foi o resultado de pesquisas que ele estava realizando a respeito de raios X. Antes de descrever como ele foi levado aos raios N, é importante apresentar suas investigações experimentais anteriores.

Blondlot já havia medido em 1893 a velocidade das ondas de Hertz. Era um resultado importante, pelo qual lhe havia sido concedido o prêmio Planté. No final de 1902, Blondlot anunciou que a velocidade dos raios X era aproximadamente igual à da luz (Blondlot, 1902b, 1902c, 1902d, 1902e). Para fazer tais medidas, Blondlot necessitava utilizar uma técnica de detecção “instantânea” dos raios X, e utilizou para isso a propriedade que esses raios têm de facilitar ou intensificar a produção de uma faísca elétrica entre dois eletrodos (Blondlot, 1902a). Através de um arranjo experimental delicado (Fig. 2) era possível comparar a velocidade dos raios X com a velocidade da eletricidade em um fio metálico, e as duas velocidades pareciam iguais⁵.

⁵ Posteriormente essas medidas foram colocadas em dúvida por Erich Marx (ver Nye, 1980, p. 126).

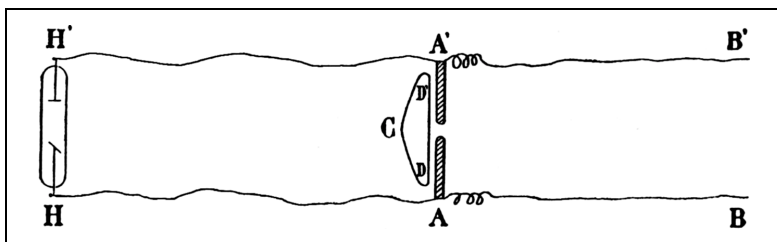


Figura 2 – Processo empregado por Blondlot para medir a velocidade dos raios X (Blondlot, 1902b). Os fio B e B' estão conectados a uma bobina de indução que produz pulsos elétricos de alta voltagem. Esses fios vão até as extremidades H e H' de um tubo de raios catódicos, que produz raios X. Entre a bobina de indução e o tubo de raios X há dois eletrodos de latão A e A', com 8 mm de diâmetro e 6 cm de comprimento. A distância entre as pontas dos eletrodos era regulada para que ocorresse uma pequena faísca. Mudando a distancia entre os eletrodos de latão e o tubo emissor de raios X, e também o comprimento dos fios AH e A'H' entre eles, a intensidade da faísca mudava, e por uma análise do fenômeno era possível comparar a velocidade dos raios X no ar com a velocidade do pulso elétrico no fio.

Como já foi indicado antes, nessa época ainda existiam dúvidas sobre a natureza dos raios X. A medida de sua velocidade reforçava a idéia de que eram ondas eletromagnéticas, mas faltavam outras evidências. Diversos pesquisadores haviam procurado observar efeitos de polarização dessa radiação, com resultados que não eram muito claros. Blondlot dedicou-se então a tentar detectar esse novo tipo de efeito, com uma técnica semelhante à que aparentemente havia tido sucesso para medir a sua velocidade (Blondlot, 1903a).

A idéia era simples e engenhosa. Se os raios X emitidos por um tubo de Crookes fossem ondas eletromagnéticas totalmente ou parcialmente polarizadas, as faíscas produzidas entre dois eletrodos talvez ficassem mais fortes quando esses eletrodos estivessem em determinada direção, e mais fracas em outras direções. Além disso, colocar ou tirar uma placa de chumbo entre o tubo de Crookes e os eletrodos deveria afetar as faíscas elétricas com os eletrodos em uma direção, mas não em outra. Foi isso que ele imaginou e testou experimentalmente (Fig. 3).

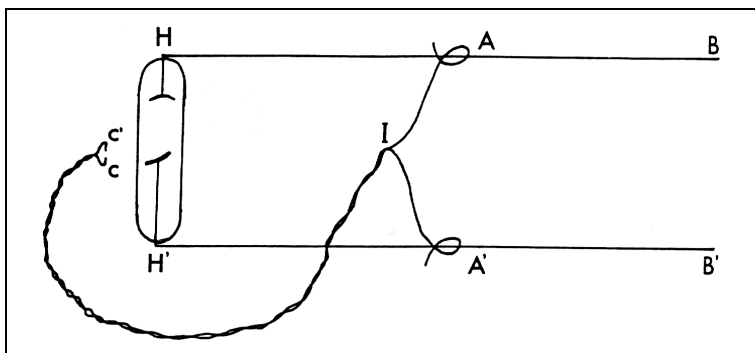


Figura 3 – Aparelhagem de Blondlot para detectar polarização dos raios X (Blondlot, 1903a). Os fios HB e H'B', cobertos por um isolante (guta-percha) conectam um tubo emissor de raios X a uma bobina de indução (não mostrada na figura). Dois outros fios AIC e A'IC', também recobertos pelo mesmo isolante, estão presos aos primeiros fios. Suas extremidades C e C' terminam sob forma de pontas e a distância entre elas é regulável. Cada vez que um pulso elétrico produzido pela bobina de indução produz raios X no tubo, o mesmo pulso elétrico produz uma pequena faísca entre C e C'. Segundo Blondlot, quando a direção CC' era paralela a HH' a faísca era mais forte, e quando era perpendicular a faísca era mais fraca, evidenciando um efeito de polarização dos raios X.

No dia 7 de janeiro de 1903 Blondlot escreveu uma longa carta a Henri Poincaré relatando seu trabalho⁶. Logo no início da carta, ele dizia: “Escrevo-vos às pressas para vos comunicar experiências que acabo de fazer e que, não posso duvidar disso, provam a polarização dos raios X”. Assim, os primeiros resultados positivos devem ter sido obtidos no final de dezembro de 1902 ou nos primeiros dias de janeiro de 1903.

Blondlot relatou oficialmente seu trabalho em uma comunicação apresentada à Academia de Ciências de Paris no dia 2 de fevereiro de 1903 (Blondlot, 1903a). Quando a distância entre as duas pontas metálicas dos eletrodos era paralela à direção dos raios catódicos no tubo de Crookes, a intensidade das faíscas mudava ao inserir uma placa de chumbo entre a fonte de raios X e o detector (Fig. 3). Quando a direção dos eletrodos era perpendicular à

⁶ As traduções das cartas enviadas por Blondlot a Poincaré, a respeito dos raios N, podem ser consultadas na segunda parte deste livro.

dos raios catódicos, as faíscas não eram modificadas pela interposição de chumbo. Portanto, de acordo com esses experimentos, os raios X pareciam possuir uma polarização, paralela à direção de propagação dos raios catódicos que os produziam. O teste dependia da possibilidade de observar variações de intensidade em uma pequena faísca elétrica, e segundo Blondlot “O fenômeno é facilmente observável quando a faísca está bem regulada; para isso é necessário que ela seja extremamente curta e fraca” (Blondlot, 1903a, p. 286).

Não se percebe nada de estranho ou problemático no planejamento dessas pesquisas. Blondlot estava formulando questões bem definidas e relevantes, guiado por sua experiência prévia e por analogias com pesquisas anteriores. A medida da velocidade das ondas de Hertz era importante, e foi realizada com sucesso. A medida da velocidade dos raios X apresentava igual importância, e seguiu um método semelhante.

A propriedade de polarização da luz era uma característica que reforçava a hipótese de que fosse uma onda transversal. Augusto Righi havia conseguido mostrar que as ondas de Hertz apresentavam polarização e que eram também ondas transversais. Era natural que Blondlot tentasse detectar a polarização dos raios X, como muitos outros pesquisadores da época. A metodologia de detecção da polarização, utilizando a observação de uma faísca elétrica entre dois eletrodos, não era nova ou estranha. Righi já havia utilizado o mesmo tipo de fenômeno, no estudo das ondas hertzianas (Poincaré, 1899, p. 64). Além disso, logo em seguida Blondlot testou se os raios ultravioletas produziam um fenômeno semelhante e, polarizando-os por reflexão, relatou ter obtido uma diferença nas faíscas excitadas por esses raios quando o plano de polarização era perpendicular à direção da reta unindo os dois eletrodos (Blondlot, 1903b).

Examinando-se os trabalhos publicados por Blondlot em 1903, percebe-se que ele era um físico experimental cuidadoso, muito experiente, e que gostava de enfrentar desafios na realização de experimentos delicados e de grande precisão. Os resultados obtidos eram interessantes e importantes. Os métodos empregados e os resultados obtidos eram totalmente ortodoxos. Nenhum físico,

lendo esses trabalhos, apontaria qualquer irregularidade que pudesse levar a suspeitar que Blondlot fosse um mau cientista. Pelo contrário: podemos considerar esses seus trabalhos como tendo todas as indicações de boas pesquisas sobre “ciência normal”.

CAPÍTULO 2

SURGEM OS RAIOS N

2.1 A DESCOBERTA DOS RAIOS N

Foi o estudo sobre a polarização dos raios X que levou Blondlot aos raios N, como veremos. Prosseguindo seus experimentos, Blondlot começou a notar alguns efeitos estranhos. Mas, como será mostrado abaixo, a sua pesquisa continuou a seguir um caminho perfeitamente compreensível e aceitável.

Os experimentos de Blondlot descritos acima eram uma forte indicação de que os raios X emitidos pelo tubo de Crookes tinham polarização retilínea. Ora, já tendo feito anteriormente estudos sobre polarização de luz e de ondas hertzianas, era natural que Blondlot procurasse novas propriedades, por analogia¹: seria possível girar o plano de polarização dos raios X, como se pode rodar o plano de polarização da luz?

Era fácil fazer o teste. As substâncias que possuem dupla refração (como cristal de rocha ou açúcar), colocadas no caminho de um feixe de luz polarizada, giram seu plano de polarização. Colocando as mesmas substâncias no caminho dos raios X, Blondlot procurou notar se era necessário girar o seu detector (o par de eletrodos) para obter faíscas mais fortes. O resultado foi positivo, e foi apresentado no primeiro artigo de Blondlot sobre o assunto (Blondlot, 1903a, p. 286). Em um outro artigo, apresentado no dia 23 de março do mesmo ano, ele confirmou a existência do efeito, utilizando lâminas de mica (Blondlot, 1903c).

Havia, no entanto, algo que pareceu estranho a Blondlot, nes-

¹ O uso de analogias teve um papel central no estudo dos raios X, desde os estudos iniciais por Röntgen. Ver Martins, 1998b.

ses resultados. Röntgen e vários outros pesquisadores já haviam procurado observar efeitos de refração dos raios X, com resultados negativos. As substâncias que giram o plano de polarização da luz possuem dupla refração. Como pode a *dupla refração* existir para os raios X, se eles não sofrem refração? Blondlot comentou:

Mas, se a dupla refração existe, é necessário, *a fortiori*, que a refração simples exista, e assim fui conduzido a pesquisar, apesar de todas as tentativas infrutíferas feitas para procurar a refração dos raios X, se eu não obteria o desvio por um prisma (Blondlot, 1903c, p. 736).

Para testar essa possibilidade, Blondlot montou diante de um tubo de Crookes um colimador formado por duas chapas de chumbo, com espessuras de 3 mm, com pequenas fendas paralelas, de modo a só deixar passar um feixe fino de radiação (Fig. 4).

O detector (que era ainda o par de eletrodos) foi colocado em uma posição ligeiramente diferente da direção do feixe, de modo que não pudesse ser atingido diretamente pela radiação. Blondlot colocou então um prisma eqüilátero de quartzo no caminho da radiação e, mudando sua distância e orientação, conseguiu tornar a faísca mais brilhante. Retirando então o prisma, notou que a faísca se tornava mais fraca (Blondlot, 1903c, p. 736). Parecia que o prisma desviava a radiação invisível.

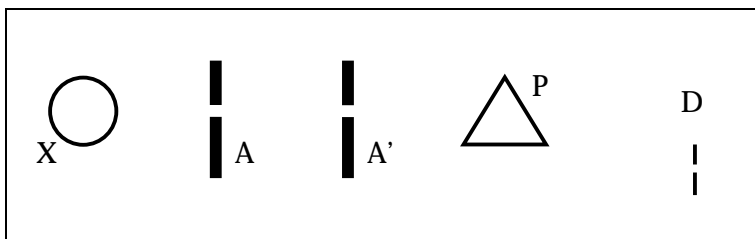


Figura 4 – Para tentar verificar se a radiação emitida pelo tubo de raios X podia ser refratada, Blondlot colocou diante do tubo (X) duas chapas de chumbo com fendas A, A' de modo a produzir um feixe fino de radiação. O detector D, constituído pelo dispositivo de faíscas, era colocado em uma posição fora da direção do feixe. Quando um prisma de quartzo P era colocado na direção do feixe, em uma posição adequada, as faíscas se tornavam mais brilhantes.

Seria esse efeito devido realmente a uma refração? Não poderia ter ocorrido simplesmente um espalhamento da radiação, para todos os lados? Blondlot testou essa possibilidade, primeiramente colocando o prisma com a aresta no sentido oposto, e depois substituindo-o por uma lâmina de quartzo de faces paralelas. Nos dois casos, a presença do objeto de quartzo não aumentava a intensidade da faísca (Blondlot, 1903c, p. 736), portanto não se tratava de um mero espalhamento. Medindo o desvio produzido pelo prisma, Blondlot estimou que o índice de refração do quartzo, para essa radiação, era de aproximadamente 2, “mas existe provavelmente todo um espectro, pois, nas experiências de refração por um prisma, o feixe desviado parece ocupar uma extensão angular maior” (Blondlot, 1903c, p. 737).

Se o quartzo desviava a radiação, deveria ser possível também concentrar essa radiação através de uma lente de quartzo, assim como se pode concentrar a luz visível. Blondlot testou essa consequência e a confirmou: com uma lente de cristal “obtém-se a imagem do anticátodo, extremamente bem definida em tamanho e em distância, por um maior brilho da faísca” (Blondlot, 1903c, p. 737). Utilizando a lente, era possível realizar o experimento anterior, de desvio da radiação com o prisma, em “condições muito mais precisas”.

Sempre que uma substância é capaz de refratar a luz, ela também é capaz de refleti-la. Assim, por analogia, Blondlot também esperava observar reflexão regular da radiação por uma superfície de vidro. Concentrando a radiação através de uma lente e colocando uma placa de vidro em posição oblíqua na direção do feixe, Blondlot observou o surgimento de um novo foco, simétrico ao anterior. Utilizando vidro sem polimento (lixado ou esmerilhado), havia apenas difusão, sem reflexão regular (Blondlot, 1903c, p. 737).

Ora, nos anos anteriores muitas pessoas haviam tentado observar tanto a refração quanto a reflexão regular dos raios X, sem sucesso. Por isso, Blondlot concluiu:

De tudo o que precede resulta que os raios que estudei desse modo não são os de Röntgen, pois aqueles não sofrem nem refração, nem reflexão. De fato, a pequena faísca revela uma nova

espécie de radiação emitida pelo tubo de foco: essas radiações atravessam o alumínio, o papel negro, a madeira, etc.; elas possuem polarização retilínea desde sua emissão, são suscetíveis de polarização rotatória e elíptica, se refratam, se refletem, se difundem, mas não produzem nem fluorescência, nem ação fotográfica. (Blondlot, 1903c, p. 737)

Esse é o relato inicial de Blondlot sobre sua descoberta. Note-se que todo o raciocínio que guiou essa pesquisa era extremamente claro e válido. Ele estudou certos fenômenos produzidos pela radiação do tubo de Crookes, utilizando como detector a faísca elétrica entre dois eletrodos, e notou diversas propriedades novas, incompatíveis com as dos raios X. Portanto, tratava-se de uma nova radiação invisível.

Ainda no mesmo artigo de 23 de março de 1903, Blondlot indicou que a nova radiação era emitida por tubos de Crookes mesmo quando se reduzia a corrente que acionava o tubo, e desaparecia sua luminescência característica; e indicou que a radiação surgia também quando se utilizavam fortes faíscas elétricas (de alguns milímetros, no ar), sem o tubo de Crookes.

Se atualmente aceitássemos a existência dessa radiação, este artigo de Blondlot poderia fazer parte de antologias científicas, como um modelo de utilização do método científico. Como não aceitamos a existência dessa radiação somos levados, pelo contrário, a perguntar, de forma anacrônica: o que estava errado?

2.2 O BRILHO DA FAÍSCA ELÉTRICA

O método de detecção utilizado por Blondlot apresentava alguns problemas, que geraram críticas posteriormente. Com o tubo de Crookes ligado ou desligado, ocorriam faíscas entre os eletrodos do detector. O que ele procurava notar era uma *variação no brilho* da faísca, e essa variação era avaliada visualmente, sem nenhum aparelho de medida.

Seria este um problema metodológico grave? Aparentemente não. Hertz havia utilizado a observação de uma faísca para detectar a presença das ondas previstas por Maxwell e durante essas pesquisas, em 1887, descobriu o efeito fotoelétrico notando um aumento dessas fracas faíscas. Röntgen fez todos os seus estudos

iniciais sobre raios X sem utilizar nenhuma medida objetiva da intensidade desses raios. Em seus primeiros experimentos, Henri Becquerel também estudou a radiação do urânio sem se preocupar em medi-la, usando avaliações subjetivas de intensidade de manchas produzidas em chapas fotográficas. Blondlot empregava uma técnica semelhante à de outros pesquisadores da época.

Naquele momento, o ponto central era saber se era possível distinguir claramente, de forma visual, quando as faíscas se tornavam mais fortes. Seria a diferença muito pequena, difícil de determinar? Ou bem nítida, fácil de identificar? Essa era a única questão a ser colocada. A resposta era, evidentemente, subjetiva: o próprio pesquisador deveria tentar notar se a diferença lhe parecia facilmente perceptível; e poderia também pedir a outros observadores que confirmassem sua impressão. Aparentemente Blondlot sentia bastante confiança no método, pois alguns meses antes ele já havia estudado cuidadosamente o efeito dos raios X sobre pequenas faíscas (Blondlot, 1902a).

Note-se que “ter confiança” e “ter certeza” são critérios que também atuam quando são realizadas *medidas*. Ao examinar o ponteiro de um instrumento, o pesquisador deve verificar se ele está ou não em determinada posição. Muitas vezes o ponteiro oscila. Às vezes é difícil dizer exatamente onde ele está, ou determinar se ele se moveu ou não. Por isso, a própria medida quantitativa depende de decisões (em geral inconscientes) que o pesquisador deve tomar ao observar o ponteiro de um instrumento e decidir subjetivamente sobre sua posição e sobre seu repouso ou movimento².

A linguagem adotada por Blondlot parece mostrar segurança nas suas observações. Quando descreve a focalização dos raios por uma lente, aparece a expressão “a imagem [...] era extremamente bem definida”, o que parece indicar que a variação de brilho das faíscas era muito fácil de notar, pelo menos nesse caso. Um físico experimental que lesse seus artigos, na época, não notaria nada anômalo nessas suas pesquisas.

² Não estamos aqui levando em conta instrumentos *digitais* de medida, pois estamos discutindo um episódio histórico do início do século XX.

2.3 UMA “DESCOBERTA” CIENTÍFICA

De acordo com os critérios para identificação de uma descoberta científica de um novo fenômeno (Martins, 1999), Blondlot já preencheria três importantes quesitos. Ele havia

- a) estabelecido um processo de detecção da nova radiação (intensificação do brilho de faíscas elétricas entre dois eletrodos);
- b) identificado dois tipos de fontes da nova radiação (tubos de Crookes e faíscas elétricas fortes, de alguns milímetros no ar);
- c) identificado algumas propriedades da radiação, que a distinguiam de outras radiações conhecidas na época (era refletida pelo vidro, refratada por cristal, polarizada, atravessava papel, madeira e alumínio, não produzia fosforescência nem efeitos fotográficos).

Note-se que esses raios não haviam sido previstos, nem eram explicados por nenhuma teoria existente na época – tratava-se de algo completamente inesperado. Haveria alguma coisa de absurdo na descoberta de Blondlot? Seria essa radiação algo incompatível com a física da época?

De modo nenhum. Sabia-se que o conhecimento do espectro eletromagnético era incompleto, na época. Além disso, poderiam existir outras radiações não eletromagnéticas desconhecidas (como as emitidas pelos corpos radioativos). As descobertas dos raios X e da radioatividade haviam tornado os físicos mais modestos em suas pretensões teóricas, e mais abertos a novas descobertas experimentais (Lodge, 1912). *Na época*, ninguém notaria nenhuma incompatibilidade entre o trabalho de Blondlot e os conhecimentos aceitos. Ele não estava se opondo à física estabelecida.

CAPÍTULO 3

ESTUDOS INICIAIS DE BLONDLLOT SOBRE OS RAIOS N

3.1 O SEGUNDO ARTIGO

Blondlot acreditava que as novas radiações pertenciam ao espectro eletromagnético: eram ondas transversais (já que sofriam polarização) e podiam ser refratadas pelo quartzo. O título do artigo em que descreveu sua descoberta era “Sobre um novo tipo de luz” (Blondlot, 1903c). O poder de penetração desses raios através de corpos opacos indicava que não se tratava de luz propriamente dita. Poderia ser um tipo de radiação de maior frequência e menor comprimento de onda do que a luz visível (ou seja, semelhante à radiação ultravioleta), ou pelo contrário, de menor frequência e maior comprimento de onda (como a radiação infravermelha). Esse foi um ponto discutido por Blondlot no segundo artigo sobre a nova radiação (Blondlot, 1903d), apresentado à Academia de Ciências de Paris no dia 11 de maio, ou seja, 7 semanas depois do primeiro artigo.

Heinrich Rubens havia estudado o espectro da radiação infravermelha, e notara que o índice de refração dos raios extremos refratados pelo sal gema atingia o valor de 2,18. Como Blondlot havia percebido que os novos raios tinham índice de refração próximo a 2, conjecturou que eles poderiam ser vizinhos aos raios de Rubens, e que poderiam portanto ser emitidos pelas fontes usuais de raios infravermelhos – essencialmente, corpos aquecidos.

Blondlot procurou, então, detectar a existência dos novos raios



Figura 5 – Um dispositivo de iluminação datado de 1911, com bico de Auer.

utilizando como fonte um tipo especial de queimador de gás, chamado “bico de Auer”¹ (Blondlot, 1903d). O bico estava encerrado em um cilindro de ferro, que não deixava escapar nenhuma luz visível. Na altura da tela incandescente havia uma pequena janela retangular, de 4 cm de largura e 6,5 cm de altura, fechada por uma folha de alumínio de 0,1 mm de espessura. Fora do cilindro de ferro, diante da janela de alumínio, era colocada uma lente de quartzo, e depois o sistema de detecção utilizando faíscas extremamente pequenas, que ele havia descrito anteriormente (Blondlot, 1903b).

Quando a distância p da lente à fenda era de 25,5 cm, constatou-se, com a ajuda da pequena faísca, a existência de um foco de grande nitidez a uma distância p' de cerca de 13,9 cm. Nesse ponto, de fato, a faísca adquire um brilho notavelmente maior do que nos pontos vizinhos, situados seja antes ou após, seja à esquerda ou à direita, seja acima ou abaixo. A distância desse foco² à lente pode ser determinada com precisão de 3 ou 4 mm. (Blondlot, 1903d, p. 1121)

De acordo com a descrição de Blondlot, o efeito era muito nítido, ou seja, ele não tinha dúvidas sobre a existência de um forte aumento de brilho da faísca. Além disso, quando colocava entre o bico de Auer e o detector uma placa de chumbo (com espessura de 4 mm), o efeito desaparecia.

¹ Carl Auer von Welsbach (1858-1929) inventou, no final do século XIX, um tipo de tela incandescente, contendo óxido de tório e de cério, que resistia a altas temperaturas e tornava os bicos de gás muito mais luminosos. As “caminhas” de lâmpadas a querosene são descendentes diretos das telas de Auer.

² O termo óptico mais exato seria “imagem”, e não “foco”.

Blondlot variou a distância entre a lente e essa fonte, medindo as novas posições das imagens obtidas (pontos em que as faíscas se tornavam mais fortes). Os resultados foram concordantes com a lei da óptica geométrica para lentes, e permitiram calcular que o índice de refração do quartzo para esses raios era de 2,93. Utilizando uma outra lente que possuía distância focal muito diferente e repetindo as medidas, foi obtido o índice de refração de 2,94 (Blondlot, 1903d, p. 1121). Esses resultados concordantes, obtidos com lentes distintas e com distâncias diferentes à fonte de radiação, aumentaram muito a confiabilidade da medida obtida.

Ao realizar esses experimentos, Blondlot constatou a existência de outros três tipos de radiação, com diferentes índices de refração para o quartzo: 2,62, 2,436 e 2,29. Ou seja: o bico de Auer parecia estar emitindo um espectro *descontínuo* da nova radiação. Este poderia ser considerado, na época, uma característica anômala do fenômeno, pois sabia-se que sólidos incandescentes emitem espectros contínuos. Blondlot não comentou esse aspecto, no entanto.

Um outro pesquisador, Georges Sagnac, propôs uma interpretação diferente para o resultado obtido por Blondlot (Sagnac, 1903): se esses raios tivessem grande comprimento de onda, mesmo sendo uma radiação homogênea, a lente produziria sucessivas regiões mais fortes, por difração. Sagnac mostrou que as medidas de Blondlot concordavam com as equações do fenômeno, e indicou que o comprimento de onda dos novos raios deveria ser de aproximadamente 0,2 mm (um valor quatro vezes superior ao maior comprimento de onda do infravermelho estudado por Rubens).

Blondlot descreveu que, assim como ocorria no caso da radiação emitida pelo tubo de Crookes, as radiações emitidas pelo bico de Auer atravessavam papel, madeira, parafina e diversas outras substâncias, porém eram absorvidas pelo sal gema (espessura de 3 mm), pelo chumbo (0,2 mm), pela platina (0,4 mm) e até pela água. Um simples papel de cigarros, muito fino, molhado, impedia a passagem da radiação (Blondlot, 1903d, p. 1122).

No mesmo artigo Blondlot apresentou também um efeito fotográfico indireto da nova radiação. Como já havia afirmado no

artigo anterior, os novos raios não produziam diretamente efeitos fotográficos. No entanto, como as faíscas se tornam mais fortes com a presença dos raios, elas podem produzir efeitos fotográficos também mais fortes sob ação da nova radiação. Blondlot submeteu inicialmente uma chapa fotográfica à ação da luz das faíscas, durante 40 segundos, com um papel seco entre a lente e o detector; depois, molhando o papel, fez nova exposição de 40 segundos. A segunda fotografia era visivelmente mais fraca do que a primeira.

Seria essa nova radiação da mesma natureza que os raios infravermelhos estudados por Rubens? Blondlot indicou que eles eram emitidos pela mesma fonte e apresentavam igualmente forte absorção pelo sal gema e pela água; no entanto, os raios de Rubens não atravessam metais, e os estudados por Blondlot atravessam folhas metálicas finas. Essa era uma “diferença radical” entre eles (Blondlot, 1903d, p. 1123).

3.2 PRODUÇÃO E DETECÇÃO DOS “RAIOS N”

No dia 25 de maio de 1903, duas semanas depois do segundo artigo, Blondlot apresentou sua terceira comunicação sobre o assunto (Blondlot, 1903e). Neste trabalho Blondlot utilizou pela primeira vez o nome de “raios n”: “Para abreviar a linguagem, designarei daqui por diante essas radiações pelo nome de *raios n*” e, em uma nota de rodapé, explicou: “Do nome da cidade de Nancy: essas pesquisas foram feitas na Universidade de Nancy” (Blondlot, 1903e, p. 1227). Aqui, apareceu um “n” minúsculo, mas posteriormente passou-se a utilizar “N” maiúsculo. Por uniformidade, vamos sempre utilizar “raios N” (exceto em citações).

Nesse intervalo de duas semanas Blondlot havia investigado se a emissão dos novos raios era uma propriedade geral dos corpos aquecidos. Notou que uma placa de ferro ou de prata, aquecida por um bico de Bunsen até se tornar avermelhada, emitia fortemente a nova radiação, como os bicos de Auer. A própria chama do gás, no entanto, não emitia uma quantidade sensível da radiação invisível.

Uma placa de prata, inclinada de 45° em relação ao plano horizontal, e aquecida ao rubro pela chama do bico de Bunsen, emitia

radiações N tão intensas quanto o bico de Auer. Filtradas por uma folha de alumínio, concentradas por uma lente de quartzo e observadas através do detector de faíscas, em uma direção horizontal, elas mostraram uma polarização vertical (como a luz e a radiação infravermelha emitidas nas mesmas circunstâncias). Recobrimo-se a placa de prata com fuligem, a intensidade da radiação aumentava, mas a polarização desaparecia (Blondlot, 1903e, p. 1227). Como no caso do bico de Auer, também nesse caso Blondlot localizou quatro regiões onde o efeito produzido era mais forte, indicando quatro índices de refração diferentes.

Blondlot experimentou utilizar um outro tipo de detector: uma pequena chama de gás azulada. Notou que a chama se tornava mais luminosa e mais branca, quando colocada nos pontos onde os raios N eram mais intensos. Tanto no caso da chama quanto no caso das faíscas, Blondlot recomendou que a observação visual fosse feita através de um vidro despolido (lixado), colocado a 2,5 ou 3 cm de distância. Desse modo, podia-se ver uma mancha luminosa maior, mais fraca, e tornava-se mais fácil notar as variações de brilho pelo tamanho aparente da mancha (Blondlot, 1903e, p. 1228).

Um terceiro método de detecção, indicado nesse mesmo artigo, foi através do efeito dos raios N sobre materiais fosforescentes. Esses raios não eram capazes de produzir fosforescência ou fluorescência, mas quando incidiam sobre um material fosforescente (sulfeto de cálcio) já luminoso, seu brilho aumentava. Esse parecia ser um fenômeno análogo à termoluminescência, que já era conhecida há muito tempo.

Nesse artigo, portanto, Blondlot apresentou novas fontes de raios N, e novos modos de detectá-los. Tornava-se mais fácil, assim, estudar essa nova radiação. Tanto a busca de novas fontes de emissão como a busca de novos processos de detecção utilizaram analogias com radiações semelhantes (infravermelho, ultravioleta, etc.), seguindo portanto um processo racional e não aleatório de busca. Os resultados obtidos reforçaram os conhecimentos anteriores, aumentando a confiabilidade do trabalho de Blondlot.

Um quarto artigo, apresentado no dia 15 de junho, anunciou que o Sol também emitia raios N (Blondlot, 1903f). Blondlot che-

gou a essa conclusão observando um tubo de vidro que continha sulfeto de cálcio fosforescente. Quando esse tubo era colocado em um quarto escuro, próximo a uma janela de madeira fechada, onde o Sol batia, o brilho do sulfeto de cálcio aumentava. Interpondo-se a mão ou chumbo entre o tubo e a janela, seu brilho diminuía; retirando esse obstáculo, o brilho aumentava. Ele recomendou colocar um papel negro atrás do tubo, para que o fundo contra o qual a fosforescência era observada fosse constante. Colocando-se entre o tubo e a janela placas de alumínio, de cartolina ou de madeira, seu brilho não mudava, e portanto o efeito não parecia térmico.

Como no caso dos raios N emitidos pelo tubo de Crookes e por outras fontes, também a radiação invisível proveniente do Sol podia ser concentrada por lentes de quartzo, era refletida por uma lâmina de vidro polida, e aumentava o brilho de chamas e de faíscas. Blondlot indicou que o uso da pequena chama era o melhor modo de detectar a radiação, porque seu brilho era mais regular do que o das faíscas (Blondlot, 1903f, p. 1422).

No dia 20 de julho Blondlot apresentou o quinto artigo sobre o assunto (Blondlot, 1903g), no qual tentou observar e medir efeitos térmicos dos raios N. Embora Blondlot não explicitasse o que o guiou nesses estudos, é provável que estivesse investigando se os raios N eram um tipo de raios infravermelhos. Utilizou como fonte um bico de Auer, colocando anteparos de madeira e de alumínio para absorver as radiações comuns. Concentrou a radiação por uma lente de quartzo, e colocou na posição da imagem um fio de platina aquecido ao vermelho por uma corrente elétrica. O brilho do fio aumentava, mas não foi observada nenhuma mudança da sua resistência elétrica. Concentrando os raios N sobre uma pilha termoeletrica também não foi notado nenhum efeito. Parecia, portanto, que se tratava de algo bem diferente da radiação infravermelha.

3.3 REAÇÕES DA COMUNIDADE CIENTÍFICA – AS PRIMEIRAS ANOMALIAS

Até esse momento, apenas Blondlot havia publicado trabalhos sobre o novo tipo de radiação. A comunidade científica reagiu

muito lentamente a esses artigos. Por que essa falta de reação imediata? Provavelmente porque se tratava apenas de *mais um tipo de radiação*, entre muitas que estavam surgindo na época (ver Martins, 2004). O estudo da radioatividade trazia a cada dia novos resultados, e assim a nova radiação foi inicialmente negligenciada. Na Inglaterra, por exemplo, a primeira notícia publicada na revista *Nature* sobre os raios N apareceu no dia 24 de dezembro de 1903, e começava afirmando: “Entre os numerosos tipos especiais de radiação descobertos recentemente, os raios- n do Sr. Blondlot não são dos menos interessantes” (Anônimo, 1903, p. 182). No entanto, as pesquisas de Blondlot chamaram a atenção do único autor que ele citou nos seus primeiros artigos: Heinrich Rubens. Como Blondlot indicara uma semelhança entre os raios N e os raios infravermelhos que Rubens havia estudado, era natural que esse pesquisador se voltasse para a nova radiação.

No quinto artigo, que apresentou no dia 20 de julho de 1903, Blondlot comentou que havia recebido um comunicado pessoal de Rubens:

Os diferentes efeitos produzidos pelos raios n ação sobre a fâisca, sobre a chama, sobre a fosforescência, sobre a incandescência, conduziram a pensar que esses raios poderiam agir aquecendo os corpos submetidos aos mesmos. Para submeter essa questão à experiência, instalei uma pilha termo-elétrica de Rubens ligada a um galvanômetro com armadura. A ação dos raios n sobre esse aparelho foi absolutamente nula, mesmo nas condições mais favoráveis, embora uma vela colocada a 12 m da pilha produzisse um desvio de aproximadamente 0,5 mm da escala. Operei tanto com os raios n provenientes de um bico de Auer como com os do Sol, no último 3 de julho, ao meio-dia: os raios n eram muito intensos, pois colocando diante da pilha um tubo contendo sulfeto de cálcio fracamente excitado pelo Sol, seu brilho aumentava muito e diminuía pela interposição de um anteparo de chumbo ou pela mão. O Sr. H. Rubens fez a mesma constatação, como teve a gentileza de me escrever; seu aparelho era ainda mais sensível do que o meu. (Blondlot, 1903g, p. 167)

No dia 21 de setembro de 1903, Rubens apresentou um trabalho à Academia de Ciências de Berlim no qual discutia as propriedades ópticas e elétricas dos metais, estudando a possibilidade

de transmissão de raios infravermelhos através de lâminas metálicas. Observou que os raios de maior comprimento de onda não eram capazes de atravessar lâminas de alumínio ou de prata com espessura de 1/2 mm, mostrando assim um comportamento diferente daquele que Blondlot havia descrito para os raios N. Assim, Rubens concluiu:

Devo enfatizar que o Sr. Blondlot interpretou os fenômenos que observou recentemente como se tivessem sido produzidos por raios infravermelhos de longo comprimento de onda. Esta interpretação está assim em contradição com nossos resultados. (Rubens, 1903, p. 732)

Logo após a apresentação desse trabalho na Academia de Berlim ocorreu uma discussão sobre as pesquisas de Blondlot (Stradling, 1907, p. 60), que foi publicada juntamente com o artigo de Rubens:

Kaufmann, de Bonn. Tentei em vão repetir os experimentos de Blondlot relativos à emissão do tubo de raios X. Mas eu não possuía um interruptor que operasse de modo muito regular, como teria sido necessário. Talvez algum dos outros cavalheiros tenha repetido esses experimentos?

Donath, de Berlin. Eu também tentei repetir os experimentos de Blondlot sem sucesso.

Rubens. Eu próprio dediquei um longo tempo a isso, e é claro que esses experimentos são muito difíceis. Escrevi a Blondlot e ele me respondeu muito gentilmente e descreveu seu arranjo, mas até agora eu ainda não obtive nenhum resultado.

Drude, de Giessen. Em Giessen também tentamos em vão repetir os experimentos de Blondlot. (Rubens, 1903, p. 732)

Rubens comentou também que havia oferecido a Blondlot o empréstimo de sua rede de difração de prata, para que o pesquisador francês pudesse medir o comprimento de onda dos raios N, mas Blondlot havia recusado, já que a prata era transparente para sua radiação (Rubens, 1903, p. 733).

3.4 OUTRAS PROPRIEDADES DOS RAIOS N

É provável que Rubens tenha comunicado todos seus resultados diretamente a Blondlot. No entanto, este não comentou nos seus artigos seguintes que os pesquisadores alemães tinham sido incapazes de reproduzir suas observações. Depois de um silêncio de alguns meses, em novembro ele retomou a divulgação de novos resultados experimentais, publicando uma sequência de mais quatro artigos até o final de 1903 (Blondlot, 1903h, 1903i, 1903j, 1903k). Os principais resultados novos apresentados nesses trabalhos foram:

- a) Os efeitos produzidos pelos raios N não são instantâneos – algumas vezes demoram a começar, e depois da interrupção dos raios os efeitos ainda duram algum tempo.
- b) Algumas substâncias, depois de serem expostas aos raios N, continuam a emitir essa radiação durante algum tempo (emissão secundária).
- b) Na presença de raios N, objetos fracamente iluminados (como papel) se tornam mais nítidos, mas esse efeito não se deve a um aumento da luz refletida, e sim a uma ação sobre os olhos do observador.
- c) Embora os raios N sejam absorvidos pela água pura, são transmitidos pela água salgada e por alguns líquidos orgânicos.
- d) Certos corpos, quando tensionados, emitem raios N, e essa emissão tem longa duração.

No trabalho que apresentou à Academia no dia 2 de novembro de 1903, Blondlot comentou:

Farei aqui o seguinte comentário geral relativo à observação dos raios n . A capacidade de perceber fracas variações de intensidade luminosa varia muito de uma pessoa a outra: certas pessoas vêem na primeira tentativa e sem nenhuma dificuldade o fortalecimento que os raios n produzem no brilho de uma pequena fonte luminosa; para outros, esses fenômenos estão quase no limite do que podem distinguir, e apenas após um certo tempo de exercício é que eles conseguem captá-los correntemente e observá-los com toda segurança. O pequeno valor desses efeitos e a delicadeza de sua observação não nos devem deter em um estudo que nos coloca de posse de radiações que até aqui permaneciam

desconhecidas. Constatei recentemente que o bico de Auer pode ser substituído vantajosamente pela lâmpada de Nernst³, sem vidro, que produz raios *n* mais intensos: com uma lâmpada de 200 watts, os fenômenos são suficientemente fortes, creio eu, para serem facilmente visíveis imediatamente por todos os olhos. (Blondlot, 1903h, p. 686)

Esse comentário parece indicar que Blondlot estava sendo questionado por pessoas que não haviam conseguido observar os efeitos dos raios N. Por outro lado, o comentário também mostra que o pesquisador de Nancy continuava seguro de sua posição, e acreditava que com treino ou com fontes de raios N suficientemente fortes (como a lâmpada de Nernst) todas as pessoas poderiam confirmar suas observações.

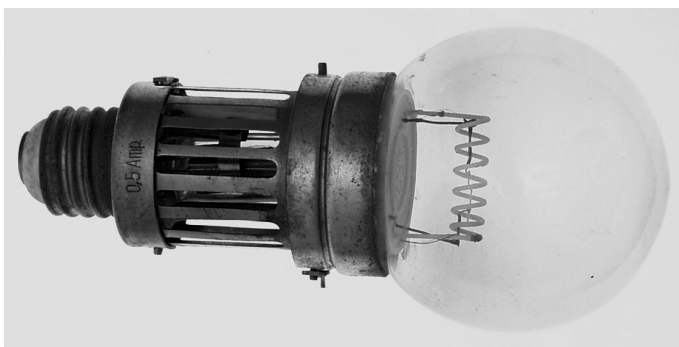


Figura 6 – Lâmpada de Nernst, do início do século XX, mostrando o filamento principal de óxido de zircônio (espiralado) e o filamento secundário de platina (dentro, reto).

³ Walther Hermann Nernst (1864-1941), conhecido por suas pesquisas em termodinâmica, inventou no início do século XX um tipo de lâmpada elétrica de alta potência, utilizando filamento de óxido de ítrio ou de zircônio. Esses materiais não são bons condutores de corrente elétrica a temperaturas ordinárias, mas sua resistência elétrica diminui com a temperatura. O filamento da lâmpada precisava ser aquecido inicialmente por um outro filamento auxiliar de platina, para que a corrente elétrica se tornasse suficientemente forte, e depois a própria corrente mantinha a temperatura necessária. O filamento não se evaporava nem se oxidava (já era feito de um óxido), e por isso a lâmpada podia funcionar sem vácuo – e até sem o vidro protetor.

CAPÍTULO 4

NOVOS EFEITOS DOS RAIOS N

4.1 OS RAIOS N E OS SERES VIVOS

Até novembro de 1903 Blondlot foi o único pesquisador a publicar trabalhos sobre a nova radiação. No entanto, convidou Augustin Charpentier, professor de biofísica da Faculdade de Medicina de Nancy, a presenciar seus experimentos, e logo este pesquisador se envolveu com os novos fenômenos. Em dezembro de 1903 ele submeteu dois trabalhos à Academia de Ciências de Paris, que foram lidos por d'Arsonval nos dias 14 e 28 de dezembro (Charpentier, 1903a; Charpentier, 1903b). Nesses artigos ele relatou que o corpo humano emite raios N, e que essa emissão é maior no caso dos músculos (especialmente quando estão contraídos) e do sistema nervoso.

A radiação estudada por Charpentier parecia ter as mesmas propriedades dos raios N de Blondlot de origem inorgânica: podia atravessar o papel, o vidro, o alumínio; não atravessava papel molhado ou chumbo; podia ser refletida e refratada. Charpentier afirmou que, utilizando um pequeno objeto recoberto por material fosforescente e observando sua variação de brilho, era possível identificar e seguir um nervo superficial e até mesmo identificar o contorno do coração de uma pessoa. Ele tomou o cuidado de testar se o efeito de aumento de luminosidade não seria devido simplesmente ao aumento de temperatura do material fosforescente, mas constatou que o efeito continuava a existir quando interpunha várias folhas de alumínio entre o detector e o organismo, ou aquecendo o material fosforescente a uma temperatura

superior à do corpo humano; e que mesmo as rãs, que possuem uma baixa temperatura corporal, produziam o mesmo efeito (Charpentier, 1903b, p. 1278).

Dependendo do tipo de atividade cerebral dos sujeitos observados, Charpentier notava que diferentes partes do cérebro emitiam radiação mais intensa, confirmando a topologia cerebral descrita por Paul Broca. Para estudar a localização dos centros emissores de raios N não era possível utilizar grandes placas fosforescentes, pois Blondlot já havia percebido que a emissão de raios N secundários fazia com que uma parte de um anteparo influenciasse as outras. Assim, uma placa grande apresentava uma aparência uniforme, quando aproximada de um corpo vivo. Charpentier desenvolveu então um instrumento especial, utilizando um tubo, com material fosforescente em uma de suas extremidades, que permitia estudar pequenas regiões (Fig. 7).

A revista inglesa *Nature* informou seus leitores sobre o trabalho de Charpentier sem nenhuma reticência, comentando sobre a importância da descoberta para os estudos fisiológicos e médicos (Anônimo, 1903). A descoberta dos raios N fisiológicos de Charpentier pareceu tão importante que logo a Academia de Ciências de Paris recebeu várias *reclamações de prioridade*, de pessoas que alegavam já ter descoberto o mesmo fenômeno antes (Stradling, 1907, p. 62).

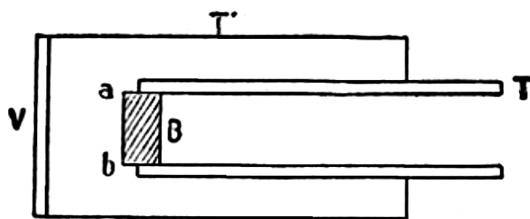


Figura 7 – Dispositivo de Charpentier para estudar os raios N emitidos por seres vivos. Um tubo de chumbo (T) tem uma de suas extremidades aberta e a outra fechada por uma rolha B recoberta na face ab por sulfeto de cálcio fosforescente. Esse tubo é encaixado dentro de um outro, T', podendo ser movido dentro dele. O tubo T' tem em uma das extremidades um vidro despolido V. Aplicava-se a extremidade aberta do tubo T ao corpo estudado e observava-se pelo vidro despolido o brilho do sulfeto de cálcio.

4.2 OS RAIOS N SE POPULARIZAM NA FRANÇA

A partir de 1904 vários outros pesquisadores franceses começaram a publicar trabalhos sobre os raios N. O número de comunicações à Academia de Ciências de Paris cresceu rapidamente, e no primeiro semestre de 1904 apareceram 53 artigos sobre essas novas radiações nos *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, assinados por 19 pesquisadores diferentes.

- Augustin Charpentier: 13 artigos (11 trabalhos como autor único e mais 2 em colaboração com Édouard Meyer)
- René Blondlot: 7
- Jean Becquerel: 7
- Ernest-Adolphe Bichat: 6
- Édouard Meyer: 5 comunicações (2 como autor único, 2 com Charpentier e 1 com Lambert)
- Albert Jules Colson: 3
- André Broca: 3 (1 como autor único, 1 com Jean Becquerel e 1 com Adolphe Zimmern)
- H. Bagart: 2
- Jules Macé de Lépinay: 2
- M. Lambert: 2 (1 como autor único, 1 com Meyer)
- Julien Meyer: 2
- P. Jégou: 2

Vários desses autores eram da Universidade de Nancy, como o próprio Blondlot: Augustin Charpentier (1852-1916), Édouard Meyer (1838-1902) e M. Lambert eram da Faculdade de Medicina daquela instituição⁴. Ernest-Adolphe Bichat (1845-1905), H. Bagart e Julien Meyer eram da Faculdade de Ciências de Nancy. Os demais estavam distribuídos por diversas instituições. Jean Becquerel era assistente de física do Museu de História Natural de Paris; Albert-Jules Colson era professor de química da Escola Politécnica de Paris; H. Bagart era da Faculdade de Ciências de

⁴ As instituições dos diversos pesquisadores foram obtidas principalmente de Piéron, 1904e.

Dijon, Jules Macé de Lépinay era da Faculdade de Ciências de Marseille, André Broca era professor da Faculdade de Medicina de Paris.

Além desses pesquisadores, houve diversos outros que apresentaram, cada um deles, apenas uma comunicação: Gilbert Ballé (Faculdade de Medicina de Paris), Edmond Rothé (mestre de conferências em física da Faculdade de Ciências de Grenoble), Adolphe Zimmermann, Paul-Louis Mercanton, Cassimir Radzikowski, Antoine-Marie Camille Gutton (mestre de conferências em física, Faculdade de Ciências de Nancy), Arsène d'Arsonval (professor de fisiologia da Sorbonne, Paris).

Parecia ter surgido um novo campo de estudos extremamente fértil e importante, com aplicações à medicina, à biologia, à química e a outras áreas, produzindo uma excitação comparável à da descoberta dos raios X. Para efeito de comparação, deve-se observar que no mesmo período de 6 meses foram apresentados à Academia de Paris apenas 5 trabalhos sobre radioatividade.

É impossível descrever tudo o que foi publicado nesse período de grande ebulição, mas é importante assinalar que o estudo dos raios N emitidos por corpos vivos desencadeou o aparecimento de resultados bastante estranhos. Charpentier relatou que os raios N podiam ser transmitidos ao longo de fios metálicos, e que alteravam a sensibilidade do organismo humano (visual, auditiva, olfativa). Como o sistema nervoso seria um forte emissor de raios N, uma rã tratada com o veneno curare (que afeta o sistema nervoso e produz paralisia) emitia poucos raios N.

Um colega de Augustin Charpentier, Édouard Meyer, relatou que os vegetais emitiam raios N, mas que sob a ação de clorofórmio e outros anestésicos essa emissão diminuía.

Inspirado por esses resultados, Jean Becquerel estudou a influência de anestésicos sobre sulfeto de cálcio, areia e metais, e afirmou que a emissão de raios N diminuía quando esses corpos inanimados eram tratados por substâncias como clorofórmio e éter (ver capítulo 5). Resultados tão estranhos como esse podem nos parecer inaceitáveis *a priori*, mas foram comunicados à Academia de Ciências de Paris, e publicados. Mais adiante descreveremos as alegações de Jean Becquerel.

De um modo geral, pode-se dizer que os efeitos descritos por Blondlot pareciam coerentes com a física de sua época, mas alguns dos efeitos descritos pelos outros investigadores eram inacreditáveis.

4.3 ALEMANHA E INGLATERRA

Ao mesmo tempo em que ocorria essa fase eufórica de descobertas na França, surgiam fortes dúvidas sobre a existência dos raios N em outros países. Em dezembro de 1903, enquanto Charpentier começava a apresentar seus trabalhos sobre os raios N emitidos pelos organismos vivos, H. Zahn relatava que não havia notado nenhum dos efeitos descritos por Blondlot, e Otto Lummer apresentava à Academia de Ciências de Berlim uma sugestão de que os fenômenos observados por Blondlot eram fisiológicos (efeitos ocorridos na retina) e não físicos.

O trabalho de Lummer, que pouco depois foi traduzido para o inglês e publicado em fevereiro de 1904 na revista *Nature*, teve grande importância, pois comparou os efeitos descritos por Blondlot com efeitos visuais que ocorrem sob condições de baixa iluminação, sem nenhuma fonte de raios N (Lummer, 1904). Quando se observa um pequeno objeto fracamente luminoso, após adaptação ao escuro, um ligeiro movimento do olho pode deslocar a imagem na retina de uma região onde há tanto cones quanto bastonetes para outra região onde há apenas bastonetes (mais sensíveis a fracas intensidades) e produzir a sensação de um aumento de luminosidade. Assim, nos experimentos de Blondlot, poderia ocorrer que os detectores (chama, corpo fosforescente, faísca) não mudassem seu brilho, mas pequenos movimentos do olho do observador produzissem uma mudança na sensação de luminosidade.

Em janeiro de 1904, na Inglaterra, um senhor S. G. Brown comunicou que havia observado um aumento de luminosidade de uma tela de sulfeto de zinco fosforescente quando ela era aproximada do corpo, e que inicialmente interpretara o fenômeno como sendo devido a raios emitidos pelo organismo; mas depois havia verificado que a causa era apenas o calor corporal (Brown, 1904). Poucas semanas depois, John Burke, do *Cavendish Laboratory*

(Cambridge), relatou que havia repetido os experimentos de Blondlot e não observara nenhuma mudança de luminosidade das telas fosforescentes. Ele comentou: “Não consigo encontrar nenhuma outra explicação para os resultados do Sr. Blondlot, a não ser que ele tenha encontrado uma radiação à qual alguns homens são cegos, e outros não” (Burke, 1904a, p. 395).

No dia 18 de fevereiro de 1904 a revista *Nature* publicou uma propaganda de telas de sulfeto de cálcio para observação de raios N descrevendo alguns experimentos simples, como por exemplo: “Se um desses anteparos for colocado no chão quando estiver fluorescendo levemente, ele será invisível, mas sua luz aumentará quando for colocado acima do pé, e os músculos forem colocados em atividade”. Esse tipo de efeito existe e é fácil de ser verificado, de acordo com Alan Swinton, mas seria devido apenas ao calor do corpo, que provocaria um aumento da emissão de luz pela tela fosforescente (Swinton, 1904, p. 412).

4.4 ÍNDICE DE REFRAÇÃO E COMPRIMENTO DE ONDA DOS RAIOS N

No entanto, enquanto surgiam esses resultados negativos no exterior, Blondlot prosseguia suas pesquisas e obtinha novos resultados importantes. No dia 18 de janeiro de 1904 ele comunicou os resultados de medidas do índice de refração dos raios N no alumínio, e medidas de comprimentos de onda (Blondlot, 1904a).

O método utilizado era análogo ao método empregado em óptica para a análise de um espectro luminoso (visível) com um prisma, medindo os desvios das diversas cores (Fig. 8).

Utilizando um prisma com pequeno ângulo ($27^{\circ} 15'$) Blondlot encontrou 8 feixes diferentes e determinou os índices de refração correspondentes aos vários tipos de radiação. Depois, utilizando uma lente de alumínio, fez outras medidas por um método independente: colocando a lente a uma distância fixa da lâmpada de Nernst, media as posições das imagens produzidas, procurando os máximos de intensidade da radiação com um detector de sulfeto de cálcio. Utilizando então as fórmulas usuais da óptica geométrica, determinava os índices de refração correspondentes.

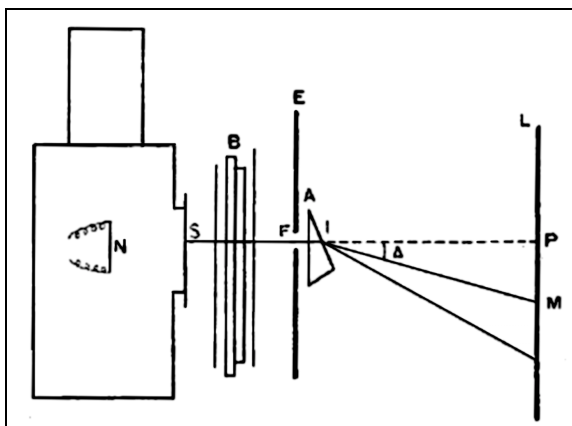


Figura 8 – Dispositivo utilizado por Blondlot para determinar o índice de refração dos raios N (Ascoli, 1904, p. 232). Uma lâmpada de Nernst (N), encerrada dentro de um cilindro metálico, era a fonte de raios N. A radiação podia sair através de uma janela fina, recoberta com uma folha de alumínio (S). A radiação atravessava uma prancha de madeira, folhas de papel negro e uma outra folha de alumínio (B), para eliminar as outras radiações, depois incidia sobre um papelão molhado (E), no qual havia uma fenda de 5 mm de espessura (F). Diante da fenda havia um prisma de alumínio (A). De acordo com Blondlot, a radiação se dividia em vários feixes, após atravessar o prisma. A posição desses feixes refratados era determinada através de um detector constituído por um retângulo de cartão no qual se fazia uma fenda com um milímetro de espessura, que era preenchida com sulfeto de cálcio fosforescente. Movimentando o detector diante do prisma era possível, segundo o pesquisador, determinar a posição dos diversos feixes, e assim medir os respectivos índices de refração no alumínio do prisma.

As medidas foram repetidas para três distâncias diferentes entre a lente e a lâmpada, e deram resultados concordantes entre si e coerentes com os dados obtidos através do prisma, como se pode ver na Tabela 1. A boa concordância obtida entre as várias medidas, conforme mostra a tabela, é notável.

Para determinar os comprimentos de onda correspondentes, Blondlot isolou um dos feixes de raios N produzidos pelo prisma e o fez passar por uma rede de difração (Fig. 9). Analisando o feixe difratado por meio de um detector fosforescente muito fino (1/15 de milímetro), notou a existência de uma série de franjas fortes e fracas, como no caso da luz – porém mais próximas, o

que significava que o comprimento de onda dos raios N era menor do que o da luz visível. Medindo as distâncias entre essas franjas, determinou os comprimentos de onda dos raios N correspondentes aos diversos feixes produzidos pelo prisma.

As medidas foram repetidas três vezes, utilizando redes de difração com 200 traços por milímetro, 100 traços por milímetro e 50 traços por milímetro. Os resultados foram coerentes (Tabela 2). Blondlot também produziu anéis de interferência (anéis de Newton) com raios N, confirmando os comprimentos de onda medidos.

Poder oferecer *medidas* das propriedades dos raios N era um importante passo no estudo dessas novas radiações.

Tabela 1 – Índices de refração de diversos tipos de raios N de uma lâmpada Nernst, medidos por Blondlot através de seu desvio por um prisma ou pela formação de imagens por uma lente (Blondlot 1904a).

Prisma	Lente, p = 40 cm	Lente, p = 30 cm	Lente, p = 22 cm
1,85	1,86	1,91	1,91
1,68	1,67	1,66	1,67
1,48	1,50	1,49	1,48
1,40	1,42	1,42	1,43
1,36	1,36	1,36	1,37
1,29	1,31	1,31	
1,19	1,20		
1,04			

Tabela 2 – Comprimentos de onda de diversos tipos de raios N produzidos por uma lâmpada Nernst e separados por um prisma de alumínio, medidos através de três redes de difração (Blondlot 1904a).

Índice de re- fração	Rede de 200 linhas por mm	Rede de 100 linhas por mm	Rede de 50 linhas por mm
1,04	0,00813 μm	0,00795 μm	0,00839 μm
1,19	0,0093 μm	0,0102 μm	0,0106 μm
1,4	0,0117 μm		
1,68	0,0146 μm		
1,85	0,0176 μm	0,0171 μm	0,0184 μm

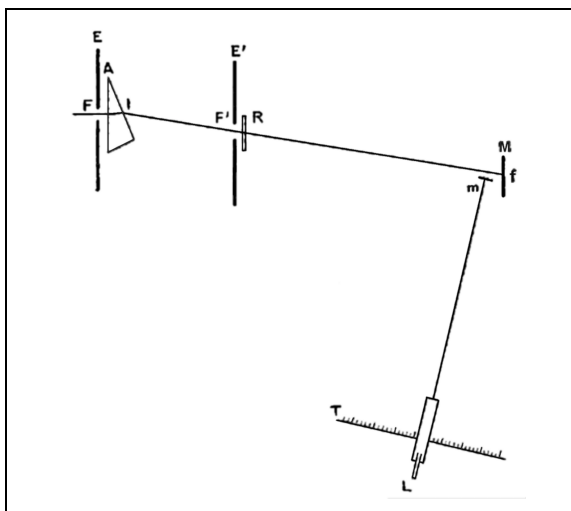


Figura 9 – Método de medida de comprimentos de onda dos raios N, utilizado por Blondlot. Um feixe de raios N é refratado pelo prisma A, depois de passar pela fenda F. E é um anteparo de papelão molhado, com uma fenda E' que produz um feixe estreito. M é uma folha de alumínio que tem uma fenda f muito estreita, onde se coloca sulfeto de cálcio. R é a rede de difração. A folha de alumínio M, que serve como detector, é movida por meio de um braço (não mostrado, na figura) ao qual está colado um pequeno espelho m. Ele é observado através da luneta L, que permite observar (por reflexão em m) a escala T, medindo assim pequenos ângulos de deslocamento do detector. Este diagrama, que não foi publicado por Blondlot, é reproduzido a partir do artigo de Marcel Ascoli, que visitou o laboratório de Nancy nessa época (ver Ascoli, 1904, p. 233)

Essas medidas impressionaram positivamente muitos físicos, como John Burke, que comentou:

O fato de que o Sr. Blondlot tenha realmente medido o comprimento de onda dos raios n deixa poucas dúvidas (em minha opinião) de que o que ele observou é, no verdadeiro sentido, um efeito objetivo e não subjetivo, mas ao mesmo tempo o fato de que tantos outros que tentaram aparentemente do mesmo modo tenham falhado, e falhado deploravelmente, deixa ainda menos dúvida de que as condições precisas de que o efeito depende ainda precisam ser descobertas. (Burke, 1904a, p. 365)

O físico canadense C. Schenck, no entanto, publicou uma análise devastadora do experimento de Blondlot. Na medida dos índices de refração, a radiação emitida por uma lâmpada de Nernst passava por uma fenda relativamente larga (5 mm) a 14 cm da fonte. Mesmo se o filamento da lâmpada fosse finíssimo⁵ (e não era), o feixe iria se alargando, formando um ângulo de aproximadamente 2°. Portanto, somente seria possível distinguir diversos feixes saindo do prisma se os ângulos entre eles fossem superiores a 2°. No entanto, utilizando os resultados de Blondlot e calculando quais deveriam ser os ângulos entre os vários feixes, Schenck notou que dois deles diferiam em apenas 1,5° e outros dois em 2,2°. Seria impossível, portanto, medir o que Blondlot havia medido (Schenck, 1904). Da mesma forma, no experimento de difração as franjas deveriam ter sido impossíveis de detectar.

Schenck comentou também que o experimento poderia ter sido realizado com uma lente de alumínio para focalizar os raios, e nesse caso os feixes poderiam ser separados; mas Blondlot não descreveu o uso de lentes, e um relato posterior de Robert Wood, que visitou o laboratório de Blondlot, informou explicitamente que nesses experimentos a lente de alumínio era retirada da frente da fonte (Wood, 1904a, p. 530). Blondlot nunca respondeu a essa crítica.

4.5 FOTOGRAFIAS DOS EFEITOS DOS RAIOS N

Diante das críticas que surgiam, ele deve ter sentido a necessidade de mostrar evidências objetivas da existência dos raios N, e no dia 22 de fevereiro de 1904 apresentou interessantes resultados e publicou as primeiras fotografias obtidas (Blondlot, 1904b).

Em suas primeiras investigações Blondlot já havia percebido que os raios N não sensibilizavam chapas fotográficas, como já foi indicado. No entanto, os efeitos luminosos produzidos por esses raios (aumento de brilho de faíscas, chamas, corpos fosforescentes) poderiam ser fotografados. Desses fenômenos, Blondlot escolheu as faíscas, cujo brilho parecia poder ser controlado de forma mais adequada.

⁵ O diâmetro dos filamentos das lâmpadas de Nernst variava entre 1 e 3 mm, podendo portanto aumentar significativamente a abertura do feixe.

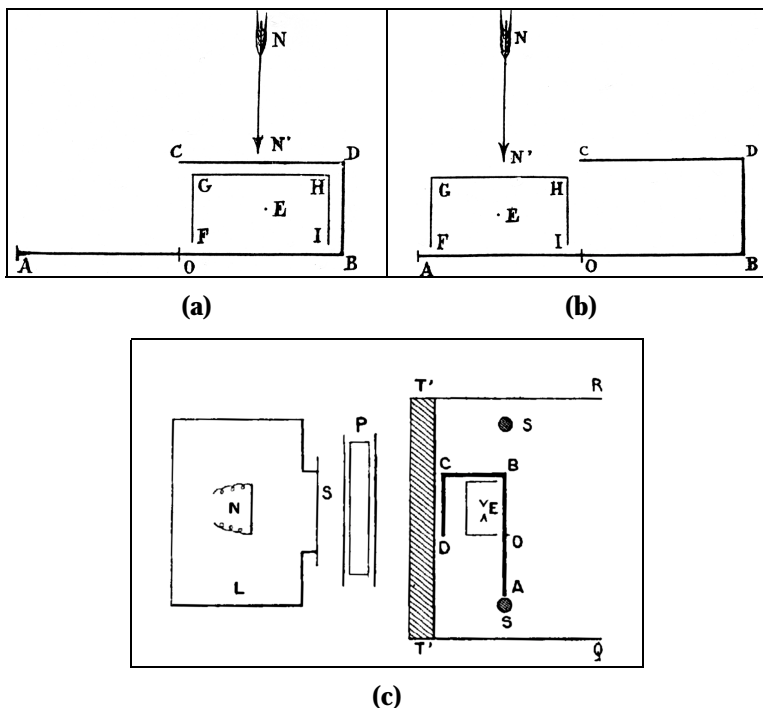


Figura 10 – Aparelhagem empregada por Blondlot para fotografar efeitos dos raios N (Blondlot, 1904b). O pequeno ponto (E) indica a posição de uma minúscula faísca elétrica, de brilho praticamente constante. Os eletrodos que produzem a faísca estão dentro de uma caixa de papelão FGHI, que tem uma abertura voltada para baixo. Uma chapa fotográfica AB, que tem o dobro do tamanho da caixa, é colocada abaixo. Há uma placa de vidro fosco (não representada na figura) entre a posição da faísca e a chapa fotográfica. A estrutura AOBDC que sustenta a placa fotográfica tem em sua parte superior CD uma chapa de chumbo e uma folha de papel molhado, que absorvem raios N. Acima do aparelho há uma fonte de raios N, produzindo um feixe NN' na direção da faísca elétrica. A chapa fotográfica e seu suporte podiam ser deslocados horizontalmente, de tal modo que em uma posição (a) os raios N eram interceptados pelo chumbo e papel molhado, e na outra posição (b) os raios N atingiam a faísca e aumentavam seu brilho. A figura (c), que não foi publicada por Blondlot, mostra a aparelhagem vista de cima (Ascoli, 1904, p. 231). Nela, N é a lâmpada de Nernst, S é a janela com folha de alumínio, P é um anteparo de madeira e papel.

Para realizar essas fotografias, Blondlot desenvolveu um dispositivo especial (Fig. 10) que permitia que duas metades de uma mesma chapa fotográfica recebessem a luz de uma mesma faísca elétrica, primeiramente sem o estímulo dos raios N, e depois com o estímulo dos raios N. Utilizando-se iguais tempos de exposição, a metade que havia recebido a luz da faísca sob ação dos raios N deveria mostrar uma sensibilização mais forte, e assim ocorreu, de acordo com Blondlot (Fig. 11).

O experimento era bem concebido. Utilizava-se uma única chapa fotográfica, para permitir uma comparação entre as duas manchas, pois se fossem utilizadas duas chapas poderia ocorrer que uma delas fosse ligeiramente mais sensível do que a outra. Além disso, no caso de duas chapas elas poderiam ser reveladas separadamente, e o tempo de revelação poderia variar, introduzindo outra possível fonte de diferença entre as duas manchas.

Tentava-se manter constante a faísca elétrica, durante o experimento, mas seu brilho poderia sofrer pequenas mudanças. Para evitar qualquer erro devido a tais flutuações, Blondlot deixava a faísca agir sobre uma metade da chapa fotográfica durante 5 segundos, depois mudava sua posição e deixava agir durante outros 5 segundos sobre a outra metade, voltava à primeira posição e assim por diante. A duração total do experimento era de 100 segundos, durante os quais cada uma das metades havia sido exposta durante 10 intervalos de 5 segundos.

Segundo Blondlot, o processo de ajuste da faísca era o ponto mais delicado do experimento. Os eletrodos eram muito próximos, a faísca muito fraca, mas regular. A aparelhagem era sofisticada, muito diferente da utilizada nos primeiros experimentos.

Foram feitos 40 experimentos desse tipo, utilizando diferentes fontes de raios N: lâmpada de Nernst, madeira comprimida, aço temperado, etc. Alguns desses experimentos foram realizados diante de “diversos físicos eminentes”. Apenas um dos quarenta experimentos produziu manchas iguais (ou seja, não permitiu distinguir a diferença de brilho da faísca com raios N e sem os raios). Em todos os outros, o lado exposto à faísca estimulada pelos raios N mostrava efeitos mais fortes (Blondlot, 1904b, p. 456). Um exemplo do resultado obtido é mostrado na Figura 11.

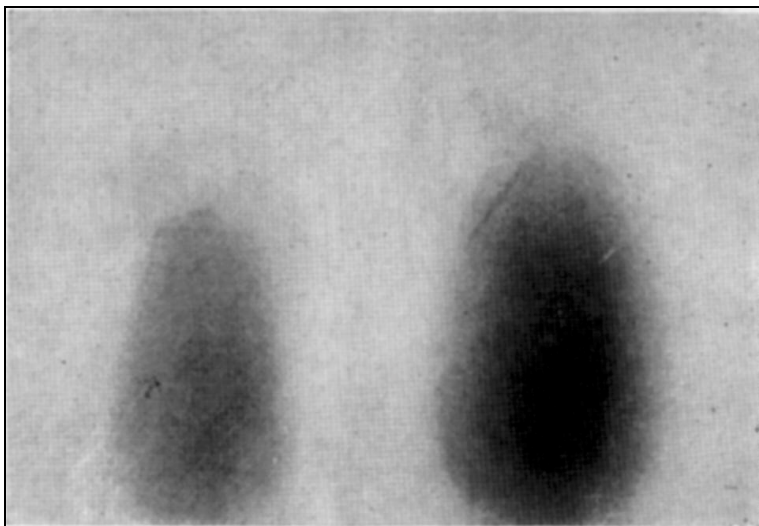


Figura 11 – Fotografia obtida por Blondlot (1904b) com a aparelhagem da Fig. 10, mostrando duas manchas claramente diferentes. A primeira mancha (esquerda) foi produzida pela luz de uma faísca elétrica sem a ação de raios N, e a segunda (direita) foi produzida pela luz da mesma faísca, porém submetida à ação dos raios N. A fotografia indica uma diferença muito clara entre as duas manchas, fornecendo assim uma evidência objetiva do efeito dos raios N sobre o brilho da faísca elétrica. Efeitos semelhantes foram obtidos por Blondlot utilizando diversas fontes de raios N.

Em uma carta publicada na revista *Electrician* no mês seguinte (11 de março de 1904) Blondlot indicou algumas das pessoas que haviam presenciado seus experimentos: Eleuthère Mascart⁶ (presidente da Academia de Ciências de Paris), Louis Cailletet⁷ e Jean Becquerel, que foram a Nancy visitá-lo. Blondlot assim descreveu os experimentos realizados:

Eles viram e eles próprios os repetiram, eles próprios determinaram os desvios dos raios N por um prisma de alumínio, e

⁶ Eleuthère Elie Nicolas Mascart (1837-1908) era uma das maiores autoridades em óptica e espectroscopia, na época.

⁷ Louis Paul Cailletet (1832-1913), físico francês, foi um dos primeiros a conseguir liquefazer os gases oxigênio, nitrogênio e hidrogênio.

sua focalização por lentes de alumínio, eles observaram as franjas produzidas pelas redes de difração, os anéis de Newton, etc. Eles não mostraram a menor dúvida na existência dos raios N. O Sr. Mascart levou consigo uma fotografia dupla tirada em sua presença, e até com sua cooperação. (Blondlot, *apud* Stradling, 1907, p. 69)

Na mesma carta, Blondlot afirmou claramente que os fenômenos produzidos pelos raios N eram fáceis de observar:

Devo adicionar que não publiquei um único experimento que não tenha sido repetido por vários colegas e também por pessoas não familiarizadas com o trabalho de pesquisa científica. Encontrei apenas três ou quatro pessoas – de um grande número – que não eram capazes de observar os fenômenos. (Blondlot, *apud* Stradling, 1907, p. 69)

É possível que Blondlot tenha considerado esses experimentos fotográficos como a culminação de suas pesquisas, pois logo depois (maio de 1904) publicou um pequeno livro (Blondlot, *Rayons N*), contendo os artigos publicados nos *Comptes Rendus* até março daquele ano. O livro continha também um encarte curioso: uma cartolina negra com 25 pequenas manchas de sulfeto de cálcio fosforescente, para que os próprios leitores pudessem fazer seus experimentos e observar os efeitos dos raios N.

Blondlot forneceu mais detalhes sobre os procedimentos experimentais a serem adotados nos experimentos fotográficos, em uma comunicação do dia 27 de junho de 1904 (Blondlot, 1904h). Para tornar o efeito mais intenso, recomendou concentrar os raios N por meio de uma lente de alumínio. Os eletrodos devem apresentar pontas convexas regulares, quando vistos ao microscópio. O vidro fosco deve ser recoberto com um papel negro no qual se faz um orifício circular com 2 cm de diâmetro, para que as manchas fotográficas sejam mais nítidas. A revelação deve ser lenta, e assim procedendo é possível perceber que a imagem mais forte começa a aparecer antes do que a outra. Neste artigo, Blondlot novamente comentou que esses experimentos haviam sido repetidos com sucesso diante de vários visitantes.

Em Cambridge, John Burke tentou reproduzir esses experimentos, mas não obteve nenhum resultado positivo: as duas man-

chas fotográficas pareciam sempre iguais (Burke, 1904b). Ele sugeriu que o efeito detectado por Blondlot seria devido à influência elétrica do anteparo metálico próximo aos eletrodos:

No experimento do Sr. Blondlot não há prova de que o brilho reduzido da faísca, quando o anteparo de chumbo é interposto, não seja devido à presença da própria tela metálica, que está tão próxima à faísca que amorteceria as suas oscilações e afetaria seu efeito fotográfico. Preferi desligar totalmente a fonte de raios N, e esperar por algum tempo, uns dez minutos, ou colocar um anteparo de chumbo a uma distância considerável da faísca. (Burke, 1904b, p. 198)

No entanto, Blondlot havia tomado vários cuidados com relação a possíveis influências elétricas. Já no seu artigo de fevereiro ele havia comparado o efeito do chumbo com o efeito do zinco (que é transparente aos raios N), para controlar o efeito do anteparo metálico (Blondlot, 1904b, p. 456). No outro artigo (Blondlot, 1904h), ele havia também indicado que, como controle, havia em alguns casos utilizado alternadamente papel molhado com água pura (opaca aos raios N) e salgada (transparente aos raios N) – e nos dois casos o efeito elétrico seria idêntico.

Diante da crítica de Burke, Blondlot fez ainda novas modificações em seu aparelho, envolvendo a caixa que continha os eletrodos com uma folha de alumínio e conectando-a ao solo, além de utilizar uma placa de zinco sobre toda a aparelhagem (Blondlot, 1904k). As duas manchas continuavam a se mostrar diferentes, e os resultados confirmavam os experimentos anteriores⁸.

4.6 EXPANSÃO E SUCESSOS

Durante o primeiro semestre de 1904, embora houvesse pesquisadores que não conseguissem repetir os experimentos de Blondlot, o clima geral na França era favorável aos raios N. Como já foi dito, muitos investigadores haviam obtido resultados positivos e publicavam trabalhos sobre os raios emitidos por animais, por plantas, por reações químicas, etc.

⁸ A historiadora Mary Jo Nye citou a crítica de Burke (Nye, 1980, p. 137), mas não comentou sobre os cuidados e a resposta de Blondlot.

O próprio Blondlot anunciou a descoberta de um novo tipo de radiação (os raios N_1) que *diminuíam* o brilho de uma tela fosforescente, ao contrário dos raios N (Blondlot, 1904c). Logo depois, ele comunicou que os raios N aumentam o brilho da tela quando ela é observada perpendicularmente, mas reduzem o brilho observado tangencialmente, e os raios N_1 produzem o efeito oposto (Blondlot, 1904d). Pouco depois, ele comparou os efeitos do calor e dos raios N sobre os corpos fosforescentes, mostrando sua diferença (Blondlot, 1904e).

Os estudos biológicos e médicos dos raios N começaram a produzir repercussão fora da França, e na Inglaterra os médicos Walsham e Miller escreveram uma carta à prestigiosa revista médica *The Lancet* confirmando os resultados de Charpentier a respeito da emissão dos raios por músculos e nervos. O próprio editor da revista afirmou ter confirmado essas observações. Pouco depois apareceu outra carta à revista confirmando a emissão dos raios N por plantas (Stradling, 1907, pp. 67, 69). Outro médico, Munro, escreveu ao *The Lancet* propondo o estudo dos raios N e N_1 como critério para determinar se uma pessoa estava morta.

Em maio de 1904 F. Hackett, na Irlanda, conseguiu repetir com sucesso alguns dos principais experimentos de Blondlot, chegando a medir a variação de brilho da tela fosforescente sob a ação dos raios N (Stradling, 1907, p. 73).

É importante atentar para essas repetições bem sucedidas em outros países, porque quase todos os autores recentes afirmam que somente pesquisadores franceses haviam alegado ter observado os efeitos dos raios N.

Ao mesmo tempo em que o estudo dos raios N parecia se firmar e ser aceito por muitos pesquisadores, o aparecimento de artigos descrevendo efeitos estranhos começou a despertar a desconfiança de muitos pesquisadores. Veremos no próximo capítulo um exemplo significativo: as pesquisas de Jean Becquerel sobre essas radiações.

CAPÍTULO 5

OS ESTUDOS DE JEAN BECQUEREL

5.1 AS PESQUISAS DE JEAN BECQUEREL SOBRE OS RAIOS N

Jean Becquerel (1878-1953), filho de Henri Becquerel, pertenceu à quarta geração de físicos da família. Estudou na *École Polytechnique* e depois se tornou assistente de seu pai, no *Muséum d'Histoire Naturelle* de Paris. Logo após o falecimento de seu pai, em 1909, assumiu a cátedra de física desse Museu, que já havia sido ocupada por seu bisavô, seu avô e seu pai.

Como vimos (seção 4.5), em fevereiro de 1904 o laboratório de Blondlot, em Nancy, foi visitado por vários físicos, incluindo Jean Becquerel. A partir dessa visita, tendo adquirido a convicção de que o fenômeno existia e aprendido a ver os efeitos dos raios N, o jovem (com 25 anos de idade) iniciou suas pesquisas.

Jean Becquerel publicou 10 comunicações sobre os raios N, que foram apresentadas à Academia de Ciências de Paris entre os dias 9 de maio e 25 de julho de 1904. Os trabalhos eram lidos semanalmente. Durante esse período de três meses, ele somente não apresentou trabalhos nas sessões dos dias 27 de junho e 11 de julho. A lista abaixo indica os títulos dos trabalhos e as datas em que foram comunicados à Academia de Ciências:

- Action des anesthésiques sur les sources de rayons N (09/5/1904)
- Sur le rôle des rayons N dans les changement de visibilité des surfaces faiblement éclairées (16/5/1904)

- Modifications de la radiation des centres nerveux sous l'action des anesthésiques (24/5/1904) – trabalho em conjunto com André Broca
- Sur l'émission simultanée de rayons N et rayons N₁ (30/5/1904)
- Sur l'anesthésie des métaux (06/6/1904)
- Contributions à l'étude des rayons N et N₁ (13/6/1904)
- Action du champ magnétique sur les rayons N et N₁ (20/6/1904)
- Effets comparés des rayons β et des rayons N, ainsi que des rayons α et des rayons N₁, sur une surface phosphorescente (04/7/1904)
- Sur la nature des rayons N et N₁ et sur la radioactivité des corps qui émettent ces radiations (25/7/1904)
- Sur la réfraction des rayons N et N₁ (25/7/1904)

5.2 A PRIMEIRA PESQUISA DE JEAN BECQUEREL

O primeiro assunto investigado por Jean Becquerel estava relacionado com os raios N emitidos por seres vivos. Como já foi indicado (seção 4.1), Augustin Charpentier havia descrito a emissão de raios N pelos seres vivos e seu efeito nos órgãos sensoriais humanos; e Édouard Meyer havia descrito que o clorofórmio e outros anestésicos reduziam a emissão de raios N pelos vegetais. Esse foi o ponto de partida do jovem Becquerel.

Em sua primeira comunicação (Becquerel, 1904a), ele se referiu a essas pesquisas de Édouard Meyer e, logo em seguida, afirmou:

Fui conduzido a pensar que esse efeito dos anestésicos talvez fosse mais geral e pudesse se manifestar não apenas sobre os corpos organizados, mas até mesmo sobre os corpos inorgânicos.

As experiências seguintes mostram que, de fato, diversas fontes de raios N (sulfeto de cálcio, areia submetida ao Sol) têm sua emissão suspensa pela ação de anestésicos (clorofórmio, éter, protóxido de azoto). (Becquerel, 1904a, p. 1159)



Figura 12 – Pintura representando o jovem Jean Becquerel (1878-1953), filho de Henri Becquerel, com aproximadamente 20 anos de idade, quando era estudante da *École Polytechnique* de Paris. Cortesia do prof. Hubert Zurfluh, Presidente da *Association des Amis du Musée de l'Hôtel-Dieu*, Châtillon-Coligny, França.

É difícil imaginar uma justificativa para a conjectura inicial de Jean Becquerel. Charpentier havia suposto que a emissão de raios N por seres vivos tinha relação com as suas atividades nervosas e musculares e, por isso, era natural imaginar que os anestésicos produziram uma redução de emissão dos raios N neles. Mas que tipo de efeito um anestésico poderia ter sobre a areia ou o sulfeto de cálcio? Essas substâncias certamente não reagem quimicamente com os anestésicos e não parece razoável esperar que a emissão dos raios N pudesse ter qualquer interferência sem que os emissores sofressem uma modificação.

Apesar de não se perceber no texto do artigo um motivo para essa conjectura inicial, o fato é que Jean Becquerel testou e obteve confirmações de sua hipótese.

Nesses experimentos, Jean Becquerel colocou uma placa com sulfeto de cálcio dentro de um balão de vidro que podia ser enchido de vapor de clorofórmio ou de ar. Quando se enchia o balão com vapor de clorofórmio, a luminosidade do sulfeto de cálcio diminuía de forma “muito notável”, e aumentava novamente quando o clorofórmio era substituído pelo ar (Becquerel, 1904a, p. 1159). Durante o experimento ele tomava o cuidado de manter a

temperatura constante, já que variações de temperatura influem fortemente na emissão de luz por corpos fosforescentes.

Para tornar os raios N mais intensos (e mais facilmente observáveis), Jean Becquerel utilizou um dispositivo de cobre, em formato de tronco de cone, para concentrá-los (Fig. 13). Jean Becquerel esperava que esse dispositivo concentrasse os raios N, e afirmou que a ponta do tronco de cone emitia fortemente essa radiação:

As radiações conduzidas [pelo dispositivo] se concentram assim sobre a base menor do tronco de cone, onde se constata uma emissão intensa [de raios N]. (Becquerel, 1904a, p. 1160)

O autor não indicou como havia observado a emissão dos raios N por esse dispositivo. Provavelmente ele utilizava um anteparo de sulfeto de cálcio para detectá-los.

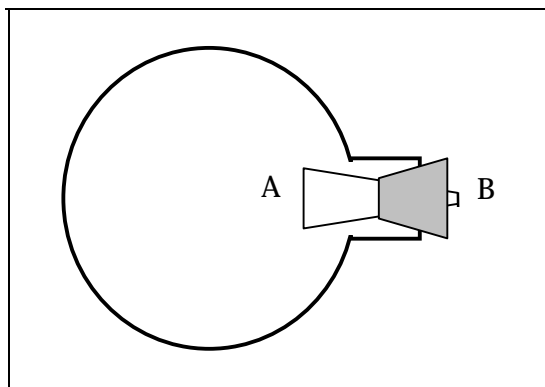


Figura 13 – Esquema do aparelho montado por Jean Becquerel para concentrar os raios N (baseado na descrição em Becquerel, 1904a). Um cone de cobre truncado (*AB*) atravessa a rolha do balão de vidro. Segundo Becquerel, esse dispositivo concentraria os raios N que entrassem por sua base maior e que sairiam pela base menor. O desenho não representa o sistema utilizado para introduzir os vapores ou ar no balão. A base maior do tronco de cone (*A*), com raio de 28 mm, ficava dentro do recipiente onde era colocado o anestésico e era recoberta com o material emissor de raios N (sulfeto de cálcio ou areia). A base menor do tronco de cone, com diâmetro de 5,5 mm (*B*), passava através da rolha que fechava o recipiente e ficava assim fora do balão. A radiação era observada através dessa base.

Porém, deve-se notar que, supondo-se que os raios N obedecem às leis da óptica geométrica, um dispositivo cônico como o utilizado por Jean Becquerel *não* concentra na base menor toda a radiação que penetra na base maior. A maior parte da radiação sairia pela superfície lateral do cone e pela base maior.

O fenômeno descrito por Jean Becquerel parecia extremamente complexo. Ele afirmou que, quando os vapores de clorofórmio entram no frasco, há inicialmente “um período curto (um ou dois segundos) de excitação, durante o qual o desprendimento de raios N é um pouco mais intenso” (Becquerel, 1904a, p. 1160). Depois, os raios N iriam diminuindo até quase desaparecer.

Substituindo o vapor de clorofórmio por ar, a luminosidade do detector aumentava até voltar à mesma intensidade inicial. Efeitos semelhantes eram obtidos com éter e com óxido de nitrogênio (“protóxido de azoto”). Haveria, portanto, um intervalo de tempo entre a aplicação do anestésico e o início de seu efeito no metal, bem como uma continuação do efeito após cessar a ação do anestésico, como ocorre no caso de seres vivos submetidos à anestesia.

Ao final do artigo, Jean Becquerel comentou:

A proximidade entre os efeitos observados com a matéria inerte e com a matéria viva mostra a importância de pesquisar se o papel dos anestésicos sobre os organismos vivos, vegetais e animais, limita-se unicamente a modificar a emissão de raios N; e se isso for demonstrado, resultaria dos efeitos de anestesia que a radiação N constitui um dos fenômenos primordiais da atividade vital. (Becquerel, 1904a, p. 1161)

Novamente, é difícil compreender a idéia que está por trás do trabalho de Jean Becquerel. Talvez seu raciocínio possa ser reconstruído da seguinte forma:

- As atividades vitais são acompanhadas pela emissão de raios N.
- Quando os seres vivos são submetidos a anestésicos, suas atividades vitais diminuem.
- Ao mesmo tempo, há diminuição de emissão dos raios N.
- Se os raios N forem apenas um efeito secundário das atividades vitais, a diminuição da emissão dos raios N deve ocorrer simultaneamente com a diminuição das atividades vitais.

des vitais, os anestésicos devem atuar sobre as atividades vitais, e sua redução produz, como efeito, uma diminuição dos raios N.

- No entanto, poderia ocorrer que as atividades vitais fossem uma *consequência* dos raios N e, nesse caso, a redução dos raios N poderia ser o efeito primário dos anestésicos.
- O experimento (relatado por Jean Becquerel) mostrou que os anestésicos produzem uma redução dos raios N em corpos inorgânicos, portanto eles atuam *diretamente* na emissão dos raios N.
- Poderíamos portanto supor que, nos seres organizados, os anestésicos também atuam diretamente na emissão dos raios N (e não indiretamente, pela redução das atividades vitais).
- Isso reforça a hipótese de que as atividades vitais são uma consequência (e não causa) da emissão dos raios N.

Pode ser que o raciocínio de Jean Becquerel fosse completamente diferente dessa reconstrução, mas ela permite compreender tanto o comentário final do artigo quanto a motivação para tentar anestesiar a areia e o sulfeto de cálcio.

5.3 OS EFEITOS SENSORIAIS DOS RAIOS N

No seu segundo artigo, apresentado na semana seguinte, Jean Becquerel estudou um outro tipo de fenômeno (Becquerel, 1904b).

Em novembro de 1903, Blondlot havia descrito que, na presença de raios N, objetos fracamente iluminados (como papel) se tornam mais nítidos (ver seção 3.2). Informou, também, que um efeito semelhante (aumento de nitidez) ocorria quando os raios N incidiam sobre os olhos do observador. Jean Becquerel supôs que os dois fenômenos eram de mesma natureza e que, nos dois casos, a causa da mudança de percepção seria devida unicamente à ação dos raios N sobre os olhos do observador.

Para testar essa hipótese, colocou uma cuba com água pura (que não transmite raios N, de acordo com Blondlot) entre o objeto iluminado e o observador e, nesse caso, afirmou que a ação dos raios N sobre o objeto não produz mudança em seu aspecto

visual. Colocando água salgada (que transmite raios N, de acordo com Blondlot) na cuba, afirmou que os raios N produziam aumento de nitidez. Se o aumento de nitidez fosse devido a um aumento da luz emitida pelo objeto, ele se tornaria mais nítido nos dois casos. A diferença descrita por Jean Becquerel só poderia ser explicada supondo que a mudança de nitidez era produzida por raios N que iam do objeto iluminado até o olho do observador.

Resulta desses experimentos e dessas considerações que a mudança de nitidez e de luminosidade das superfícies fracamente iluminadas submetidas à ação dos raios N é plausivelmente atribuível pelo menos em sua maior parte a uma variação da sensibilidade da visão proveniente de raios N enviados diretamente por essas superfícies, e não a uma variação apreciável da luz emitida. (Becquerel, 1904b, p. 1206)

5.4 ANESTESIA EM ANIMAIS

O terceiro artigo de Jean Becquerel, apresentado na semana seguinte, retomou o estudo do efeito dos anestésicos, investigando os raios N emitidos pelo cérebro de cães submetidos a vapores de clorofórmio, de éter, ou injeções contendo morfina. Foi desenvolvido em colaboração com André Broca¹ (Becquerel & Broca, 1904).

No período inicial de ação do anestésico, os autores descreveram que ocorria uma excitação: o cérebro emitia raios N “em quantidade enorme”. Depois, a emissão diminuía, até que os raios N não eram mais percebidos e, então, apareciam raios N₁. Dois animais morreram durante os experimentos, e nesses casos os raios N reapareciam após a parada do coração, durante um tempo da ordem de meia hora, cessando depois definitivamente.

A interpretação do fenômeno é coerente com a reconstrução apresentada acima (seção 5.2): “Do ponto de vista teórico, é provável que os anestésicos atuem diretamente sobre a emissão dos

¹ André Broca (1863-1925) era professor de física na Faculdade de Medicina de Paris. Poucos anos depois, Broca notabilizou-se pela publicação de um tratado sobre física médica que teve 4 edições: BROCA, André. *Précis de physique médicale*. Paris: Baillière, 1907.

raios N, como no caso das fontes inorgânicas e dos vegetais” (Becquerel & Broca, 1904, p. 1282). Assim, Jean Becquerel claramente não imaginava que os anestésicos atuassem diminuindo diretamente a atividade vital e esta, por sua vez, diminuísse a emissão dos raios N, mas o oposto.

Os raios N_1 produzem, segundo Blondlot, efeitos opostos aos raios N. O aparecimento de raios N_1 nesses experimentos poderia ser interpretado de duas formas: (1) os animais poderiam emitir normalmente tanto raios N quanto N_1 , e os anestésicos reduziriam a emissão de raios N; então, os raios N_1 se tornariam perceptíveis; ou (2) os anestésicos aumentariam a emissão de raios N_1 , impedindo a observação dos raios N.

Becquerel e Broca parecem preferir a segunda interpretação: “[...] somos conduzidos a colocar a seguinte questão: os fenômenos de anestesia não seriam devidos à excitação ativa, pelo veneno, de certos centros inibidores, que suprimem por inibição ativa as sensações?” (Becquerel, & Broca, 1904, p. 1282). Aparentemente eles estavam imaginando que os anestésicos (e venenos) produziram um aumento de emissão de raios N_1 e que estes, agindo sobre os órgãos sensoriais, produziram uma redução da sensibilidade.

5.5 A EMISSÃO SIMULTÂNEA DE RAIOS N E N_1

Em seguida, Jean Becquerel começou a investigar se os mesmos objetos emissores de raios N seriam também, em outras condições, emissores de raios N_1 (Becquerel, 1904c).

Observando um tijolo que havia recebido a luz solar, ele descobriu que esse corpo emitia raios N perpendicularmente à sua superfície, e raios N_1 tangencialmente à superfície. Comprimindo um corpo, as faces perpendiculares à força de compressão emitem raios N, e as faces laterais emitem raios N_1 . O inverso ocorreria no caso de corpos distendidos (tracionados). Depois de descrever esses efeitos, Jean Becquerel comentou:

Parece possível procurar a origem dos raios N e N_1 nos movimentos moleculares que se produzem em todos os corpos em estado de deformação e de transformação molecular. Esses raios seriam devidos a movimentos vibratórios das moléculas procu-

rando atingir uma nova posição de equilíbrio. Nas partes comprimidas se produziram raios N, e os raios N_1 nasceriam nas partes estiradas. (Becquerel, 1904c, p. 1334)

A idéia parece pouco razoável, já que Jean Becquerel havia descrito que a superfície de um mesmo corpo emite tanto raios N quando N_1 . Além disso, por qual motivo surgiriam “movimentos vibratórios” nas moléculas, quando o corpo é comprimido? E por que o corpo não atinge rapidamente o equilíbrio elástico? Pensemos em um corpo capaz de vibrar (como um sino). Se ele for comprimido, não começará a vibrar; e, se vibrar (por uma pancada), não emitirá ondas qualitativamente diferentes que dependam de seu estado de compressão ou distensão nas várias direções.

Em um artigo posterior, Jean Becquerel afirmou que o aquecimento dos corpos, por ser acompanhado de uma dilatação, produz emissão de raios N_1 , e o resfriamento, por ser acompanhado de contração, produz emissão de raios N (Becquerel, 1904e, p. 1487). No final do artigo, Jean Becquerel comentou:

As considerações precedentes mostram que os raios N e os raios N_1 – os quais, depois de sair de suas fontes, parecem ser da mesma natureza sob o ponto de vista de suas propriedades ópticas (reflexão, refração, difração) – mas que provêm, os primeiros de uma compressão, os segundos de uma dilatação, parecem guardar de algum modo a lembrança de sua origem para produzir efeitos inversos sobre as superfícies que os armazenam, ou sobre a sensibilidade de nossos sentidos. Parece que o efeito mecânico que deu origem à emissão da fonte se transmite com a radiação para a superfície que a recebe. (Becquerel, 1904c, p. 1335)

Seria difícil imaginar ondas capazes de produzir compressão ou dilatação, por se “lembrarem” de sua origem. Novamente, a analogia do sino não nos ajuda a adotar o raciocínio de Jean Becquerel. É muito curioso, também, outro aspecto desse quarto trabalho do jovem pesquisador:

Essas considerações me conduziram a examinar se os comprimentos de onda, medidos pelo Sr. Blondlot em um feixe emitido por uma lâmpada de Nernst e dispersado por um prisma de alumínio, não apresentariam entre si relações simples, como os

comprimentos de onda dos movimentos produzidos pelos corpos vibrantes. (Becquerel, 1904c, p. 1334)

Jean Becquerel analisou todas as medidas de Blondlot (incluindo tanto os raios N quanto os raios N_1) e separou os comprimentos de onda em dois conjuntos. No primeiro deles, todos os comprimentos de onda eram múltiplos inteiros de $2,9 \mu\text{m}$ (ou seja, 10^{-9} m).

N	λ calculado	λ medido	Tipo de radiação
1	2,9	3,0	N_1
2	5,8	5,6	N_1
3	8,7	8,3	N
4	11,6	11,7	N
5	14,5	14,6	N
6	17,4	17,6	N

Havia, no entanto, outros comprimentos de onda, que Jean Becquerel separou em uma “segunda série”, afirmando que podiam ser calculados multiplicando-se $4,9 \mu\text{m}$ pelas razões simples $4/3$, $3/2$, $5/3$ e 2 .

N	λ calculado	λ medido	Tipo de radiação
1	4,9	4,8	N
$4/3$	6,5	6,7	N
$3/2$	7,35	7,4	N_1
$5/3$	8,16	8,15	N
2	9,8	9,9	N

A primeira tabela é bastante curiosa, pois realmente parece mostrar uma relação simples entre os comprimentos de onda, obedecendo a uma equação do tipo $\lambda = n \cdot \lambda_0$. A segunda tabela é um simples exercício de numerologia, onde as frações $4/3$, $3/2$, $5/3$ foram escolhidas simplesmente porque davam certo.

Note-se que os raios N e os raios N_1 aparecem misturados, nas duas séries – ou seja, eles não teriam origens distintas, mas seriam produzidos pelo mesmo fenômeno, contrariamente ao que Jean Becquerel queria mostrar. Deve-se também observar que a primei-

ra tabela, embora mostre uma regularidade, apresenta uma lei matemática que *não é o que se deveria esperar*; se os emissores de raios N se comportassem como os corpos vibrantes. De fato, em cordas vibrantes são as *frequências* (e não os comprimentos de onda) que são múltiplas de uma frequência fundamental. Em vez de $\lambda = n \cdot \lambda_0$, deveríamos ter uma relação do tipo $v = n \cdot v_0$, ou $\lambda = \lambda_0/n$, que é incompatível com os dados.

5.6 A ANESTESIA DOS METAIS

Pouco depois, prosseguindo sua linha de pesquisa, Jean Becquerel investigou a transmissão dos raios N pelos metais – que seriam transparentes a essa radiação (Becquerel, 1904d). Seus experimentos levaram à seguinte conclusão:

[...] quando a superfície de um metal atravessado pelos raios N ou N_1 é submetida à ação do clorofórmio ou do éter, *cujos vapores são transparentes para a radiação*, esses raios não podem mais penetrar nem sair pela face anestesiada, pelo menos sem perder sua propriedade singular de agir de forma diferente conforme a natureza do efeito mecânico que lhe deu origem. (Becquerel, 1904d, p. 1416)

A explicação desse efeito, segundo o autor, seria a seguinte: o anestésico, agindo sobre a superfície do metal, impediria que ele vibrasse rapidamente, não podendo assim produzir (nem transmitir) os raios N.

5.7 OS RAIOS N E AS RADIAÇÕES DOS CORPOS RADIOATIVOS

Em junho e julho de 1904 as pesquisas de Jean Becquerel começaram a tomar uma direção um pouco diferente: passou a comparar os raios N com a radiações emitidas pelos corpos radioativos.

Nesta época já se sabia que os corpos radioativos podiam emitir radiações de três tipos (α , β , γ) e que as duas primeiras eram desviadas por ímãs, sendo portanto dotadas de carga elétrica. Jean Becquerel procurou decompor os raios N para verificar se eles também possuíam componentes corpusculares, dotadas de carga

elétrica. A justificativa apresentada por ele para essa pesquisa foi a seguinte:

Em várias comunicações apresentadas recentemente à Academia, evidenciei um certo número de propriedades que os raios N e N_1 possuem e que parecem difíceis de explicar supondo que essas radiações são constituídas unicamente por movimentos ondulatórios que só diferem das ondas luminosas por seu período.

Na hipótese que fui conduzido a emitir, as moléculas dos corpos que são fonte dos raios de Blondlot tomariam um movimento vibratório, fonte dos raios N ou dos raios N_1 conforme esses movimentos estivessem submetidos a uma compressão ou a uma dilatação. Esse movimento produziria uma perturbação do éter análoga à luz: o Sr. Blondlot, de fato, depois de mostrar que esse movimento se propaga no ar com a velocidade da luz, que ele se reflete, se refrata e se polariza, mediu os comprimentos de onda das radiações produzidas por uma lâmpada de Nernst.

Mas fui levado a supor que esse movimento ondulatório não seria o único elemento constituindo os raios de Blondlot. Propus-me procurar se o movimento ondulatório não seria seguido, em todo seu percurso, por uma radiação material que seria pelo menos facilitada por esse movimento, senão completamente provocada por ele. Essas idéias, que os fatos atualmente conhecidos não me permitiram ainda precisar, conduziram-me a examinar se um campo magnético teria alguma ação sobre um feixe de raios de Blondlot. (Becquerel, 1904f, pp. 1586-7)

Novamente, é muito difícil acompanhar o raciocínio do autor. Ele sugere que os raios N teriam uma componente semelhante à luz, mas outra componente (ou outras) diferente, para explicar certas propriedades. Quais propriedades? Ao se referir a esse ponto, ele indica dois artigos (Becquerel, 1904c; Becquerel, 1904d) nos quais analisou a emissão de raios N e N_1 por corpos comprimidos e distendidos, e a anestesia superficial dos metais. Muito bem, é claro que esses fenômenos não poderiam ser explicados se os raios N fossem ondas eletromagnéticas. Mas por qual motivo eles poderiam ser explicados por *radiações materiais* acompanhando as ondas eletromagnéticas? Essa alternativa não parece muito razoável. Em nenhum outro ponto desse artigo (nem nos seguintes)

foi possível encontrar uma pista que esclarecesse esse ponto. Assim, o terceiro parágrafo da citação acima parece simplesmente um *non sequitur*.

Seja qual for o raciocínio que o guiou, Becquerel testou a existência de radiações materiais (entenda-se: algo semelhante às radiações alfa e beta) nos raios de Blondlot, submetendo um feixe dessa radiação a um forte campo magnético. Quando o campo tinha direção perpendicular ao feixe, o efeito dos raios N e N_1 não era observado (ou seja, eles pareciam estar sendo desviados). Se o campo era paralelo ao feixe, não produzia nenhuma mudança nos efeitos. Nesses experimentos, Jean Becquerel fazia a radiação N passar por um longo tubo de vidro, ou então por um fio de cobre.

Em seguida, Jean Becquerel comparou os resultados obtidos com experimentos realizados com uma substância radioativa, e informou que o efeito dessas radiações sobre telas fosforescentes tem propriedades semelhantes às dos raios N:

Se aproximamos de uma tela de sulfeto de cálcio uma substância radioativa, de atividade muito grande, como brometo de rádio contido em um tubo de vidro, ou de atividade muito fraca, como um sal de urânio, constata-se que sob a ação da radiação o anteparo toma o mesmo aspecto que quando ele é submetido aos raios N. Olhando a tela através de uma cuba de água destilada, constata-se, como no caso dos raios N, que a mudança de aspecto desaparece em grande parte, mostrando que ela não é devida unicamente a uma variação da quantidade de luz emitida; as mudanças de visibilidade se observam muito bem, pelo contrário, através da água salgada. Retomando o dispositivo que descrevemos na presente Nota, se aproximamos a substância radioativa da extremidade do tubo de vidro, constatamos o aumento de visibilidade da tela colocada na outra extremidade enquanto o eletroímã não é ligado; mas essa ação cessa logo que os raios β são desviados pelo campo. (Becquerel, 1904f, p. 1588)

Ou seja: Jean Becquerel está estabelecendo uma forte semelhança entre os raios N e os raios β . Ambos produzem aumento de luminosidade no anteparo com sulfeto de cálcio, mas esse aumento de luminosidade não pode ser observado quando examinado através de água destilada. Ambos são desviados por um campo magnético perpendicular ao feixe de radiação.

O passo seguinte do pesquisador foi comparar a radiação α com os raios N_1 (Becquerel, 1904g). Para isso, Jean Becquerel obteve de Marie Curie o empréstimo de uma amostra de polônio (misturado com bismuto) com forte atividade e que emitia grande quantidade de raios α . Aproximando o polônio, no escuro, de uma cruz luminosa de sulfeto de cálcio, “a visibilidade dessa cruz diminui de uma forma considerável, como sob a ação de uma radiação N_1 intensa” (Becquerel, 1904g, p. 40). Posicionando uma folha de papel entre o polônio e a cruz fosforescente o efeito desaparece, o que parecia indicar que ele era causado pela radiação α (pouco penetrante), ocorrendo então um pequeno aumento da luminosidade da cruz (que ele atribui à radiação β , mais penetrante). Colocando a cuba com água destilada entre o observador e a cruz fosforescente, o efeito já não era mais notado; utilizando-se uma cuba com água salgada, o efeito era observável.

Jean Becquerel concluiu a partir de seus experimentos que, sob a ação dos raios N ou de raios β , o sulfeto de cálcio fosforescente emite raios N , capazes de aumentar a sensibilidade do olho do observador; e que sob a ação de raios N_1 ou de raios α , o sulfeto de cálcio emite raios N_1 , capazes de diminuir a sensibilidade do olho do observador.

Após essas comunicações, Blondlot se comunicou com Jean Becquerel e informou que havia tentado reproduzir seus experimentos mas que os raios N pareciam não ser influenciados, mesmo utilizando um forte campo magnético (cerca de 500 vezes mais intenso do que o indicado por Becquerel)². Como Blondlot havia utilizado uma lâmpada de Nernst como fonte de radiação, Jean Becquerel imaginou que a diferença entre os resultados obtidos estaria relacionada justamente à fonte, e que esse tipo de lâmpada emitiria algum outro tipo de raio N que não seria desviado por campos magnéticos. Imediatamente ele estabeleceu uma associação entre os vários tipos de raios de Blondlot e os três tipos de radiação dos corpos radioativos (α , β , γ). A radiação β é facilmente desviada por ímãs; a radiação α pode ser desviada apenas

² Esta informação é fornecida pelo próprio Jean Becquerel no seu artigo seguinte (Becquerel, 1904h, p. 265).

por campos muito fortes; e a radiação γ não podia ser defletida por campos magnéticos. Da mesma forma, no seu artigo seguinte Jean Becquerel concluiu:

As experiências seguintes evidenciam em um feixe de raios de Blondlot, submetido à ação de um campo magnético, três elementos: 1º um feixe não desviado que, para os corpos que estudei, não atua sobre o sulfeto de cálcio, exceto no caso da lâmpada de Nernst; 2º um feixe desviado e consideravelmente dispersado, composto por radiações idênticas aos raios catódicos ou raios β ; 3º um feixe desviado no sentido do desvio dos raios α . (Becquerel, 1904h, p. 265)

Através de uma modificação do seu arranjo experimental, Jean Becquerel observou que os raios de Blondlot que se desviavam como raios catódicos produziam diversos máximos e mínimos, como se houvesse partículas de carga elétrica negativa com diferentes velocidades. Mediu esses desvios e afirmou que o espectro obtido era idêntico para diferentes fontes de raios N, desde que o detector fosse sulfeto de cálcio; mas que o espectro era diferente quando o detector era sulfeto de zinco. Sugeriu que as diferentes substâncias fosforescentes tivessem absorções seletivas, mostrando efeitos para radiações de certos tipos e não exibindo efeitos para outras radiações.

Os raios que não eram desviados pelo ímã não produziam efeitos sobre os detectores, mas bastava colocar uma amostra de urânio ou de polônio no caminho desses raios para que eles produzissem raios N ou N_1 , respectivamente (Becquerel, 1904h, p. 267).

No seu último artigo (Becquerel, 1904i), Jean Becquerel informou que a fração dos raios de Blondlot que não era desviada por ímãs era a parte que podia ser refratada (como Blondlot havia mostrado) e que, ao interagir com outros materiais, ela gerava raios N ou N_1 .

Embora os experimentos de deflexão magnética dos raios de Blondlot tenham sido motivados pelos seus estudos sobre a anestesia dos metais e pela relação entre os raios N / N_1 e compressão ou distensão de materiais, os últimos trabalhos de Jean Becquerel não tentam esclarecer essa relação.

CAPÍTULO 6

DÚVIDAS E DECADÊNCIA DOS RAIOS N

6.1 O INÍCIO DOS PROBLEMAS

Se analisarmos quantitativamente os trabalhos favoráveis ou contrários aos raios N publicados ao longo do tempo (Tabela 3), veremos que o primeiro semestre de 1904 marca o pico da produção científica favorável com uma média de 13 artigos por mês (Figura 14), mantendo-se ainda um grande número de trabalhos favoráveis (10 artigos) em julho de 1904, mas com uma forte queda logo em seguida. Esse mês de julho de 1904 foi também a última ocasião em que Jean Becquerel, Bichat, Charpentier e Meyer publicaram artigos sobre o assunto.

Tabela 3 – Número de artigos favoráveis ou contrários aos raios N, publicados entre janeiro de 1903 e janeiro de 1906, de acordo com dados publicados por Stradling (1907).

Mês/Ano	Favoráveis:	Contrários:
01/1903	0	0
02	1	0
03	1	0
04	0	0
05	2	0
06	3	0
07	1	0
08	0	0
09	0	1
10	0	0
11	4	0

12	3	2
01/1904	8	3
02	16	5
03	15	6
04	6	2
05	16	1
06	17	7
07	10	0
08	1	2
09	1	2
10	1	0
11	7	0
12	2	3
01/1905	0	3
02	2	0
03	0	4
04	0	1
05	0	2
06	0	3
07	0	0
08	2	1
09	0	0
10	1	0
11	0	0
12	0	1
01/1906	2	0

Alguma coisa mudou radicalmente a situação na metade do ano de 1904. O que aconteceu?

Há um fator banal a ser considerado: o período de férias escolares (verão europeu) produzia todos os anos uma redução considerável da produção científica francesa. Henri Piéron, editor da *Revue Scientifique*, escreveu com ironia, em setembro de 1904: “Momentaneamente não se fala mais sobre os raios N, nesta época de férias. É provável que na volta [do período letivo] eles sejam retomados, e será prosseguida a série triunfal de descobertas sensacionais” (Piéron, 1904c, p. 338). Portanto, para os próprios franceses, não estava claro na época que os pesquisadores haviam abandonado a pesquisa dos raios N, e a redução de publicações

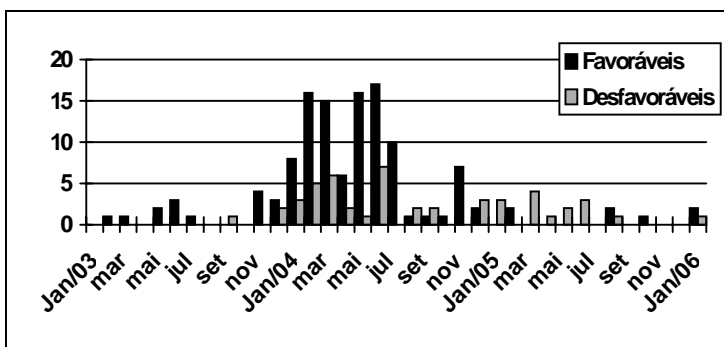


Figura 14 – Gráfico mostrando o número de artigos de pesquisa favoráveis e desfavoráveis aos raios N, publicados entre janeiro de 1903 e janeiro de 1906 (dados da Tabela 3).

parecia produzida apenas por um efeito das férias. Mas seria essa uma boa explicação?

Examinando os *Comptes Rendus* dos anos 1902 a 1905, observa-se que o número médio de páginas publicadas em cada trimestre do ano foi:

- 1º trimestre: 817 págs.
- 2º trimestre: 869 págs.
- 3º trimestre: 518 págs.
- 4º trimestre: 785 págs.

Portanto, os meses julho a setembro eram um período de menor produtividade científica, e isso poderia explicar uma *redução* no número de artigos sobre raios N. Porém, esperaríamos uma redução de cerca de 40%, em relação ao primeiro semestre, e não uma queda tão grande como a que foi observada. É necessário procurar outra explicação.

6.2 CRÍTICAS E CRISE

Muitas vezes se atribui a Robert Wood a derrota de Blondlot e dos demais defensores dos raios N. O trabalho de Wood será discutido mais adiante, mas é importante indicar que ele data de 29 de setembro de 1904, e que portanto não pode ter sido a causa

da brusca redução dos trabalhos favoráveis aos raios N ocorrida antes disso. Deve ter havido algum outro fato que inibiu os defensores dos raios N em meados de 1904. O que teria acontecido? Parece ter havido um conjunto de fatores negativos, nessa época.

Em primeiro lugar, os efeitos inacreditáveis descritos por Charpentier, Jean Becquerel e outros pesquisadores começaram a produzir forte desconfiança em relação à seriedade das pesquisas sobre raios N. Ou seja: o grande número de publicações favoráveis aos raios N, no início de 1904, foi uma faca de dois gumes, porque proporcionou um amplo material a ser utilizado pelos críticos¹.

Em segundo lugar, os trabalhos que relatavam a observação de efeitos semelhantes aos descritos por Blondlot, mas causados por fenômenos puramente psico-fisiológicos, estavam aumentando não apenas no exterior, mas também na França. No final de maio de 1904, Courtier apresentou diante do *Institut Général Psychologique* um estudo sobre as condições psico-fisiológicas de observação da ação dos raios N (Courtier, 1904). No início de junho, François Le Roux descreveu influências que afetavam a sensação visual de superfícies fracamente luminosas, e que simulavam os efeitos atribuídos aos raios N (Le Roux, 1904).

Em terceiro lugar, deve-se mencionar os cuidadosos estudos de Enrico Salvioni, na Itália, que dedicou meses de trabalho tentando observar efeitos produzidos pelos raios N, sem muito sucesso, e que publicou dois artigos sobre o assunto em junho e julho de 1904 (Salvioni, 1904a; Salvioni, 1904b). O primeiro trabalho foi traduzido e publicado na íntegra na *Revue Scientifique*, em julho (Salvioni, 1904c).

E em quarto lugar, em junho de 1904 um dos editores da *Revue Scientifique*, Henri Piéron (1881-1964), começou a utilizar essa revista – muito popular na época – como um fórum público de discussão e ataque dos raios N.

Esses quatro fatores, reforçando os resultados negativos que já haviam sido publicados anteriormente, parecem ter desencadeado

¹ Henri Piéron parece ter começado a ter dúvidas sobre os raios N apenas após o aparecimento dos trabalhos de Charpentier (Piéron, 1904e, p. 547).

em julho de 1904 um recuo dos pesquisadores envolvidos com os raios N.

6.3 AS PESQUISAS DE SALVIONI

Enrico Salvioni, professor de física experimental na Universidade de Messina, publicou em junho de 1904 um artigo em que descreveu suas tentativas de observar efeitos dos raios N (Salvioni, 1904a). Logo na primeira frase do artigo ele afirmou: “Há vários meses eu me dediquei com bastante constância e pouco sucesso ao estudo dos fenômenos recentemente descritos por Blondlot” (Salvioni, 1904a, p. 610). No seu longo e detalhado artigo, Salvioni descreveu seu esforço “obstinado” por obter resultados positivos, e pode-se perceber que inicialmente ele estava seguro sobre a existência dos raios N.

Primeiramente, Salvioni não procurou repetir os experimentos mais simples de Blondlot, pois não tinha dúvidas sobre a existência da nova radiação. Conseqüentemente, seu interesse inicial era descobrir *novos* fenômenos dos raios N. Estudou, assim, se os raios produziam algum efeito sobre certos detectores utilizados na época para ondas Hertzianas (que utilizavam propriedades magnéticas da limalha de ferro), sem obter resultados. Depois, investigou se os raios N produziam ionização do ar ou efeito fotoelétrico em metais, novamente sem resultados positivos. Não tendo conseguido observar efeitos novos, Salvioni voltou-se para os experimentos iniciais de Blondlot e tentou reproduzi-los. Logo desistiu de utilizar faíscas e chamas para observar os raios N, por não conseguir uma estabilidade suficiente. Tentando em seguida detectar os raios N com anteparos fosforescentes, o pesquisador italiano descreveu que não conseguia notar variações de brilho regulares quando os raios N estavam agindo ou não estavam agindo sobre uma parte do anteparo. Ele descreveu em seu artigo uma grande variedade de dispositivos que utilizou, sem sucesso. Por fim, tentou utilizar linhas luminescentes finas (em vez de anteparos extensos), conforme recomendado por Blondlot em seus experimentos sobre espectroscopia dos raios N, e acreditou então que havia conseguido observar alguns efeitos.

Com esses detectores, Salvioni procurou então determinar as

posições da imagens produzidas por uma lente de quartzo, empregando como fonte um bico de Auer. Aproximando ou afastando um retículo luminescente da lente, ele anotava as posições em que a luminosidade parecia aumentar, e começou a encontrar certa regularidade na posição dos máximos. No entanto, em cada experimento podiam surgir novos máximos e desaparecer máximos observados anteriormente. Além disso, Salvioni notou que as posições dos máximos pareciam extremamente bem definidas: um deslocamento minúsculo fazia com que o brilho do retículo mudasse. Passou então a deslocar o detector de modo mais cuidadoso, medindo as distâncias em décimos de milímetro. O número de máximos começou a aumentar, e em uma distância de menos de 20 cm ele chegou a observar 50 ou 60 pontos de máximo. Acabou se convencendo de que as variações de brilho eram subjetivas e que o método não permitia detectar radiações N com diferentes índices de refração.

De um modo geral, esse artigo representou uma tentativa frustrada de observar efeitos dos raios N, e o físico italiano chegou a comparar os efeitos descritos aos fenômenos atribuídos algumas décadas antes ao magnetismo animal. No entanto, Salvioni não negou que existisse algo de objetivo nos experimentos: aparentemente havia situações em que o retículo luminescente mudava de brilho de uma forma regular, dependendo da presença ou ausência da fonte de raios N. No entanto, não lhe parecia ser possível estar seguro sobre a interpretação desses resultados.

Em um segundo trabalho, publicado em julho de 1904, Salvioni encontrou novas anomalias que fizeram sua desconfiança nos raios N crescer ainda mais (Salvioni, 1904b). Mesmo quando o bico de Auer era desligado ou retirado da montagem, ou quando a lente de quartzo era retirada, ou quando se interpunha uma placa de chumbo, o movimento do retículo luminescente parecia indicar regiões de maior e de menor intensidade, embora os raios N não devessem mais estar presentes. O pesquisador italiano se voltou então para o estudo das condições psico-fisiológicas de observação, e confirmou as suspeitas de Lummer de que a observação de aumento do brilho era fortemente influenciada por sugestão. Tomando novos cuidados para evitar a auto-sugestão, Salvioni per-

cebeu que as variações de brilho já não eram mais tão nítidas quanto antes. Ao final do seu artigo, ele não negou a existência dos raios N, mas lançou fortes dúvidas sobre a objetividade dos fenômenos descritos por outros pesquisadores.

6.4 HENRI PIERON E A *REVUE SCIENTIFIQUE*

Foi através da *Revue Scientifique* que um público científico bastante amplo se inteirou das dificuldades por que passava a pesquisa sobre os raios N. Um dos seus editores, Henri Piéron (1881-1964), havia se interessado pelo assunto e, conforme relatou em 1907, havia tentado reproduzir os principais experimentos a esse respeito, com a colaboração de Charles Guillaume (Piéron, 1907, p. 145). Não tendo obtido sucesso, Piéron foi levado a duvidar dos resultados positivos publicados, principalmente por três motivos que apresentou:

- a) Os resultados obtidos por Charpentier e outros pesquisadores despertavam suspeitas.
- b) Muitos pesquisadores que tinham tentado repetir os experimentos haviam fracassado.
- c) Dificuldades do método empregado, sujeito a muitos erros.

Analizando as informações disponíveis, Piéron concluiu:

De minha parte, concluí dessa análise que, pelo menos na maior parte dos casos, variações subjetivas de brilho eram atribuídas às radiações de Nancy, cuja sistematização era devida a uma auto-sugestão ou hetero-sugestão. (Piéron, 1907, p. 150)

É claro que não foi apenas Piéron que teve suspeitas desse tipo, mas foi o único pesquisador francês suficientemente audacioso para lançar um movimento que ia diretamente contra os resultados anunciados por um importante grupo de cientistas, com o respaldo da Academia de Ciências de Paris. Com apoio do diretor da *Revue Scientifique*, Édouard Toulouse, e de Juvénal Derrôme (Piéron, 1907, p. 151), ele iniciou a publicação de uma série de notícias sobre o assunto nessa revista, assinando-as muitas vezes apenas com a inicial “P.” de seu sobrenome.

É bastante curioso que o principal responsável na França pela derrubada dos raios N não tenha sido um físico. Piéron era um

psicólogo². Na época era um jovem, com apenas 23 anos de idade. Seu chefe na *Revue Scientifique* e antigo professor, Édouard Toulou-se, era médico e se dedicava à psicologia experimental. Em 1911 publicou, juntamente com Piéron, o manual *Technique de psychologie expérimentale*, que foi traduzido para vários idiomas (inclusive o português)³. Charles Guillaume⁴ e Juvénal Derôme, que colaboraram com Piéron no estudo dos raios N, eram físicos.

Em uma primeira nota sobre o assunto, publicada em 4 de junho de 1904, Piéron advertia os leitores da *Revue Scientifique*

Deve-se recluir que o Sr. Charpentier tenha percebido apenas variações da atenção excitada pela aproximação de um corpo ou provocada pela sugestibilidade do sujeito. Seria bom se a Academia de Ciências exigisse demonstração experimental. O rádio tornou fácil acreditar. O efeito dos raios N não se assemelha ao dos ímãs em pessoas histéricas? (Piéron, 1904a, p. 731)

Nessa advertência, Piéron chamou a atenção para o clima de credulidade que havia influenciado fortemente o mundo científico após a descoberta dos raios X e da radioatividade. Esses estranhos fenômenos, que não haviam sido previstos teoricamente, predisuseram muitos cientistas a aceitar de forma acrítica os relatos de novas descobertas espantosas (Lodge, 1912). Note-se também que Piéron comparou os relatos sobre raios N com as pesquisas sobre mesmerismo e magnetismo animal, que já haviam sido abandonadas no início do século anterior.

A *Revue Scientifique* de 16 de julho publicou uma tradução do primeiro artigo de Salvioni, acompanhado por uma “Nota da redação” assinada por Piéron e Derôme (Salvioni, 1904c). Essa “nota” indicava vários aspectos problemáticos das pesquisas sobre

² Posteriormente, Piéron se tornou bastante conhecido por seus estudos a respeito de psicologia sensorial e psicologia do sono.

³ TOULOUSE, Edouard & PIÉRON, Henri. *Technique de psychologie expérimentale*. Paris: Octave Doin, 1911. PIÉRON, Henri. *Psychologia experimental*. Trad. Lourenço Filho. São Paulo: Melhoramentos, 1927. PIÉRON, Henri. *Psicologia experimental*. Trad. Marcello A. Corção. Rio de Janeiro: Zahar, 1969.

⁴ Guillaume publicou em 1896 um livro sobre raios X, possuindo portanto conhecimentos sobre estudos de radiações. Em 1904 ele se dedicava a questões de metrologia.

os raios N, como a ausência de reproduções no exterior, e a falta de cuidados de alguns pesquisadores que não haviam se prevenido contra efeitos do calor e contra a existência de efeitos subjetivos. No entanto, a “nota” se refere aos trabalhos do próprio Blondlot de forma bastante respeitosa:

Muitos espíritos, embora tendo a maior confiança no rigor científico de um físico como o Sr. Blondlot, encontram-se um pouco inquietos porque suas descobertas não tiveram mais eco no exterior, ao contrário do que quase sempre ocorre em casos semelhantes. [...]

Pelo contrário, em sua maior parte aqueles que observaram os raios N na França só se preocuparam em pesquisar fontes variadas dessas radiações novas, em descobrir propriedades curiosas das mesmas. Mas negligenciaram muito colocar-se a salvo de causas de erro que o Sr. Blondlot procurou evitar, tais como as radiações caloríficas que são certamente responsáveis por um grande número dos fenômenos atribuídos aos raios N a partir de experiências muito pouco críticas.

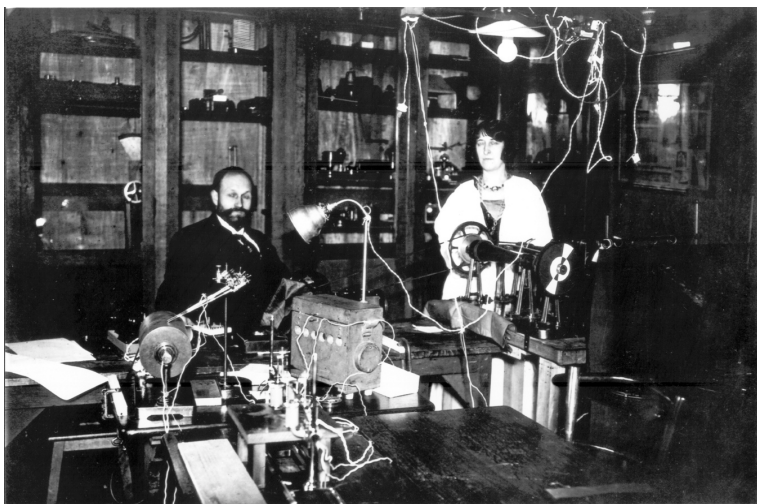


Figura 15 – Henri Piéron e sua esposa, no laboratório de Alfred Binet, aproximadamente em 1910. Cortesia da profa. Régine Plas, *Service d'Histoire de la Psychologie*, Institut de Psychologie, Université René Descartes (Paris 5).

Assim, nesse novo domínio dos raios N, deve-se fazer uma distinção entre o fenômeno inicial que hoje em dia não parece mais poder ser colocado em dúvida, e as propriedades que todos os dias são adicionadas aos raios de Blondlot. (Piéron & Derôme, em Salvioni, 1904c, p. 74)

Nessa época Piéron aparentemente ainda aceitava a existência dos raios N, negando apenas alguns resultados estranhos, como os obtidos por Charpentier e outros pesquisadores. Mas pode ser que a deferência para com Blondlot mostrada nessa nota fosse apenas uma estratégia, para não entrar diretamente em choque com o pesquisador, que era bastante respeitado na época.

Na *Revue Scientifique* de 30 de julho, Piéron publicou um resumo do segundo trabalho de Salvioni (Piéron, 1904b), adicionando vários comentários e indicando que muitos observadores poderiam ter sido sugestionados. No entanto, os resultados de Blondlot permaneciam acima de qualquer crítica:

[...] O que resulta dessas tentativas abortadas [de repetir os experimentos sobre raios N] é uma profunda dúvida sobre o valor dos resultados obtidos por experimentadores que procedem de forma grosseira, rápida e atrevida, e observam com uma facilidade desconcertante propriedades mais ou menos maravilhosas, e cuja origem deve ser procurada menos nos raios N do que nas profundezas de seus subconscientes, ou na ação de fenômenos naturais mal interpretados.

Somente o Sr. Blondlot parece merecer confiança. Quanto aos outros, que eles provem o que vêm submetendo-se a testes rigorosos. De outra forma, é um direito e mesmo um dever considerar aquilo que eles trazem como perigoso e nulo. (Piéron, 1904b, p. 153)

No dia 15 de agosto de 1904, Henri Dufour apresentou um trabalho apontando influências térmicas e elétricas no brilho de anteparos luminescentes, e no dia 10 de setembro Piéron resumiu esse trabalho para os leitores da *Revue Scientifique* (Piéron, 1904c).

Embora Blondlot não estivesse sendo atacado, esse sequência de notas publicadas por Piéron deve ter assustado os pesquisadores e provavelmente contribuiu bastante para inibir a publicação de novos resultados. Mas o pior ainda estava por acontecer.

6.5 A VISITA DE ROBERT WOOD AO LABORATÓRIO DE BLONDLOT

Durante os meses de agosto e setembro de 1904 houve discussões a respeito dos raios N em três congressos científicos europeus. No final de agosto, durante a reunião anual da *British Association for the Advancement of Science* ocorrida em Cambridge, Otto Lummer relatou os fracassos alemães em repetir os experimentos sobre a nova radiação, e John Butler Burke também informou que não havia conseguido reproduzir os efeitos descritos por Charpentier (Stradling, 1907, p. 120).

No início de setembro, durante o 6º Congresso Internacional de Fisiologia que ocorreu na Bélgica, quando Lambert relatou a produção de raios N durante processos de fermentação, os pesquisadores alemães se levantaram e saíram, como sinal de protesto. Ao final da apresentação de Lambert, Charles Henri e Piéron declararam que haviam repetido os experimentos sobre raios N sem sucesso, e outros pesquisadores da Bélgica, da Itália, Rússia e Inglaterra também fizeram comentários semelhantes (Piéron, 1907, p. 150; Piéron, 1904d, p. 548). Piéron chegou a desafiar Lambert a fazer um teste de olhar para uma tela e dizer quando uma fonte de raios N era aproximada da mesma, mas Lambert não aceitou a proposta, alegando cansaço (Stradling, 1907, p. 121).

Ainda em setembro, durante uma reunião da *Versammlung deutscher Naturforscher und Aertzte* em Breslau, Lummer e Rubens comunicaram que haviam repetido os experimentos fotográficos de Blondlot e não haviam obtido nenhum resultado positivo. O pesquisador suíço Pierre Weiss, no entanto, relatou que havia confirmado algumas observações de Charpentier⁵.

O físico norte-americano Robert William Wood (1868-1955), da *Johns Hopkins University*, especialista em óptica, estava presente ao congresso realizado na Inglaterra. Rubens (que havia sido seu orientador) o estimulou a visitar Nancy para examinar criticamente os experimentos lá realizados. Wood aceitou a proposta e em meados de setembro visitou o laboratório de Blondlot. Poucos

⁵ Alguns meses depois, Weiss informou que havia se enganado (Weiss, 1904).

dias depois escreveu um relato de suas observações, que foi publicado no dia 29 de setembro pela revista *Nature* (Wood, 1904a). A crítica de Wood é geralmente considerada como um golpe mortal desferido nos raios N, embora (como já foi mostrado) as pesquisas sobre o assunto já estivessem praticamente paralisadas desde julho. Deve-se, no entanto, ler com cautela sua descrição, que entra em conflito em vários pontos com um outro relato que o próprio Wood fez muito tempo depois⁶.

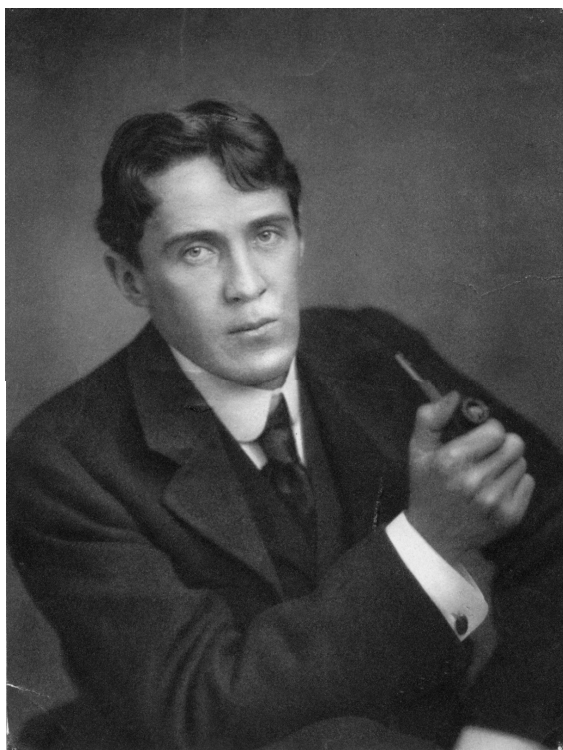


Figura 16 – O físico norte-americano Robert William Wood (1868-1955). Cortesia *American Institute of Physics, Emilio Segre Visual Archives*.

⁶ A segunda descrição aparece em Seabrook, 1941, pp. 237-239. Uma análise crítica dos relatos de Wood é apresentada em Ashmore, 1993, que colocou em dúvida diversos aspectos importantes dessas descrições.

Logo nas primeiras linhas de sua comunicação, Wood afirmou:

A incapacidade de um grande número de hábeis físicos experimentais em obter qualquer evidência sobre a existência dos raios n , e a contínua publicação de artigos anunciando novas propriedades ainda mais notáveis dos raios, estimulou-me a realizar uma visita a um dos laboratórios em que parecem existir as condições aparentemente peculiares necessárias à manifestação dessa forma intangível de radiação⁷. Devo confessar que fui em um estado mental de dúvida, mas com a esperança de que eu pudesse ser convencido da realidade dos fenômenos, cujos relatos haviam sido lidos com tanto ceticismo.

Depois de passar três horas ou mais testemunhando vários experimentos, eu não apenas sou incapaz de relatar uma única observação que pareça indicar a existência desses raios, mas parti com uma convicção muito firme de que os poucos experimentadores que obtiveram resultados positivos foram iludidos de alguma forma. (Wood, 1904a, p. 530)

Em seguida, Wood descreveu os vários experimentos que presenciou. Primeiramente, Blondlot lhe mostrou a experiência da faísca, explicando que seria fácil observar a variação do seu brilho quando os raios N eram concentrados por meio de uma lente de alumínio. Wood afirmou não ter conseguido perceber nenhuma variação no brilho. Então, pediu que tentassem dizer em que instante ele introduzia a mão entre a fonte de raios N e o detector, pela observação da variação do brilho da faísca, e (segundo o relato) não conseguiram perceber quando a mão estava interposta ou não.

O segundo experimento que lhe foi mostrado foi o da fotografia da faísca. Wood estimou (visualmente) que a faísca variava bastante de brilho (flutuações da ordem de 25%), o que tornaria impossível realizar um experimento preciso. Além disso, Wood suspeitou que os experimentadores poderiam, inconscientemente, fazer com que o tempo de exposição fosse maior quando a fonte de raios N estivesse em ação.

⁷ Em nenhum ponto do seu relato Wood mencionou o nome de Blondlot, nem a cidade de Nancy. Logo se tornou público, no entanto, que se tratava realmente do laboratório de Blondlot.

Embora não tivesse identificado claramente a suposta fonte de erro, Wood afirmou: “Sinto-me seguro de que se fosse feita uma série de experimentos neste laboratório pelo criador dos experimentos fotográficos [Blondlot] e pelos professores Rubens e Lummer, cuja incapacidade de repeti-los é bem conhecida, a fonte do erro seria encontrada” (Wood, 1904a, p. 530). É evidente que Wood estava aqui apenas fazendo uma profecia e exprimindo sua certeza subjetiva, sem apresentar argumentos objetivos contra o experimento fotográfico.

O terceiro experimento foi o da decomposição de um feixe de raios N por um prisma de alumínio. Novamente Wood não notou nenhuma diferença de brilho da linha fosforescente quando ela era deslocada.

Os observadores (Blondlot e seu assistente, Lucien Vitz) diziam estar observando o espectro, mas quando Wood inverteu a posição do prisma de alumínio, eles foram incapazes (segundo Wood) de determinar para que lado estava o vértice do prisma. Por fim, como o experimento era feito no escuro, em determinado instante Wood retirou (sem avisar) o prisma de alumínio, e mesmo nesse momento eles ainda continuaram a detectar mudanças no brilho da linha fosforescente, medindo a posição dos feixes desviados.

O quarto e último tipo de experimento mostrado a Wood foi o aumento de brilho de pequenas manchas fosforescentes ou objetos fracamente iluminados, quando se aproximava deles um objeto de aço (emissor de raios N). Novamente o pesquisador norte-americano foi incapaz de perceber qualquer mudança. Substituindo (sem que os observadores percebessem) o pedaço de aço por um pedaço de madeira (que não emite raios N), e movendo-o perto dos objetos observados, Blondlot e seu assistente continuavam a afirmar que notavam um aumento de brilho (quando nada deveria acontecer).

Sou obrigado a confessar que deixei o laboratório com um claro sentimento de depressão, não apenas tendo fracassado em ver um único experimento de natureza convincente, mas com a convicção quase segura de que todas as mudanças de luminosidade ou de nitidez das faíscas e telas fosforescentes (que fornecem a

única evidência dos raios n) são puramente imaginárias. (Wood, 1904a, p. 531)

Os experimentos fotográficos proporcionavam uma evidência objetiva, porém Wood considerou inacreditável que a chapa fotográfica pudesse evidenciar mudanças que eram impossíveis de serem notados visualmente. Ele propôs que fossem feitos testes fotográficos utilizando dois tipos de anteparos: um deles constituído por duas lâminas de alumínio com papel molhado entre elas, e outro com papel seco entre lâminas de alumínio. No primeiro caso, segundo Blondlot, não passariam raios N pelo anteparo, e no segundo caso os raios N atravessariam o dispositivo. Wood sugeriu que deveriam ser feitos testes fotográficos em que o experimentador não soubesse qual dos dois anteparos estaria sendo utilizado, e afirmou: “Sinto-me muito seguro de que um dia gasto em algum experimento como este mostraria que as variações de densidade da placa fotográfica não possuem conexão com a tela utilizada” (Wood, 1904a, p. 531).

Se aceitarmos ao pé da letra a descrição que Wood fez de sua visita a Nancy, esse artigo seria suficiente para desmoralizar Blondlot. Mas podemos nos perguntar se a descrição de Wood foi realmente honesta. Ele já estava convencido, antes de chegar a Nancy, da inexistência dos raios N. Nessas condições, algum tipo de fato poderia convencê-lo de que estava enganado? Ele não poderia ter sido levado a exagerar sua descrição dos aspectos negativos? Levado por sua vontade de arruinar com a pesquisa sobre os raios N, ele não poderia ter até mesmo inventado fatos? Não poderia ter ocultado certos experimentos que tinham dado certo?

A historiografia usual é extremamente crédula, quando examina o relato de Wood. Devemos sempre, no entanto, tomar um relato como este como um objeto a ser estudado, e não como um veredicto.

6.6 A *REVUE SCIENTIFIQUE* TOMA PARTIDO

Poucas semanas depois (22 de outubro) o artigo de Wood já havia sido traduzido para o francês e publicado na *Revue Scientifique* (Wood, 1904b), com a indicação explícita de que o relato se referia a uma visita ao laboratório de Blondlot, em Nancy. A tradução era

precedida por um curto comentário anônimo, certamente escrito por Piéron:

Desde o início das férias, não se fala mais na França sobre os raios N. Mas no exterior continuam a se acumular as experiências infrutuosas, os resultados negativos. A dúvida não cessa de crescer.

Consideramos instrutivo publicar a tradução de uma carta dirigida pelo Sr. R. W. Wood [...] à *Nature* de Londres. Esse físico foi até um laboratório francês que tudo, exceto o nome, indica ser o do Sr. Blondlot, e não apenas não conseguiu perceber nenhum dos fenômenos que se diz serem provocados pelos raios N, mas ainda teria colocado em xeque – o que seria excessivamente grave – os experimentadores que tentavam mostrar-lhe a realidade dessas radiações. (Nota anônima, em Wood, 1904b, p. 536)

Na semana seguinte (29 de outubro de 1904) a *Revue Scientifique* lançou um movimento de esclarecimento e de crítica aos raios N, através de um longo artigo anônimo (assinado como “La Revue Scientifique”), que podemos atribuir a Piéron (Piéron, 1904d).

Esse artigo expõe, primeiramente, os trabalhos de Blondlot e dos outros pesquisadores que haviam obtido resultados favoráveis aos raios N. Depois, relata (de um modo um pouco exagerado) que “munidos de telas com sulfeto [de cálcio], centenas de físicos, de fisiólogos e de estudiosos de todo tipo procuraram os raios N que alguns observadores encontravam por toda parte”, sem sucesso (Piéron, 1904d, p. 547). Depois afirma que os trabalhos de Charpentier e outros sobre os raios N de origem fisiológica suscitaram desconfiças por parte da maioria dos cientistas, embora o respeito para com Blondlot fizesse com que, na França, os trabalhos deste físico continuassem a ser aceitos. No entanto, no exterior (segundo Piéron), “os fracassos constantes de *todos* os experimentadores sem exceção não permitiram tal moderação” (Piéron, 1904d, p. 547). É claro que tal afirmação era exagerada, pois alguns pesquisadores na Inglaterra, nos Estados Unidos e outros países haviam publicado resultados positivos, como já foi comentado acima. Mas o artigo prossegue chamando a atenção para as pesquisas negativas de Rubens e Salvioni, e comenta a carta de Wood, que “parece trazer um golpe excessivamente grave ao

prestígio das primeiras experiências”, afirmando logo depois que “não existe nenhum país estrangeiro onde os raios N ainda tenham o menor crédito” (Piéron, 1904d, p. 547).

Em seguida, o artigo analisa as principais causas de erros dos experimentadores que haviam obtido resultados favoráveis: (1) a influência de diversos fatores físicos e fisiológicos que podem produzir pequenas alterações no brilho de corpos fracamente luminosos; (2) a sugestão, que poderia induzir o observador a ver uma variação de brilho no momento em que esperava que ela ocorresse. No caso dos experimentos sobre raios N de origem fisiológica, o artigo aponta que não foram tomados cuidados para evitar influências como o calor, eletricidade e outras causas físicas. O autor admite que Blondlot havia tomado cuidados desse tipo, porém considera que ele não havia se precavido contra a influência da sugestão, e que para evitar tal tipo de erro teria sido necessário fazer experimentos em que o observador não soubesse previamente o que estava querendo observar.

É claro que era necessário levar em conta que Blondlot havia também apresentado uma evidência objetiva dos raios N: as fotografias. O artigo discute esses experimentos, e indica vários indícios contrários à validade dos experimentos: (1) as placas fotográficas poderiam não ser idênticas; (2) as fotografias mostravam enormes diferenças, enquanto uma pessoa normal não notava diferença entre as faíscas; (3) os anteparos fosforescentes submetidos aos raios N não mostravam diferença, quando fotografados; (4) as faíscas não eram absolutamente constantes; (5) a pessoa que controlava o tempo de exposição poderia, inconscientemente, ter aumentado a duração de exposição nos casos em que os raios N estavam presentes (Piéron, 1904d, pp. 550-551).

O primeiro ponto indica apenas que Piéron não percebeu que, em cada experimento, duas metades de *uma mesma* chapa fotográfica recebiam a luz da faísca, tanto com raios N quanto sem raios N. Blondlot evitava, assim, o risco de utilizar duas chapas fotográficas diferentes. O segundo ponto é uma objeção aos resultados, mas não ao método empregado. O terceiro ponto poderia ser interpretado como favorável a Blondlot, mostrando que nem sempre ele obtinha o que esperava obter. Se tudo dependesse

apenas da expectativa e de sugestão, ele deveria ter conseguido também diferenças fotográficas no experimento com a tela fosforescente. O quarto ponto não é uma objeção importante, pois ocorriam centenas de faíscas no decorrer de cada experimento, e o efeito captado pela chapa fotográfica indicava o efeito médio, anulando flutuações estatísticas que ocorressem. O quinto ponto, já indicado anteriormente por Wood, era na verdade a única possibilidade de uma falha humana que pudesse ter influenciado e falseado os resultados do experimento. Teria sido necessário, segundo o autor do artigo, recorrer a um mecanismo automático para ajustar os tempos de exposição, de tal modo que fossem rigorosamente iguais nos dois casos (Piéron, 1904d, p. 551).

Piéron concluiu esse artigo sugerindo que fossem feitos experimentos fotográficos em conjunto por Blondlot e outros pesquisadores, utilizando controles (de tal modo que ninguém soubesse o que deveria acontecer em cada experimento), para que se pudesse chegar a uma conclusão definitiva sobre a existência (ou não) das novas radiações⁸. No entanto, apesar de aparentar manter neutralidade, o artigo deixava transparecer claramente a posição do seu autor, que já não acreditava mais na existência dos raios N. De fato, em vez de promover experimentos controlados (como sugere o artigo), a *Revue Scientifique* iniciou imediatamente um debate público sobre a existências dos raios N, pedindo que os cientistas se pronunciassem e dessem sua opinião sobre o assunto.

6.7 A PESQUISA DE OPINIÃO DA *REVUE SCIENTIFIQUE*

Durante os meses de novembro e dezembro de 1904 a *Revue Scientifique* publicou um grande número de opiniões a respeito dos

⁸ Piéron afirmou que tinha chegado a convidar Blondlot para realizar experimentos controlados, mas o físico de Nancy recusou o convite (Piéron, 1907, p. 154). Não está claro se esse convite foi antes ou depois da pesquisa de opinião, mas provavelmente foi feito depois do início do debate público, pois se passaram apenas 7 dias entre a publicação do artigo de Piéron (29 de outubro) e o início de divulgação das opiniões de diversos cientistas, e apenas no dia 3 de dezembro a *Revue Scientifique* conclamou publicamente Blondlot a cooperar com experimentos controlados (Piéron, 1904f, p. 709).

raios N, algumas delas obtidas oralmente e outras por escrito (Piéron, 1904e). Muitas delas são acompanhadas de comentários editoriais, não assinados, que podemos atribuir a Piéron.

Nunca uma questão científica havia sido submetida a votação pública, antes. Por que motivo os responsáveis pela *Revue Scientifique* adotaram essa estratégia? Talvez eles estivessem convencidos de que não eram necessários mais experimentos, e que um debate público produziria o surgimento de novas posições contrárias aos raios N, de pessoas que apenas exprimiam suas opiniões entre quatro paredes e não haviam publicado ainda nada a respeito do tema. É claro que Piéron pediu a opinião das pessoas que já haviam publicado alguma coisa sobre o assunto, mas também publicou a opinião (negativa) de diversos cientistas jovens, que nada haviam escrito sobre o assunto (como Paul Langevin e Jean Perrin). Por que ele pediria a opinião dessas pessoas? Provavelmente porque já sabia o que iriam dizer.

Algumas das pessoas consultadas não quiseram dar sua opinião, dizendo não ter pesquisado suficientemente o assunto (por exemplo, Bouty, Leduc e Brillouin). Outros, sem ter feito pesquisas pessoais, declararam acreditar nos raios N por confiarem em Blondlot ou em outros experimentadores (por exemplo, Berthelot, Janet, Pellat, Girarded). Certos cientistas declararam ter tentado fazer experimentos e obtido resultados negativos, mas que aguardavam por experimentos decisivos (Moissan, Pierre Curie, Sagnac, Abraham, Gouy, Turpain).

Certas pessoas que haviam relatado observações favoráveis, ou que de alguma forma haviam apoiado as pesquisas sobre raios N, manifestaram uma extrema cautela, e não quiseram se pronunciar à *Revue Scientifique*. Como exemplos temos Mascart (“O Sr. Mascart declara não ter atualmente nenhuma opinião sobre os raios N”) e Gariel. Este último, professor de física na Faculdade de Medicina de Paris, havia acompanhado e confirmado os experimentos de André Broca, e ele próprio havia realizado experimentos favoráveis aos raios N (embora não tivesse publicado nada sobre o assunto), mas também se recusou a dar qualquer opinião sobre o assunto.

Vários pesquisadores, quando consultados, descreveram expe-

rimentos desfavoráveis e se declararam contrários à existência dos raios N (Langevin, Perrin, Berget, Izarn).

Henri Poincaré, que havia visitado o laboratório de Nancy, declarou não ter conseguido ver nenhum efeito, mas que não esperava ver nada, pois não conseguia seguir as instruções de Blondlot de olhar difusamente, sem fixar a atenção sobre o corpo luminescente. No entanto, Poincaré considerava que as evidências fotográficas eram conclusivas:

Por outro lado, existem as fotografias, que são nítidas e probatórias. E quaisquer que sejam os erros experimentais indicados pelo Sr. Wood, elas jamais dariam diferenças tão nítidas quanto as que estão sobre essas placas. (Poincaré, em Piéron, 1904e, p. 682)

Alguns cientistas haviam observado certos resultados positivos porém, em outros casos, não haviam conseguido observar nada, e não chegaram a nenhuma conclusão (Cailletet, Swyngedauw, Imbert).

Os consultados que reafirmaram claramente sua crença nos raios N foram Blondlot, Lambert, Colson, Bichat, Gutton, Meyer, Charpentier, d'Arsonval. Este último defendeu não apenas as pesquisas de Blondlot, mas também as de Charpentier e até mesmo de Jean Becquerel.

Pessoalmente, fiz alguns testes que tiveram perfeito sucesso. Todas as experiências básicas, todos os fatos importantes, eu os verifiquei muito nitidamente, e avalio que eles estão estabelecidos, que passaram para o domínio dos fatos positivos. As pesquisas de Charpentier, as de Blondlot, as belas experiências de medida de comprimentos de onda feitas em Nancy com a rede de difração, [...] (D'Arsonval, em Piéron, 1904e, p. 683)

Praticamente todas as pessoas consultadas exprimiram um enorme respeito por Blondlot. Mesmo as que não acreditavam na existências dos raios N fizeram questão de declarar que consideravam o físico de Nancy como um dos melhores experimentadores franceses da época.

De um modo geral, durante essa pesquisa de opinião ocorreu um fenômeno que o próprio Piéron descreveu três anos depois como um “contágio da dúvida”:

[...] As dúvidas se fortaleciam mutuamente por sua aproximação, elas se tornavam mais precisas sendo expressas, multiplicavam-se adicionando-se. Não se sentindo mais isolados, os céticos mostraram mais audácia, e houve um contágio da dúvida como tinha havido um contágio da fé cega. No entanto permanecia-se geralmente na espera, na expectativa prudente. (Piéron, 1907, p. 152)

6.8 AS ATITUDES DE JEAN E HENRI BECQUEREL

Como vimos, durante o período de três meses em que apresentou seus trabalhos, Jean Becquerel foi variando a direção de sua pesquisa. Inicialmente ele se dedicou à influência de anestésicos na emissão de raios N por materiais inorgânicos e seres vivos; depois, estudou a ação dos raios N e N_1 sobre o olho; em seguida, estudou a relação entre compressão / distensão (ou dilatação e contração) e emissão de raios N e N_1 . Por fim, tentou relacionar os raios N e N_1 com as radiações α , β e γ dos corpos radioativos.

Logo após a “morte” dos raios N, o trabalho de Jean Becquerel foi fortemente criticado:

O senhor Jean Becquerel foi obrigado a ir até Nancy para ter sucesso, mas depois atirou-se com paixão em uma série de pesquisas que tornaram os raios N tão suspeitos para os físicos quanto as do Sr. Charpentier para os fisiólogos. [...] E isso tornou ainda menos admissíveis os resultados do Sr. Charpentier, e os do Sr. Jean Becquerel, que cloroformizou metais com sucesso, e notou sua anestesia pela diminuição de emissão (Piéron, 1907, pp. 148-9).

Ao longo desses trabalhos, as hipóteses que guiavam a pesquisa de Jean Becquerel eram extremamente frágeis e, às vezes, incompreensíveis. Isso não parecia incomodá-lo. Semana após semana, ele apresentou seus resultados sem esperar, sem refinar seus métodos, sem uma maior maturação da pesquisa. Esse trabalho apressado levou-o a apresentar resultados que entravam em conflito com muitos conhecimentos da época. A metodologia experimental utilizada parece descuidada, não havendo nas comunicações do autor uma descrição detalhada dos experimentos nem dos

cuidados que ele eventualmente tenha utilizado para evitar erros já conhecidos. Pode-se considerar que essas pesquisas eram de qualidade muito inferior às de Blondlot.

Como vimos (seção 6.1), julho de 1904 foi o último mês em que foram publicados muitos trabalhos favoráveis sobre os raios N. No mês seguinte o número de publicações caiu muito e essa área de estudos entrou em processo de extinção. Não foi possível compreender claramente o que ocorreu de julho para agosto de 1904, mas certamente o movimento de resistência contra os raios N que estava crescendo nessa época atingiu também o trabalho de Jean Becquerel.

Alguns autores recentes supuseram que Jean Becquerel era um “famoso estudioso” (Rosmorduc, 1972, p. 20) e que ele tinha seu próprio laboratório de pesquisa (Klotz, 1980, p. 131) naquela época. Na verdade, em 1903 Jean Becquerel era um engenheiro de 25 anos de idade que tinha acabado de se tornar assistente de seu pai junto à cátedra de física do Museu de História Natural de Paris⁹. Ele nunca havia publicado coisa alguma, sobre qualquer assunto, antes de seus trabalhos sobre os raios N.

Jean Becquerel não era um cientista experiente trabalhando em seu próprio laboratório – ele estava trabalhando no laboratório de seu pai, sob a supervisão do próprio Henri Becquerel. As comunicações de Jean Becquerel sobre os raios N apresentadas à Academia de Ciências de Paris não foram lidas por ele próprio – foram comunicadas por seu pai. Note-se que, nessas condições, Henri se tornava co-responsável pelo trabalhos apresentados. É plausível que o trabalho fosse realizado em conjunto, mas que Henri Becquerel preferisse apresentar esses trabalhos em nome de Jean para dar a seu jovem filho a oportunidade de reconhecimento pela comunidade científica. Note-se que, no ano de 1904, Henri Becquerel apresentou apenas um único trabalho de sua autoria à Academia de Ciências de Paris (em 25 de janeiro). Tudo sugere que sua atenção ficou voltada para os raios N, durante todo esse ano.

⁹ Os quatro físicos da família Becquerel ocuparam sucessivamente a mesma cátedra de física no Museu de História Natural. Durante quase um século, a família morou em uma casa situada nas dependências do Museu.

Embora a autoria explícita dos trabalhos sobre raios N não incluísse o nome de Henri Becquerel, ele assumiu completamente seu conteúdo. Realmente, em dezembro de 1904, quando quase toda a comunidade científica já tinha fortes dúvidas sobre a realidade dos raios N, Henri Becquerel foi consultado (na pesquisa de opinião da *Revue Scientifique*) e respondeu à consulta de um modo curto e direto, em seu próprio nome e por seu filho:

O Sr. Becquerel declara que sua opinião sobre a questão é bem conhecida, a partir das notas do Sr. Jean Becquerel que ele comunicou ao Instituto, e que neste momento ele, tanto quanto seu filho, não têm nada a mudar nelas. (Becquerel, em Piéron, 1904e)

Trata-se de um posicionamento muito claro, de defesa do conteúdo das pesquisas de Jean Becquerel sobre raios N. Aqui, Henri reafirmou que não há diferença entre sua opinião e a opinião apresentada nos artigos assinados por Jean.

Há mais evidências do apoio de Henri Becquerel aos raios N. Sabe-se que no curso que ministrou no ano acadêmico de 1904-1905, Henri Becquerel deu aulas sobre raios X, raios do urânio e raios N (Nye, 1980, p. 154; Piéron, 1907, p. 161). Isso parece indicar que ele considerava os raios N tão reais e tão importantes quanto os raios X e as radiações do urânio.

Blondlot foi suficientemente esperto para utilizar o apoio de Becquerel às suas alegações:

Em Paris, o Sr. Jean Becquerel publicou nos *Comptes Rendus* muitas notas sobre os raios N e N_1 que foram apresentadas à Academia de Ciências por seu pai, Sr. H. Becquerel, o eminente físico. Seria possível que o Sr. Jean Becquerel, com a concordância de seu pai, arriscasse colocar em perigo um dos mais ilustres nomes da ciência, publicando observações que deixassem a menor dúvida? (Blondlot, 1904).

A atitude de Henri Becquerel no final de 1904 é inequívoca. Ela poderia ser interpretada simplesmente como uma tentativa de defesa de seu filho. Mas é preciso analisar o início do envolvimento de Jean Becquerel com essa linha de pesquisa. Certamente isso ocorreu com apoio (e provavelmente estímulo) do pai, que

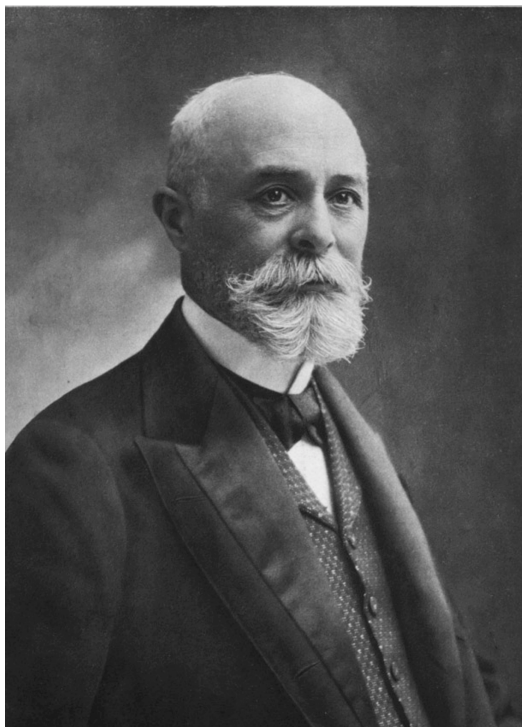


Figura 17 – Henri Becquerel (1852-1908), fotografia tirada por Paul Nadar, Paris, aproximadamente em 1905.

desde o início provavelmente acreditava na existência da radiação de Blondlot.

Mas podemos nos perguntar: Por que Henri Becquerel aceitou como prova decisiva a observação visual elusiva de descargas oscilantes e de telas fosforescentes? E por que ele se envolveu tão profundamente com os raios N?

Henri Becquerel já havia obtido reconhecimento por seu trabalho científico. Era membro da Academia de Ciências e, depois da descoberta do polônio e do rádio por Marie e Pierre Curie, suas pesquisas iniciais a respeito da radiação do urânio adquiriram grande peso. Em 1903 Becquerel foi contemplado com o Prêmio Nobel de física (juntamente com o casal Curie). Ele já tinha obtido todas as honras que podia desejar. Talvez ele tivesse estimula-

do Jean a estudar os raios N porque essa área lhe parecia promissora e tal pesquisa poderia alavancar a carreira do filho. Mais do que isso: é provável que Henri tenha participado ativamente do trabalho de laboratório, com Jean, mas preferindo não figurar como co-autor para não reduzir a importância da contribuição do filho. É claro que isso é uma conjectura, apenas; mas explicaria vários aspectos da história.

Em um outro estudo histórico, apontamos importantes falhas nas pesquisas de Henri Becquerel em seus estudos sobre a radiação dos compostos do urânio (Martins, 2000). A falta de cuidado nessas pesquisas não foi um acontecimento único na vida desse pesquisador. Seu envolvimento (juntamente com o filho Jean) nas pesquisas sobre os raios N, que levaram a descrever a anestesia dos metais e a estabelecer uma relação entre essas radiações (que parecem inexistentes) e os raios emitidos pelas substâncias radioativas, reforçam a visão de que Henri Becquerel foi um cientista descuidado, pouco rigoroso, facilmente influenciável por suas expectativas.

Reconhecer isso permite-nos avaliar de forma mais ponderada a situação de Blondlot. Se ele errou, pode-se dizer que não foi o único, na época.

Após sua comunicação de 25 de julho de 1904, Jean Becquerel não publicou mais nenhuma palavra sobre os raios N. Depois da “morte” dos raios N, ele não reconheceu seu engano (Piéron, 1907, p. 154). Durante um ano ele não publicou nada, e depois se dedicou, sob a orientação de seu pai, a pesquisas “normais”.

6.9 PIÉRON E OS EXPERIMENTOS FOTOGRÁFICOS

No dia 3 de dezembro de 1904 a *Revue Scientifique* publicou um artigo anônimo (provavelmente escrito por Piéron) descrevendo as conclusões sobre a pesquisa de opinião que estava sendo encerrada (Piéron, 1904f). Depois de repetir muitos comentários que já haviam sido publicados antes, o autor se concentrou na proposta de realização de experimentos decisivos. Os experimentos fotográficos eram certamente importantes, mas Piéron comentou que eles não haviam sido reproduzidos com sucesso por outros pes-

quisadores e, além disso, mesmo se fossem confirmados, não provariam a existência dos raios N:

Concluir-se-á que existe uma influência desconhecida emanada por certos corpos, dos quais será possível fazer uma lista, que atua sobre uma pequena faísca elétrica particularmente sensível, influência esta que consiste no aumento do brilho, cujo mecanismo permanece por outro lado absolutamente desconhecido. E isso é tudo!

O quê! – dirão – Isso não prova a existência dos raios N? Sob nenhum ponto de vista. De fato, só se falou sobre raios enquanto se notou, por meio das variações de luminescência de telas de sulfeto, certas propriedades que emanavam de fontes determinadas, e que tinham uma analogia incontestável com as radiações em geral, e em particular a luz. (Piéron, 1904f, p. 708)

Assim, Piéron passou a defender neste artigo uma nova posição: o experimento fotográfico não provaria nada de importante; apenas se houvesse confirmação dos experimentos com telas fosforescentes é que se poderia falar sobre a existência dos raios N.

A fotografia da faísca prova portanto que existe alguma coisa, mas ela não pode provar a existência dos raios N a não ser se essa existência já estiver *demonstrada* pelas observações com o sulfeto. Pretender estabelecer a existência dos raios N – que permanecem duvidosos se nos limitamos às observações com a tela – pela fotografia da faísca, é fazer o mais absoluto círculo vicioso, que consiste em se apoiar sobre a proposição que se quer demonstrar, como se ela já estivesse demonstrada; esse círculo vicioso, que poderia ser tomado como um sofisma, foi infelizmente feito por certo número de físicos [...] (Piéron, 1904f, p. 708)

Baseando-se nessa análise, Piéron afirmou a necessidade de realizar *dois* tipos de testes para provar a existência dos raios N: experimentos com a faísca e experimentos com telas fosforescentes.

A argumentação de Piéron é claramente inválida. Como vimos, os raios N não foram descobertos pelo estudo de telas fosforescentes, e sim pelo estudo do brilho de uma faísca elétrica, quando Blondlot estudava raios X. Mesmo se nunca tivesse estudado telas fosforescentes, Blondlot poderia ter defendido a existência dos raios N baseando-se apenas nas observações da faísca. E mesmo

se todos os experimentos com telas fosforescentes fossem repetidos e rejeitados, desde que o experimento fotográfico fosse aceito estaria estabelecida a existência de uma radiação emitida por fontes determinadas por Blondlot, capaz de atravessar certas substâncias e incapaz de atravessar outras, e que foi chamada por Blondlot de “raios N”. Não há dúvidas de que tudo isso é correto, sob o ponto de vista lógico.

Por que Piéron mudou de opinião, e o que o teria levado a cometer uma análise tão equivocada neste artigo? Provavelmente ele estava temeroso de que os experimentos fotográficos fossem confirmados e aceitos como prova objetiva da existências dos raios N. Esse temor tinha um motivo: Blondlot havia respondido às críticas de Wood e havia aperfeiçoado seus experimentos, eliminando todas as fontes de erro apontadas, como veremos a seguir.

CAPÍTULO 7

A RESPOSTA DE BLONDLOT

7.1 OS NOVOS EXPERIMENTOS FOTOGRÁFICOS

Nos primeiros experimentos fotográficos de Blondlot os tempos de exposição com raios N e sem raios N eram determinados pelo movimento manual do dispositivo, baseado na contagem auditiva de segundos marcados por um metrônomo (os experimentos eram feitos no escuro). Wood havia sugerido que os tempos de exposição poderiam ser diferentes; Piéron havia também indicado que essa era uma possível fonte de erro e sugerira o uso de um dispositivo automático para movimentar o aparelho.

Blondlot não construiu um sistema de movimento automático, mas adaptou ao seu dispositivo um registrador gráfico que permitia verificar se os tempos de exposição eram iguais ou diferentes. Para isso, ele utilizou um cilindro giratório, no qual eram marcados automaticamente sinais correspondentes a intervalos de um segundo. O dispositivo fotográfico foi ligado a contatos elétricos, de modo que cada deslocamento era também registrado sobre o mesmo cilindro giratório. Era possível, assim, verificar se o operador utilizava realmente tempos iguais de exposição com os raios N e sem os raios N (Blondlot, 1904k, p. 845).

Agora, o procedimento adotado era o seguinte: fazia-se uma primeira exposição de 25 segundos (por exemplo, com o lado direito da chapa fotográfica, sem raios N), depois outra exposição de 25 segundos (com a outra metade da chapa fotográfica, com raios N), depois novamente na primeira metade por 25 segundos, e por fim novamente na segunda metade por outros 25 segundos.

O registro sobre o cilindro mostrou que as durações totais de exposição em cada uma das duas metades da placa em uma experiência jamais diferiram por mais de $1/2$ segundo. Pode-se pensar que essa diferença de $1/2$ segundo em uma duração total de 50 segundos não tenha influência apreciável nas impressões fotográficas, mas, para eliminar radicalmente toda incerteza sobre esse ponto, fiz arranjos para que a exposição fosse sempre mais longa na metade da placa que é impressionada na ausência dos raios N: para isso, contava-se um segundo a mais durante essa exposição; o registro sobre o cilindro, durante os próprios experimentos fotográficos, mostrou que essa exposição era sempre mais longa do que a outra e que o excesso variou de $1/2$ segundo a $3/2$ de segundo aproximadamente.

Com a devotada ajuda do Sr. C. Gutton, fiz desse modo 12 experimentos em 4 sessões, sendo os raios N produzidos por uma lâmpada Nernst; em experimentos sucessivos, colocava-se o papel molhado alternadamente sobre a metade CD e sobre a metade CK da folha de zinco presa à caixa. De cada vez, a impressão fotográfica apareceu primeiramente durante a revelação e tornou-se mais forte do lado em que os raios N haviam atuado sobre a faísca durante a exposição, embora essa exposição tenha sido um pouco mais curta do que a outra. Obteve-se ainda o mesmo resultado fazendo somente duas exposições, cada uma de 50 segundos.

As chapas fotográficas são assim as testemunhas irrecusáveis da ação dos raios N sobre a faísca elétrica. (Blondlot, 1904k, p. 845)

Esta comunicação de Blondlot à Academia de Ciências de Paris tem a data de 21 de novembro de 1904, ou seja, foi apresentada na mesma época em que a *Revue Scientifique* divulgava a sua pesquisa de opinião. O número da *Revue Scientifique* seguinte (26 de novembro) não publicou nenhuma informação sobre esse trabalho, mas uma semana depois (3 de dezembro) reproduziu quase na íntegra (sem uma figura) esse artigo (Blondlot, 1904l), desculpan-do-se pelo atraso e adicionando comentários anônimos (provavelmente de Piéron):

Essas experiências parecem de uma grande precisão, embora seja ainda desejável que elas sejam refeitas. Em todos os casos,

devemos fazer notar com relação a isso, como já insistimos em nosso artigo (ver pp. 707-708) que, se uma tal experiência prova que existe uma influência, que era desconhecida até as primeiras experiências do Sr. Blondlot, que se exerce em condições dadas sobre o brilho de uma faísca, ela não poderia provar a existência objetiva dos raios N, já que sua natureza e propriedades foram determinadas pela observação de telas fosforescentes. Deve-se evidenciar a identidade do fator que age nos dois casos, o que não foi feito, pois é perfeitamente possível (e o conjunto dos fatos observados tende a inclinar o espírito para essa opinião) que haja uma ação objetiva sobre a faísca e que pelo contrário as observações com sulfeto se referiam apenas a variações subjetivas. Os raios N, enquanto tais, foram estabelecidos por um método diferente deste. As últimas experiências do Sr. Blondlot parecem realmente mostrar que, em suas pesquisas, há alguma coisa de real, interessante e por outro lado importante, mas não que existem realmente radiações correspondentes àquilo que ele chamou de raios N; experiências complementares de controle são portanto sempre absolutamente necessárias. (Nota da redação da *Revue Scientifique*, em Blondlot, 1904I, p. 731)

Pode-se ver, portanto, que foram os novos experimentos cuidadosos e bem sucedidos de Blondlot que levaram Piéron a mudar sua posição e a defender a idéia de que os experimentos fotográficos, sozinhos, não provavam a existência dos raios N.

Essa nota é um pouco mais cuidadosa do que o artigo já comentado anteriormente. Piéron certamente tem razão em um ponto: aceitar os experimentos fotográficos não implica em aceitar *todas as propriedades* que haviam sido determinadas para os raios N utilizando outros métodos. No entanto, era incorreto exigir experimentos com telas fosforescentes para que fosse aceita a própria *existência* dos raios N.

Em 1907, ao escrever um histórico sobre os raios N, Piéron continuava a insistir que o experimento fotográfico não provaria a existência dessas radiações (Piéron, 1907, p. 156). Nessa época, Piéron apontou algumas dificuldades dos experimentos:

Por outro lado, essa influência sobre a faísca pareceu duvidosa, durante a pesquisa de opinião da *Revue Scientifique* nenhum outro físico além dos senhores Blondlot e Gutton conseguiu de fato obter sucesso nessas experiências fotográficas; por outro

lado o tempo de exposição das placas diante da faísca, submetida ou não aos raios N, não era, pelo menos no início, rigorosamente idêntico. Além disso, o olho, desta vez, era incapaz de desvendar uma influência revelada pelas fotografias. Enfim e sobretudo, a faísca era espontaneamente variável, e as chapas favoráveis do Sr. Blondlot não eram senão em número muito pequeno sobre centenas de outras que se recusavam a registrar algo semelhante (Piéron, 1907, p. 156).

Essa análise de Piéron não é muito satisfatória. Durante a pesquisa de opinião, quase todos os consultados consideraram que o experimento fotográfico era muito importante, e sugeriram que ele fosse repetido e aperfeiçoado. *Depois que a pesquisa de opinião havia terminado*, Blondlot publicou o novo trabalho apresentando a repetição aperfeiçoada do experimento. Piéron não comentou sobre isso. Por outro lado, referir-se em 1907 à possível variação do tempo de exposição nesses experimentos é anacrônico, pois a dúvida já havia sido resolvida. Por fim, afirmar que o número de chapas favoráveis era pequeno, diante de centenas de outras negativas, é inexato. Blondlot fez dezenas de experimentos com resultados positivos, e poucas pessoas tentaram repetir esses experimentos – nenhum deles com faíscas fracas, como as utilizadas por Blondlot.

Não se pode aceitar descrições como a de J. B. Gough, que afirmou que Blondlot recuou diante das conclusões dos editores da *Revue Scientifique*.

Em 1904 os editores da *Revue Scientifique* realizaram um exame do assunto e concluíram que os resultados experimentais positivos tinham sido o produto quimérico de auto-sugestão. Blondlot finalmente recuou e, provavelmente como resultado do escândalo, gastou o resto de sua vida em relativa obscuridade. (Gough, 1970)

7.2 O PRÊMIO LECONTE

Ao mesmo tempo em que a controvérsia sobre os raios N chegava ao seu ápice, a Academia de Ciências de Paris resolveu conceder a Blondlot um prêmio por seus trabalhos científicos – o Prêmio Leconte.

No verão de 1904 a Academia nomeou um comitê de 11 membros (físicos e químicos) para a atribuição do prêmio Leconte: Mascart, Troost, Darboux, Berthelot, Levy, Becquerel, Bouchard, Moissan, Janssen, Lapparent, Poincaré. Vários nomes foram propostos para o prêmio (incluindo Pierre Curie), mas o escolhido foi Blondlot¹.

No parecer final da comissão Poincaré descreveu as pesquisas de Blondlot sobre eletromagnetismo (especialmente ondas de Hertz) e raios X, comentando:

A sagacidade com a qual o autor escolheu os *experimenta crucis*, a engenhosidade das disposições experimentais que adotou, o tato que lhe permitiu prever e evitar os erros, parecem-nos igualmente dignos de elogios, e o Sr. Blondlot havia assim conseguido lançar alguma luz sobre uma das questões mais importantes da Filosofia natural.

Esses trabalhos notáveis seriam amplamente suficientes para justificar a escolha da Comissão. (Poincaré, 1904, p. 1122)

Ao final do parecer, Poincaré mencionou os trabalhos sobre raios N:

Nos últimos tempos, o Sr. Blondlot estudou curiosas ações que ele atribui a uma nova radiação à qual deu o nome de *raios N*.

Nem todas as propriedades desses novos raios são ainda bem conhecidas e as circunstâncias não permitiram a todos os membros da Comissão adquirir sobre essas questões a convicção que só pode ser dada pela observação pessoal.

No entanto, sem julgar antecipadamente o significado e o alcance dessas novas descobertas, a Comissão não acreditou que devesse adiar mais a recompensa que esse estudioso já merecia há muito tempo. Ela desejou ao mesmo tempo afirmar sua confiança no experimentador e dar-lhe um apoio em meio às dificuldades que podem ser contadas entre as maiores que os físicos jamais encontraram. (Poincaré, 1904, p. 1122)

Mesmo sem constituir um respaldo oficial ao trabalho sobre

¹ O valor do prêmio, 50.000 francos, era 5 vezes superior ao salário anual de Blondlot.

raios N, a atribuição do prêmio Leconte a Blondlot mostrou à comunidade científica que o pesquisador de Nancy devia ser tratado com respeito e dignidade. A notícia do prêmio foi divulgada em dezembro de 1904, exatamente na época em que a campanha negativa da *Revue Scientifique* atingiu seu ponto mais alto.

Há um aspecto significativo do comportamento de Henri Becquerel na comissão do Prêmio Leconte. Inicialmente ele era o relator da comissão, e em seu parecer enfatizou os trabalhos sobre raios N como sendo o principal motivo da atribuição do Prêmio (Piéron, 1907, p. 153). Alguns membros do comitê se sentiram pouco confortáveis com esse relatório, e por isso Henri Poincaré foi encarregado de reescrevê-lo, reduzindo a poucas linhas a menção aos raios N e justificando o prêmio pelo conjunto da obra científica de Blondlot (Nye, 1980, p. 154; Piéron, 1907, p. 153). Essa atitude de Becquerel na comissão do Premio Lecomte é outra evidência de que, no final de 1904, ele ainda defendia publicamente a validade do trabalho de Blondlot sobre os raios N.

7.3 OS ÚLTIMOS TRABALHOS FAVORÁVEIS AOS RAIOS N

Durante o segundo semestre de 1904 ainda foram publicadas na revista inglesa *The Lancet* duas cartas descrevendo experimentos favoráveis aos raios N (Stradling, 1907, pp. 123-124). Na França, em dezembro de 1904, Bordier apresentou experimentos fotográficos que pareciam mostrar o aumento de luminosidade de manchas fosforescentes sob a ação dos raios N (Bordier, 1904). No entanto, imediatamente surgiram críticas. Segundo Piéron, as fotografias foram examinadas por diversos membros da Academia de Ciências e não pareciam conclusivas (Piéron, 1904g, p. 784). Além disso, vários pesquisadores, incluindo o próprio Blondlot, haviam tentado obter efeitos fotográficos com anteparos fosforescentes e não haviam obtido nenhum resultado. O experimento logo foi repetido por dois pesquisadores que também não encontraram nenhum efeito (Charnoz & Perrigot, 1905).

O último artigo publicado por Blondlot na revista *Comptes Rendus*, em agosto de 1905, apresentou novas evidências fotográficas dos raios N (Blondlot, 1905). Realizando uma série de 35 experi-

mentos, 23 das fotografias mostravam diferenças muito fortes entre as duas manchas, e as demais mostravam uma diferença menor, porém observável (e sempre a mancha produzida com a presença dos raios N era mais forte). O pesquisador de Nancy informou também que Jean Becquerel havia realizado experimentos semelhantes, obtendo sempre efeitos favoráveis aos raios N, em mais de 100 fotografias. Becquerel, no entanto, nunca publicou esses resultados (Stradling, 1907, p. 127).

Alguns resultados negativos foram publicados no decorrer de 1905, porém em pequeno número. Aparentemente a grande maioria dos cientistas estava convencida de que os raios N não existiam e que nem valia a pena fazer mais experimentos. Os que acreditavam ainda nos raios N, por outro lado, se retraíram, também publicando poucos trabalhos. O assunto estava praticamente morto.

No dia 15 de janeiro de 1906 apareceram as duas últimas comunicações favoráveis aos raios N apresentadas à Academia de Ciências de Paris. Gutton relatou um novo tipo de experimento fotográfico com faíscas, favorável aos raios N (Gutton, 1906). Na mesma sessão da Academia, o próprio Mascart apresentou a descrição de experimentos de refração de raios N com um prisma de alumínio (Mascart, 1906).

Como foi indicado acima, Mascart era um dos físicos de Paris que havia visitado o laboratório de Nancy e que conseguira ver alguns dos efeitos dos raios N mostrados por Blondlot. Porém, no decorrer da pesquisa de opinião da *Revue Scientifique* ele se retraiu, não querendo se pronunciar sobre o assunto. No entanto, um ano depois ele resolveu pedir a Blondlot que repetisse em sua presença os experimentos de refração de raios N, que tinham suscitado tantas críticas, e Blondlot concordou.

Quatro observadores estavam presentes: Blondlot, Gutton, Virtz e o próprio Mascart. Todos eles observaram mudanças no brilho de uma linha de sulfeto de cálcio, quando ela era deslocada próxima ao prisma de alumínio. Cada um deles separadamente moveu o detector, que era montado sobre um dispositivo que permitia medir sua posição com precisão de décimos de milímetro. Nesses experimentos, um deslocamento de 1 mm correspondia a um ângulo de aproximadamente 4 segundos de arco. Quan-

do o observador notava um aumento de brilho, interrompia o movimento do detector e anotava a sua posição. Os resultados dos quatro observadores foram bastante concordantes, conforme exemplificado nos dados publicados por Mascart (Tabela 4).

Tabela 4 – Posições em que foram observados máximos de luminosidade de um detector fosforescente, em um experimento de refração de raios N, por quatro observadores diferentes (Mascart, 1906).

Blondlot	Gutton	Virtz	Mascart
382,4 mm	Não observou	381 mm	383,4 mm
Não observou	387,2 mm	386,9	387
391,5	393	392	391
398,4	399	398,2	397

Depois, foram feitas novas medidas utilizando um procedimento diferente. Cada observador devia ir deslocando o detector primeiramente em um sentido, e quando notava um aumento de brilho interrompia o movimento. Mascart anotava a posição do detector. Depois de completar uma série de observações, o detector era deslocado mais um pouco no mesmo sentido, e depois o mesmo observador fazia com que ele se movimentasse no sentido oposto, e novamente parava o movimento quando notava um aumento de brilho. As posições em que apareciam os máximos de brilho eram as mesmas, nos dois sentidos, como se pode verificar em uma das tabelas publicadas por Mascart (Tabela 5).

Tabela 5 – Posições em que Blondlot observou máximos de luminosidade de um detector fosforescente, em um experimento de refração de raios N, movimentando o detector para a direita e depois para a esquerda (Mascart, 1906).

387,5	382,3	374	368,2	360,2	358	353,2
386,1	381,2	374,3	368,2	360,2	358,2	353,2

Esses experimentos não produziram grande efeito sobre os céticos. Apontou-se que a concordância entre os diversos observadores não era muito boa, e que no caso de Gutton as posições dos máximos variavam bastante (Stradling, 1907). Foi sugerido que teria ocorrido algum efeito de sugestão: Blondlot teria feito uma primeira série de medidas, e os observadores seguintes teriam

“visto” o aumento de brilho aproximadamente na mesma posição por influência indireta de Blondlot.

Mas como os observadores poderiam se lembrar da posição dos máximos? Turpain sugeriu uma explicação. O detector era montado em um dispositivo movido por uma manivela. As pessoas poderiam se lembrar no número de voltas da manivela, em cada caso, e assim reproduzir aproximadamente as mesmas posições (Stradling, 1907, p. 130).

É difícil aceitar esse tipo de explicação. Se tomarmos as medidas de ida-e-volta de Blondlot (Tab. 5), veremos que os diversos máximos estavam separados aproximadamente pelas seguintes distâncias: 5 mm – 8 mm – 6 mm – 8 mm – 2 mm – 5 mm. Suponhamos que cada volta da manivela correspondesse ao deslocamento de 1 mm. Nesse caso, quando Blondlot fizesse a primeira série de medidas, todos os observadores teriam que ter memorizado essa sequência (5 voltas da manivela, depois 8 voltas...) e teriam que ter reproduzido a mesma sequência, para frente e para trás, inconscientemente. A explicação é pouco plausível.

Nessa época, os que acreditavam nos raios N consideraram que os artigos de Mascart e Gutton eram provas decisivas da existência da radiação, e os que não acreditavam nos raios N consideraram que se tratava apenas de mais dois trabalhos tolos, cheios de erros primários, que nem valia à pena estudar.

O próprio Blondlot não publicou mais nada após o artigo de julho de 1904, pedindo sua aposentadoria aos 61 anos (em 1910) e ficando relativamente afastado da comunidade científica. Mas isso não significou uma admissão de que estava errado. Na verdade, ele continuou durante muitos anos suas pesquisas sobre os raios N, tendo depositado na Academia de Ciências de Paris vários trabalhos lacrados, que ainda não podem ser estudados (Nye, 1980, p. 155). O biógrafo de Robert Wood afirmou que Blondlot enlouqueceu e se suicidou, mas tal afirmação é completamente falsa. Ele viveu até os 81 anos, tendo falecido em 1930, em plena posse de sua razão (Lagemann, 1977).

CAPÍTULO 8

TENTANDO ENTENDER O CASO BLONDLOT

8.1 EXPLICAÇÕES DA FALHA DE BLONDLOT

O juízo científico mais comum, a respeito das pesquisas sobre raios N, é que Blondlot e outros investigadores cometeram erros científicos graves, iludindo-se e vendo coisas que não existiam, por desejarem muito descobrir um novo fenômeno. No entanto, uma análise metodológica cuidadosa mostra que a situação não era tão simples. É necessário estudar tanto os aspectos positivos quanto as lacunas metodológicas do trabalho de Blondlot, e pode-se notar que esse cientista parecia seguir as principais regras metodológicas recomendadas em trabalhos experimentais.

Não há nenhuma regra metodológica que possa garantir que um novo fenômeno de fato existe ou que ele não existe (Martins, 2001). Na prática científica é possível desenvolver trabalhos melhores ou piores, mas nunca perfeitos. Em cada etapa de uma investigação, a metodologia científica pode sugerir novos passos e etapas cuja realização poderia aumentar o valor científico do trabalho, mas não se pode chegar a conclusões finais, totalmente seguras. Por isso, o juízo que se faz usualmente do trabalho de Blondlot é ingênuo, baseado em uma visão anacrônica do episódio e em uma concepção inadequada de metodologia científica.

Alguns dos autores que comentaram sobre o trabalho de Blondlot não possuíam um conhecimento histórico detalhado do episódio e, além disso, tinham uma visão epistemológica simplista. Não se costuma acusar Blondlot de desonestidade (ou seja, não se supõe que ele tenha inventado ou fraudado os resultados que

apresentou), mas afirma-se que ele cometeu erros graves, pois não agia do modo como um bom cientista deve agir.

Haverá uma distinção clara entre os bons e os maus pesquisadores? Isso soa como um tipo de maniqueísmo metodológico. Haverá critérios ou sintomas claros que permitam distinguir uma boa de uma má pesquisa, durante seu desenvolvimento? Alguns autores asseguram que sim.

8.2 MARTIN GARDNER E OS “EXCÊNTRICOS”

Martin Gardner (1957) classificou a investigação dos raios N como um caso de “pseudo-ciência” que é desenvolvida pelos “excêntricos” (“cranks”). Segundo Gardner, um excêntrico é um pesquisador que obedece às seguintes condições:

- É uma pessoa que trabalha isolada de seus colegas.
- A comunidade científica o rejeita.
- Possui tendência paranóica:
 - considera-se um gênio
 - considera os colegas tolos
 - acredita que é perseguido e discriminado injustamente
 - tem forte compulsão por atacar grandes cientistas e teorias bem estabelecidas
 - utiliza um jargão inventado por ele próprio

Portanto, segundo Gardner, os cientistas excêntricos apresentam anomalias psiquiátricas, são anormais. Ele considerava que Blondlot tinha problemas psicológicos e indicou (incorretamente) que posteriormente Blondlot havia sido levado à loucura e à morte (suicídio) quando Wood provou que os raios N não existiam.

Essa seria uma explicação simples e compreensível... se tivesse algum fundamento. Mas não tem. Gardner não fez um estudo cuidadoso dos fatos históricos. Abordou este episódio com uma visão preconcebida e distorceu os fatos. Na verdade, Blondlot não apresentava nenhum dos indícios da lista de Gardner, pois

- Blondlot era uma pessoa que trabalhava com colegas de sua universidade e de outras instituições
- Era respeitado pela comunidade científica

- Não possuía tendência paranóica:
 - não há nenhuma evidência de que ele se considerava um gênio
 - não afirmava que os eram colegas tolos
 - não reclamou ter sido perseguido e discriminado injustamente
 - jamais atacou grandes cientistas e teorias bem estabelecidas
 - não utilizou um jargão inventado por ele próprio

Portanto, a justificativa de Martin Gardner para classificar as pesquisas de Blondlot como um caso de “pseudo-ciência” não tem fundamento.

Outros autores mais recentes procuraram descrever de outra forma o conceito de pseudo-ciência. É impossível examinar todas as caracterizações já oferecidas, mas podemos exemplificar com o livro de Terence Hines, que incluiu entre as pseudo-ciências as crenças na existência de fadas, objetos voadores extra-terrestres não identificados... e os raios N, e apresentou os seguintes critérios para identificar uma proposta pseudo-científica (Hines, 1998, pp. 1-6):

1. Característica principal: o uso de hipóteses que não podem ser refutadas ou falseadas.
2. A pessoa que propõe uma idéia pseudo-científica não desenvolve estudos empíricos cuidadosos nem examina cautelosamente os fatos que emprega.
3. Procurar por mistérios: assinalar fenômenos que aparentemente não são explicados pela ciência, negar explicações simples e propor explicações espetaculares.
4. Empregar mitos ou fábulas em apoio a suas alegações.
5. Não modificar suas teorias frente a novas evidências.

Essas características certamente não descrevem o trabalho de Blondlot. A falta de conhecimento histórico sobre o episódio dos raios N faz com que muitos autores os incluam em uma categoria onde não deveriam ser colocados.

8.3 IRVING LANGMUIR E A “CIÊNCIA PATOLÓGICA”

Outro autor que tentou identificar a origem dos erros de Blondlot foi Irving Langmuir. Segundo ele, a “descoberta” dos raios N é um caso de “ciência patológica” (Langmuir, 1953). O pesquisador que produz esse tipo de “ciência patológica” não é desonesto, embora cometa erros por influência de desejos subjetivos. Isso pode ocorrer, segundo Langmuir, quando uma pessoa pesquisa efeitos que estão no limiar da sensibilidade, pois nesses casos é fácil cometer erros movido por desejos e expectativas.

Segundo esse autor, os indícios que permitiriam identificar a ciência patológica seriam:

- o efeito observado só ocorre com causas muito fracas
- o efeito independe da intensidade da causa
- o efeito é muito difícil de detectar (limiar de detecção)
- é necessário utilizar um grande número de medidas para conseguir notar o efeito
- os resultados que conflitam com as expectativas do pesquisador são rejeitados
- há alegações de ter sido obtida enorme precisão
- são apresentadas teorias fantásticas, contrárias à experiência prévia
- os críticos não são capazes de observar os efeitos descritos
- as críticas são respondidas por desculpas *ad hoc*
- a razão entre defensores e críticos chega a quase 50% e depois cai e se torna desprezível

A maioria desses critérios não se aplica ao caso das pesquisas de Blondlot; e vários deles se aplicam a muitas pesquisas que são atualmente aceitas como corretas.

No caso das pesquisas de Blondlot, podemos afirmar:

- os *efeitos* eram fracos, mas não se pode afirmar que só fossem produzidos por causas muito fracas
- o efeito parecia depender da intensidade da causa (Blondlot indicou vários modos pelos quais podiam ser obtidos efeitos mais fortes)

- *o efeito era, realmente, difícil de detectar (e, no caso do uso de sulfeto de cálcio, estava no limiar de detecção)* – mas, no caso das fotografias, o efeito era muito claro
- não era necessário utilizar um grande número de medidas para conseguir notar o efeito (mas eram realizadas repetições, para aumentar a confiança nos resultados)
- *havia, sim, alegação de ter sido obtida enorme precisão nas medidas dos espectros dos raios N* – mas isso ocorreu somente no caso dessas medidas
- não foram propostas teorias fantásticas, por Blondlot (ele não apresentou nenhuma teoria sobre os raios N)
- *de fato, os críticos não eram capazes de observar os efeitos descritos*
- Blondlot respondia às críticas realizando novos experimentos ou mudando o arranjo experimental; não eram respostas *ad hoc*
- *sob o ponto de vista histórico, realmente houve um momento em que havia um certo equilíbrio entre críticos e defensores e, depois, o número de defensores se tornou desprezível*

Podem ser confirmados quatro dos nove critérios de Langmuir, no caso do trabalho de Blondlot, sendo que em dois casos a concordância é apenas parcial. Note-se, também, que o último critério de Langmuir se aplica a todas as pesquisas que foram rejeitadas, ao longo do tempo, pela comunidade científica. Como, desde o início, já sabíamos que os raios N não são mais aceitos hoje em dia, este não é um critério relevante para compreender o motivo pelo qual Blondlot se equivocou; trata-se apenas de um indício de que havia algo de errado nas suas pesquisas.

A descrição histórica apresentada aqui permite perceber que Blondlot era um pesquisador sério, com uma grande experiência de pesquisa e que procurava seguir uma boa metodologia de trabalho. Não se nota nos seus artigos nenhum erro metodológico evidente.

Pode-se, assim, dizer que a pesquisa de Blondlot não corresponde à descrição que Langmuir faz da “ciência patológica” e que esse tipo de análise não nos permite compreender que tipo de erro foi cometido por Blondlot em suas pesquisas.

8.4 MARY JO NYE E OS FATORES SOCIAIS

Em um estudo histórico relativamente recente, Mary Jo Nye descreveu o episódio dos raios N e ofereceu uma explicação essencialmente sociológica para as falhas de Blondlot (Nye, 1980).

Podemos resumir a análise dessa autora da seguinte forma. Primeiramente, a situação da ciência no início do século XX propiciou a abertura a novas idéias porque uma série de novas descobertas abalou os alicerces da antiga ciência. Isso permitiu que os cientistas se dedicassem à investigação de fenômenos “estranhos” sem que se percebesse qualquer problema nessas pesquisas. Isso explicaria como Blondlot foi conduzido à idéia de que estava diante de um fenômeno novo, sem que tal idéia suscitasse uma reação negativa imediata dele próprio ou de seus colegas.

Em seguida, teriam entrado em jogo diversos fatores sociais. Por um lado, o orgulho nacional (francês) de descobrir mais um tipo de radiação (depois da descoberta da radioatividade). Em segundo lugar, o regionalismo (Nancy contra Paris) que teria levado os colegas de Blondlot a se posicionarem totalmente a seu favor, dedicando-se a reforçar sua descoberta com novas pesquisas. A competição científica e a ambição dos envolvidos teria sido um fator adicional. Por fim, Nye aponta que alguns dos defensores dos raios N tinham crenças espiritualistas e que esperavam encontrar através da nova radiação alguma evidência favorável a suas crenças. Esse conjunto de fatores sociais teria enfraquecido o rigor metodológico e levado a uma série de erros científicos.

Pode-se aceitar a maior parte das afirmações de Mary Jo Nye, que se dedicou realmente ao estudo histórico desse episódio e que estava bastante bem informada sobre os fatos. É plausível que todos esses fatores tenham estado em jogo, com influência maior ou menor. Há, no entanto, dois problemas na sua interpretação.

O primeiro problema é que não fica claro que a situação descrita por Nye deva levar, necessariamente (ou de forma muito provável) a erros metodológicos. Afinal de contas, todos esses fatores contextuais estavam também presentes no caso da pesquisa dos Curie sobre radioatividade: situação de ciência revolucionária, orgulho nacional, competição regional (dentro da França), ambição (Marie Curie era *extremamente* ambiciosa), crenças espiri-

tualistas (Pierre Curie se envolveu com o espiritualismo). É verdade que os Curie viviam em Paris (e não em Nancy), mas não pertenciam à Sorbonne nem à Academia de Ciências. Assim, a sua situação não era muito diferente da de Blondlot. No entanto, não se pode afirmar que essa situação tenha conduzido os Curie a erros científicos.

O segundo problema é que Nye não indicou quais as falhas metodológicas ocorridas no trabalho de Blondlot. Assim, ela não solucionou os principais problemas historiográficos do episódio.

8.5 AS ANÁLISES DE ROBERT LAGEMANN E GEORGE STRADLING

Outro autor relativamente recente que estudou de forma bastante detalhada o episódio dos raios N foi Robert Lagemann (1977). Ele listou uma série de fatores que podem ter levado Blondlot a cometer erros.

No caso dos experimentos envolvendo observação visual de faíscas e outras fontes luminosas fracas e variáveis, a dificuldade de observação pode ter levado a resultados espúrios, guiados pela expectativa dos observadores.

Isso não se aplica, é claro, aos experimentos que proporcionaram evidências fotográficas. Nesse caso, Lagemann supõe que o tempo de exposição e revelação não foi bem controlado e sugere que poderia ter ocorrido uma fraude realizada pelo auxiliar de laboratório de Blondlot: sem conhecimento do cientista, esse auxiliar poderia ter produzido os efeitos que seu chefe queria observar, para satisfazê-lo.

Em certos casos, poderiam ter ocorrido efeitos psicológicos, como sugestão (e até hipnose). Lagemann aponta também fatores motivacionais, como o orgulho nacionalista e a busca de prestígio. Ele indica ainda problemas metodológicos: os observadores não realizaram experimentos controlados – não aplicaram o método de diferença e o método de concordância.

Vários dos fatores apontados por Lagemann já haviam sido indicados (de forma mais detalhada), 70 anos antes, por George Stradling (1907). Este autor procurou listar e discutir todas as ex-

plicações que haviam sido propostas e que poderiam ser assim resumidas:

- fraude intencional
 - pelo próprio Blondlot – ninguém sugeriu tal possibilidade
 - por alguém que enganou Blondlot (seu técnico de laboratório)
- fatores físicos (erro de interpretação)
 - efeitos devidos à radiação térmica (não teria sido evitada sempre)
 - variação da fosforescência por outros motivos
- fatores fisiológicos
 - cansaço dos olhos
 - mudança de posição da imagem na retina
 - acomodação dos olhos
 - outros efeitos visuais
- fatores psicológicos
 - associação
 - sensações geradas pela expectativa
 - sugestão e auto-sugestão
 - efeito hipnótico
 - movimentos inconscientes produziam efeitos

Pode ser que muitos desses fatores estivessem realmente presentes e tivessem influenciado os experimentos realizados com fontes de luz fracas e indistintas. No entanto, no caso dos experimentos fotográficos, a única possível explicação seria a de uma fraude. Tanto Lagemann quanto Stradling sugerem que o auxiliar de Blondlot poderia ter enganado o cientista, de modo intencional. Vamos examinar a seguir essa hipótese.

8.6 O TÉCNICO DE LABORATÓRIO DE BLONDLOT

Lagemann foi o autor que estudou mais detalhadamente a hipótese de que Blondlot foi enganado por seu auxiliar de laboratório (Lagemann, 1977).

A motivação do auxiliar (chamado Lucien Vartz) teria sido financeira. Sabe-se que, antes do período das pesquisas sobre os

raios N, Blondlot havia generosamente partilhado com seu técnico um grande prêmio em dinheiro que havia recebido por suas pesquisas. O técnico poderia ter ficado impaciente por obter novos resultados científicos importantes, já que isso poderia conduzi-los a novos prêmios. Talvez Blondlot confiasse tanto em seu técnico que este teria a possibilidade de fazer as manipulações e medidas mais importantes e assim não teria dificuldades em alterar os resultados mais relevantes. A cupidez do assistente, juntamente com efeitos de sugestão e a autoridade de Blondlot, teriam produzido tudo. Essa foi a conclusão de Lagemann.

Tal interpretação não é aceitável, pois tem vários problemas graves. O técnico precisaria ter um grande conhecimento científico, de tal modo a conseguir enganar o seu chefe, pois era Blondlot quem fazia os cálculos e comprovava a coerência das medidas. Além disso, sabemos que várias observações e medidas foram feitas pelo próprio Blondlot e por outros cientistas – muitas vezes em locais distantes, fora do campo de ação desse auxiliar. Certamente ele não poderia ter fraudado os experimentos realizados em Paris, por exemplo.

Note-se que Blondlot nunca culpou seu técnico pelos resultados obtidos, e teria sido muito fácil e conveniente, para ele, encontrar um bode expiatório (uma pessoa para culpar por seus erros) depois da crítica de Wood.

Pode ser que o técnico tenha modificado alguns resultados, mas isso não pode explicar tudo. Em particular, os experimentos fotográficos finais de Blondlot, nos quais havia um controle mecânico de tempo, não poderiam ter sido fraudados de modo nenhum.

CAPÍTULO 9

O QUE PODE SER CONCLUÍDO?

Diante dessa descrição histórica, o leitor pode ficar confuso e angustiado, desejando uma conclusão clara. Afinal, o que estava acontecendo? Existiam ou não os raios N? Por que motivo algumas pessoas diziam estar observando os efeitos desses raios, e outras não os observavam?

A interpretação mais aceita da história é a de que os raios N não existem; portanto Blondlot e todos os outros que “viram” os efeitos dessa radiação estavam errados e os que não observam nenhum efeito estavam corretos. Não se costuma acusar Blondlot e os outros defensores dos raios N de mentirem. Supõe-se que eles se enganaram por estarem fazendo observações muito difíceis (no limiar de sensibilidade do olho humano) de fenômenos muito delicados (variação muito pequena de luminosidade, em condições de difícil controle), e por isso teriam sido vítimas de ilusões sensoriais e de sugestão. Essa foi a interpretação de Wood, Piéron e muitos outros, na época em que ocorreu esse episódio, e os físicos e historiadores atuais a admitem como verdadeira. Stradling comentou sobre o efeito da expectativa pessoal sobre a pesquisa com raios N:

Folhear a literatura sobre raios N leva a pensar que os investigadores geralmente têm a satisfação de encontrar aquilo que esperavam encontrar. (Stradling, 1907, p. 186)

Talvez Blondlot, Charpentier, Becquerel e outros estivessem apenas vendo o que queriam ver. *Não há dúvidas*, no entanto, de que, ao olhar para o episódio histórico dos raios N, os físicos e

historiadores apenas costumam ver o que querem ver. Adotando a visão simplista descrita no parágrafo acima, todos lêem os trabalhos de Blondlot e seus companheiros com um preconceito inabalável, que apenas lhes permite ver os aspectos negativos dos defensores dos raios N e os aspectos positivos dos que atacavam os raios N.

Porém, todos esses autores assumiram uma visão ingênua sobre a natureza da ciência. A comunidade científica não pode ser dividida de um modo simplista em dois times: bons cientistas *versus* maus cientistas. A realidade histórica é muito menos maniqueísta. Os defensores dos raios N não estavam sempre errados, e os críticos da nova radiação não estavam sempre certos.

A situação era extremamente complexa, como este estudo procurou mostrar. Alguns experimentos de Blondlot teimavam em dar certo, e a incapacidade de outros pesquisadores em repetir os testes fotográficos não é uma evidência de que Blondlot estava errado, pois aparentemente as tentativas de reprodução não utilizaram faíscas minúsculas e fracas, no limiar de ruptura do isolamento dielétrico do ar, como Blondlot fazia e recomendava.

Pode-se dizer que havia certa evidência objetiva para a existência dos raios N e o próprio Henri Poincaré ressaltou que essa evidência era muito importante. Por outro lado, havia efeitos descritos por Blondlot e outros pesquisadores que poderiam dever-se a erros de observação.

Portanto, os fatos disponíveis geram um impasse. Na época, era impossível chegar a qualquer conclusão. No entanto, movidos pelo desejo de chegar imediatamente a resultados definitivos, os pesquisadores acreditaram que dispunham de evidências suficientes para decidir. Alguns deles concluíram que os raios N existiam, outros concluíram que não existiam.

Um cientista bem informado e “neutro”, em meados de 1904, adotaria a seguinte opinião, expressa por muitas pessoas que foram consultadas pela *Revue Scientifique* (incluindo Poincaré): uma parte das alegações de alguns dos pesquisadores de raios N (Charpentier, Becquerel, etc.) era difícil de aceitar; mas as pesquisas de Blondlot pareciam cuidadosas e bem feitas. Não era possível concluir nada – era necessário suspender o julgamento, aguardando

mais informações. Diante de resultados contrários obtidos por outros pesquisadores, seria importante realizar experimentos mais cuidadosos, contando com a colaboração tanto de Blondlot quanto de outros cientistas. No entanto, a carta de Wood à revista *Nature* e a campanha da *Revue Scientifique* criaram um clima de conflito que abortou tal tipo de colaboração. Portanto, a atitude de Piéron não serviu para solucionar a questão e sim para estabelecer uma polarização emocional que impediu a solução racional do problema, através de experimentos.

Sob o ponto de vista científico, *não sabemos* na verdade o que estava acontecendo. Os testes fotográficos de Blondlot pareciam indicar que *existia alguma coisa* objetiva, que merecia ser estudada cuidadosamente e com um espírito desapassionado. Os experimentos que utilizavam anteparos fosforescentes e objetos fracamente iluminados estavam sujeitos a muitas influências, mas teria havido *apenas* sugestão e “contágio” da visão dos raios N? Talvez sim, talvez não.

Uma das conclusões deste estudo é que é muito difícil concluir qualquer coisa sobre a existência ou inexistência dos raios N. Esse tipo de conclusão (ou falta de conclusão) parecerá inaceitável a muitos leitores, que exigem uma resposta simples, por serem incapazes de lidar com situações ambivalentes. Lembremo-nos, no entanto, que desejar chegar rapidamente a uma conclusão definitiva é uma falha metodológica grave.

Sob um outro aspecto, o presente estudo permite tirar certas conclusões, de natureza sociológica. A descrição aqui apresentada permite notar as grandes forças sociais em jogo no episódio dos raios N. A estratégia utilizada por Henri Piéron submeteu os cientistas franceses a uma enorme pressão pública, que certamente não ajudou a promover pesquisas neutras sobre o assunto. Mascart, por exemplo, havia presenciado experimentos de Blondlot, havia comprovado os efeitos descritos, mas sob o efeito da pesquisa de opinião se retraiu e não quis manifestar sua posição. Um ano depois, adquiriu novamente coragem para publicar observações favoráveis aos raios N.

Havia também pressões sociais de outro tipo atuando. Praticamente todos os cientistas consultados pela *Revue Scientifique*

apontavam que as pesquisas de Blondlot eram de um nível muito superior às dos outros pesquisadores favoráveis aos raios N. Embora não tenha sido possível descrevê-los detalhadamente aqui, muitos trabalhos de Charpentier e de alguns outros pesquisadores eram simplesmente ridículos. Considerando a base científica de Blondlot e os cuidados que ele tomava em suas próprias pesquisas, é bastante provável que ele percebesse os pontos fracos desses outros investigadores. No entanto, ele nunca criticou publicamente esses trabalhos. Por que? Porque ele precisava de aliados. Infelizmente, seus aliados foram o início de sua ruína, como mostrado na presente pesquisa. Teria sido melhor, para ele, ficar só do que mal acompanhado? Talvez, em um mundo ideal. Mas no universo científico humano, os pesquisadores precisam de aliados.

Outra conclusão que podemos tirar se refere aos historiadores da ciência que estudaram o episódio dos raios N. A história correta nunca foi contada. Uma análise detalhada dos trabalhos da época conflita com todas as interpretações simplistas e leva a uma enorme dificuldade de compreensão do que estava acontecendo.

Os cientistas que tentam chegar a conclusões ou interpretações definidas em situações confusas costumam cometer erros. É também arriscado tentar proporcionar explicações meta-científicas em situações históricas confusas.

Sob o ponto de vista do nível de discurso científico, podemos dizer que, neste episódio, os fatos (os fenômenos observados) não permitiam que os cientistas chegassem a nenhuma conclusão mas, motivados por um forte desejo de encontrar resultados, os cientistas acreditaram que tinham evidências suficientes para chegar a uma conclusão.

Sob o ponto de vista do nível de discurso meta-científico, podemos dizer que, neste episódio, os fatos (os dados históricos) não permitiam que os historiadores chegassem a nenhuma conclusão mas, motivados por um forte desejo de encontrar resultados, os historiadores acreditaram que tinham evidências suficientes para chegar a uma conclusão.

Quando a própria situação histórica é confusa, pode ser impossível dar uma boa interpretação do que aconteceu. No entanto, se uma pessoa *precisa* dar uma conclusão, ela pode “cozinhar” a

história. Um historiador ou filósofo com interpretação preconcebida pode deformar sua descrição histórica, de modo a exibir o episódio de forma tendenciosa, ocultando fatos históricos que conflitam com sua interpretação, dando valor exagerado a outros que concordam com sua interpretação.

Historiadores e filósofos da ciência não devem ser arrogantes ao ponto de supor que sabem tudo e são capazes de esclarecer tudo, pois isso pode levá-los a distorcer a realidade histórica. Trata-se de um tipo de “wishful thinking”, que pode produzir erros graves no trabalho meta-científico.

É muito doloroso, tanto para um cientista quanto para aquele que se dedica a estudos meta-científicos, confessar que está diante de uma situação que não compreende. As certezas são mais confortáveis do que as dúvidas, para todo ser humano. No entanto, as “certezas” mesquinhas raramente são úteis, porque podem nos afastar da verdade e da realidade.

Eu gostaria de poder aceitar alguma das interpretações meta-científicas que já foram propostas para explicar o episódio dos raios N, ou sugerir uma nova interpretação aceitável. No entanto, depois de um estudo cuidadoso da história deste episódio, isso não me parece possível.

Em situações como esta, a melhor regra é suspender o julgamento e continuar a pesquisar. Em minha opinião, isso é o que os cientistas deviam ter feito em 1905. Da mesma forma, em minha opinião, isso é o que os historiadores e filósofos da ciência deveriam fazer, atualmente.

Não é possível esgotar, neste livro, a análise deste importante episódio histórico. No entanto, apresentando uma versão um pouco mais cuidadosa dos acontecimentos, o presente estudo pode servir como ponto de partida para uma revisão da história e das lições que podem ser tiradas do estudo dos raios N.

OS “RAIOS N” DE RENÉ BLONDLOT: UMA ANOMALIA NA HISTÓRIA DA FÍSICA

Segunda Parte: Documentos

DOCUMENTOS – INTRODUÇÃO

Apresentamos a seguir a tradução para o português de alguns documentos históricos importantes relativos aos raios N. A maior parte deles consiste em artigos publicados por René Prosper Blondlot, bem como cartas escritas por Blondlot a Henri Poincaré na mesma época. Há também alguns outros documentos de outros autores, como o famoso artigo crítico de Robert Wood, e o artigo final de Mascart a favor dos experimentos de Blondlot. Todas as traduções foram feitas por Roberto de Andrade Martins, a partir dos textos originais.

Ao longo das traduções dos artigos, a mudança de página (do original) está indicada entre colchetes. Assim, uma indicação como [p. 124] significa que neste ponto, na obra original, está começando o texto publicado na página 124. As notas de rodapé do original estão indicadas através de números colocados entre parênteses, como por exemplo ⁽¹⁾. Todas as outras notas, que utilizam numeração comum (como ¹ por exemplo), foram adicionadas pelo tradutor.

Os documentos estão colocados em ordem cronológica, por isso as cartas de Blondlot a Poincaré estão intercaladas entre os seus artigos.

As cartas de Blondlot aqui apresentadas pertencem a uma coleção particular, existente na França. Tais documentos foram publicados sob forma eletrônica, como parte de um projeto relativo à correspondência de Henri Poincaré, por um grupo de pesquisadores da *Université Henri Poincaré*, da cidade de Nancy:

- *La Correspondance d'Henri Poincaré*, édition électronique, sous la direction des *Archives Henri Poincaré*. Disponível na Internet, em <<http://www.univ-nancy2.fr/ACERHP>>. Acessado no dia 06 de março de 2003.

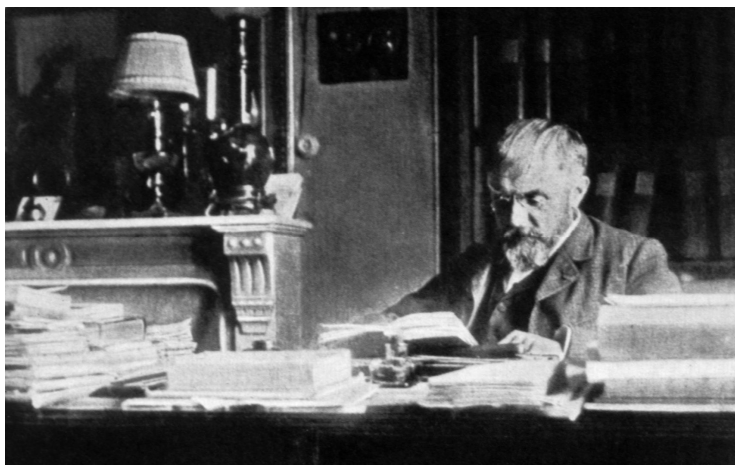


Figura 18 – Henri Poincaré (1854-1912), em seu escritório.

Não são conhecidas as respostas de Henri Poincaré às cartas de Blondlot aqui traduzidas. Pode ser que venham ainda a ser localizadas, futuramente. No entanto, pelo teor das cartas de Blondlot, pode-se notar que a relação entre ambos era amigável e que Poincaré fazia comentários e sugestões a respeito dos experimentos do físico de Nancy.

Recentemente a parte da correspondência de Poincaré que inclui as cartas de Blondlot foi publicada sob forma de livro:

- WALTER, Scott; BOLMONT, Étienne & CORET, André (eds.). *La correspondance entre Henri Poincaré et les physiciens, chimistes et ingénieurs*. Basel: Birkhäuser, 2007.

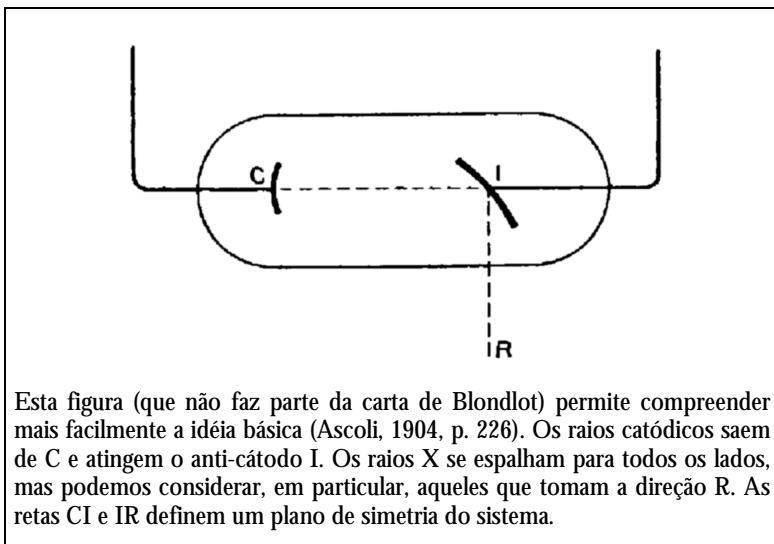
Sou muito grato aos *Archives Henri Poincaré* e, especialmente, aos professores Gerhard Heinzmann (Diretor dos *Archives Henri Poincaré*) e Scott Walter (responsável pelo projeto da *Correspondance d'Henri Poincaré*) pela autorização para publicar esta tradução das cartas e pelo gentil fornecimento de imagens de alta resolução dos desenhos de Blondlot, para o presente livro. Copyright © 2007 *Archives Henri Poincaré* (CNRS).

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 7 de janeiro de 1903

Meu caro amigo,

Escrevo-vos às pressas para vos comunicar experiências que acabo de fazer e que, não posso duvidar disso, provam a polarização dos raios X. Em vez de tentar, como se fez em vão, polarizar os raios X emitidos por um tubo, eu me perguntei se eles não seriam já totalmente polarizados em sua emissão. O tipo de simetria do aparelho que os produz permite essa conjetura, pois se considerarmos um raio X e o raio catódico que lhe deu origem, esses dois raios determinam um plano¹. Portanto, nenhuma razão geométrica impede perguntar-se se o raio X não seria polarizado paralelamente ou perpendicularmente a esse plano.



Esta figura (que não faz parte da carta de Blondlot) permite compreender mais facilmente a idéia básica (Ascoli, 1904, p. 226). Os raios catódicos saem de C e atingem o anti-cátodo I. Os raios X se espalham para todos os lados, mas podemos considerar, em particular, aqueles que tomam a direção R. As retas CI e IR definem um plano de simetria do sistema.

¹ Blondlot estava imaginando um raio X que sai do tubo de raios catódicos em qualquer direção (exceto a dos próprios raios catódicos), definindo uma reta; e o feixe de raios catódicos, que definiria uma outra direção. As duas determinam um plano. Para cada direção em que o raio X fosse observado, deveríamos considerar um plano de simetria diferente.

De plus, on est sûr que l'effet
absolu, absolument constant
et facile à observer.

Si au contraire l'effet est
normal, l'action est absolu-
ment nulle, et le verre ne
change rien.

Le fait est que l'effet est
normal, qui n'est pas constant.
L'observation a pu être faite
et on a vu que le rayon X
qui permet de faire passer la
lumière et la partie parallèle
à la partie normale; on voit
alors l'effet d'interférence
quant on donne l'orientation de la

4

Nancy 7 Janvier 1903.

Mon cher ami,

Je vous envoie à la hâte pour vous
faire part d'expériences que j'ai
faites, et qui, j'en suis sûr, vous
présenteront la polarisation des rayons X.

Ainsi, et comme on le
fait au cas, à polariser les rayons X
par un tube, j'en suis sûr, et
l'effet ne dépend pas de la
polarisation de la lumière.

De plus, la symétrie de l'appareil
qui le produit permet cette conclusion
car si on change de rayon X
et le rayon cathodique qui lui

1

donne naissance, à deux rayons
interférentiels au plan. De plus,
comme nous l'avons vu à l'effet
de la lumière et le rayon X ne
sont pas polarisés parallèlement
ou normalement à ce plan.

Mais, le phénomène de polarisation
comme la reconnaissance ? De
quel analyser le verre ?

La loi de l'action normale
des rayons sur une petite étendue
l'effet est à l'effet, même en
un et la même et la direction
normale à l'effet, même en
un et la même et la direction
normale à l'effet, même en
un et la même et la direction
normale à l'effet, même en

2

D'après cela, l'effet est normal.
Il est plus ou moins parfait
selon que l'effet est parallèle
ou normal au plan normal pour
le rayon X et le rayon cathodique.

C'est ce que j'ai vu à Nancy, j'ai
trouvé une petite étendue à
l'effet d'un tube fermé et
différent la longueur de
l'effet, même en parallèle
à la longueur du tube et
parfaitement normale à cette
longueur. Dans le cas où l'effet
est parallèle, il y a action,
car si la lumière est une lumière
de verre, l'effet d'interférence

3

longitudinal de ^{rayon} ~~rayon~~ cathode ~~pro~~
 d'incandescence, on peut dire que dans le plan
 des deux rayons.
 Or l'expérience ultérieure montre que ce
 plan n'est pas parallèle à la direction
 principale de l'incandescence. Donc la direction
 est le rayon et transversal qui passe, et
 d'après l'expérience, il y a dans la direction
 principale. Donc l'hypothèse de l'incandescence
 est d'accord avec l'observation.
 Je vous prie, mon cher ami, de
 vouloir bien examiner tout ce qui est
 sur moi à ce que vous en pensez.
 En attendant à vous
 R. Blondel

100

DE MANOY

DES SCIENCES

FACULTÉ

ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR

8

5
 première position à la lèvre et à l'incandescence.
 L'expérience est absolument pro
 -posée, même pour les lèvre.
 [Le phénomène ne change pas quand
 on fait tourner le tube autour de la
 longueur, jusqu'à ce que l'incandescence
 se présente par la tranche, à qui
 montre par l'incandescence de cette incandescence.
 l'incandescence n'est pas visible dans le phénomène,
 et que le plan qui le détermine est bien
 celui du rayon X et du rayon cathode.]
 Pour prouver la pro
 direction, j'explique
 l'incandescence et la
 plan de l'incandescence
 obtenue par le dispositif ci-dessus.
 L'incandescence est à environ 21 centimètres
 de tube, et j'en ai obtenu qu'il y a

5

par l'incandescence des lèvre et de l'incandescence.
 Autre chose:
 Je me suis demandé alors si la direction
 de la lumière ultérieure pro action
 de l'incandescence ou d'incandescence par
 la position de la plan de l'incandescence
 pour l'observation de la longueur de l'incandescence.
 J'ai alors remplacé le tube par un
 excipiente ou tube d'incandescence,
 en incandescence ou d'incandescence cette
 lèvre et l'incandescence. J'ai constaté,
 avec un retard absolu qu'il y a
 un phénomène de l'incandescence par la
 lumière quand la direction principale
 de l'incandescence est parallèle à l'incandescence
 direction, et aucun effet quand la direction

6

principale est normale à cette direction.
 Dans le premier cas, l'incandescence
 de la lèvre diminue l'incandescence, dans
 la lèvre cas, elle est sans effet.
 Ainsi, la lèvre direction est un
 résultat pour la lèvre direction polarisée.
 Il me semble que, d'après cela,
 l'observation de la lèvre direction de la
 nature de l'incandescence X.
 Il me semble aussi que cela peut
 servir pour la lèvre direction:
 l'observation de la lèvre direction polarisée
 est elle parallèle ou normale
 au plan de l'incandescence?
 En effet, le mouvement de la
 rayon X, permettant de constater

7

Mas, supondo essa polarização, como reconhecê-la? De qual analisador se servir?

Pensei na ação dos raios reforçando uma pequena faísca. A faísca é, ela própria, um eixo de simetria, e as direções normais a ela poderiam ter propriedades² diferentes das do eixo.

De acordo com isso, a faísca não poderia ser reforçada mais ou menos conforme ela seja paralela ou perpendicular ao plano traçado pelo raio X e pelo raio catódico? Foi isso o que eu tentei: submeti uma pequena faísca à ação de um tubo de foco dispondo o comprimento da faísca ora paralelamente ao comprimento do tubo, ora perpendicularmente a esse comprimento. No caso em que a faísca está paralela, há uma ação, pois se interpomos uma lâmina de vidro, a faísca diminui de brilho. O fenômeno é de *uma nitidez absoluta, absolutamente constante e fácil de observar*.³

Se, pelo contrário, a faísca é perpendicular, a ação é *absolutamente nula*, e o vidro *não muda nada*.

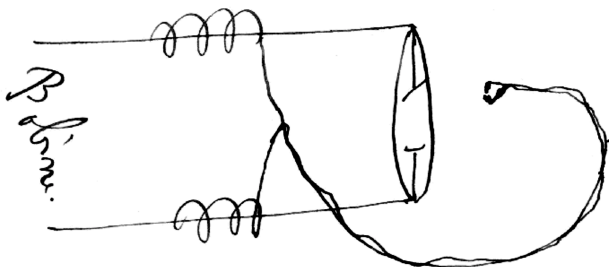
Fiz ainda a seguinte experiência, que é uma variante: o pequeno excitador onde brota a centelha é montado sobre um tipo de suporte [*bonnette*] que permite passar instantaneamente da posição paralela à posição perpendicular; vê-se então a faísca diminuir de brilho quando o excitador é girado da primeira posição para a segunda, e inversamente. A experiência é *absolutamente notável*, mesmo para os leigos. (O fenômeno não muda quando se faz girar o tubo em torno de seu *comprimento*, até que o anticátodo se apresente virado pela borda, o que mostra que a orientação desse anticátodo não influi em nada no fenômeno, e que o plano que o determina é realmente o do raio X e do raio catódico.)

Para produzir a pequena faísca, utilizo simplesmente a influência eletrostática obtida por este dispositivo [figura seguinte]. A faísca fica a cerca de 21 cm do tubo, e assegurei-me de que não há influência direta sensível sobre ela⁴.

² O texto original tem aqui a palavra “directions”, mas pelo contexto vê-se que Blondlot queria indicar propriedades e não direções.

³ Colocamos em *itálico* as partes da carta que foram sublinhadas por Blondlot.

⁴ Como se nota neste desenho (e também no que foi publicado no artigo em que Blondlot descreveu esses experimentos), a faísca era produzida entre



Outra coisa:

Eu me perguntei então se, tomando *luz ultravioleta*, sua ação sobre a faísca não dependeria da posição de seu plano de polarização em relação ao comprimento da faísca. Substituí então o tubo por um excitador com bolas de alumínio, interpondo um Foucault⁵ entre essa fonte e a faísca. Constatei, com uma nitidez absoluta, que há reforço da faísca pela luz quando a seção principal do Foucault é paralela à faísca receptora, e nenhum efeito quando a seção principal é normal a essa faísca: no primeiro caso, a interposição de um vidro diminui o brilho⁶, no segundo, ela não tem efeito. Assim, a pequena faísca é um reativo para as vibrações polarizadas. Parece-me que, a partir disso, não podem restar dúvidas sobre a natureza dos raios X.

Parece-me também que isso lança uma luz sobre a célebre questão: a vibração da luz polarizada é paralela ou normal ao plano de polarização?

De fato, o movimento sobre o raio X, proveniente do movimento longitudinal do raio catódico gerador, não pode estar senão no plano desses dois raios.

Ora, a ação sobre a faísca mostra que esse plano deve ser comparado à seção principal do Foucault. No Foucault, é o raio

duas pontas de um fio e, portanto, não possuía qualquer regulação mais sofisticada. Posteriormente, o aparelho se tornou muito mais complexo.

⁵ Trata-se do polarizador de Foucault, que era constituído por dois prismas de calcita acoplados e que produzia polarização total da luz que o atravessava. Como a calcita é transparente à radiação ultravioleta, esse dispositivo era adequado para o experimento de Blondlot.

⁶ O vidro não deixa passar a radiação ultravioleta.

extraordinário que passa, e, de acordo com Fresnel, ele vibra na seção principal. Portanto a hipótese de Fresnel está de acordo com a observação.

Peço-vos, meu caro amigo, que concordeis em examinar tudo isso e me dizer aquilo que pensais.

Fielmente vosso,

A handwritten signature in cursive script, reading 'R. Blondlot', with a decorative flourish at the end.

R. Blondlot

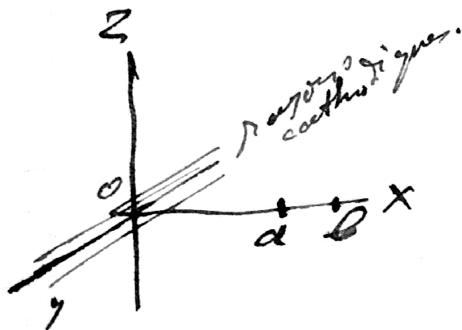
Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 16 de janeiro de 1903

Meu caro amigo,

Os resultados que eu vos anunciei relativos à polarização dos raios X foram confirmados sob todos os aspectos pela repetição das experiências.

Procurei então, como vós me sugeristes, se existe ação quando a pequena faísca está orientada paralelamente aos raios X, e encontrei que tal ação não existe.

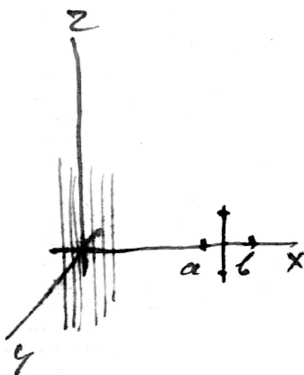


O tubo estando disposto horizontalmente segundo Oy, os raios catódicos orientados consequentemente segundo Oy, e a faísca estando colocada em ab segundo o eixo dos x, a ação é nula⁷; se fazemos girar ab no plano xOz em torno de um eixo paralelo a Oy, de modo a torná-la paralela a Oz, a ação permanece nula nessa rotação: o brilho é fraco e invariante.

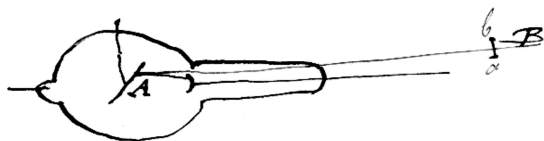
Agora coloquemos o tubo de modo que o anticátodo estando na origem, o raio catódico seja orientado paralelamente ao eixo Oz. A faísca ab estando inicialmente dirigida segundo o eixo dos z, não temos ação, mas se tornamos essa faísca vertical, a ação

⁷ A descrição de Blondlot indica que o anticátodo deve ser considerado como estando na origem O. Os raios X, saindo do anticátodo, passariam entre os eletrodos paralelamente à faísca elétrica.

aumenta durante essa rotação e a faísca se torna máxima quando está paralela a Oz ou aos raios catódicos.



A fim de realizar essas experiências, é necessário alterar um pouco a orientação da faísca no caso em que ela deveria coincidir com os raios X, pois, sem isso, os raios não poderiam atingir a separação por causa da sombra de uma das pontas [entre as quais ela salta]. Essa pequena alteração na orientação não teria sido senão favorável à produção de um efeito; apesar disso, não há nenhum. A vibração é, portanto, realmente transversal; a polarização parece além disso ser completa, pois a ação é nula quando a faísca está perpendicular aos raios catódicos: a interposição de um [anteparo de] chumbo não diminui em nada a faísca. Eis uma outra experiência: um raio X e o raio catódico que o gera não determinam um plano senão quando são distintos um do outro. Ora, há raios X cuja direção é a mesma, ou aproximadamente, daquela dos raios catódicos geradores: são aqueles que voltam do anticátodo para o cátodo.



Existem aqueles que, como AB, saem do tubo beirando o cátodo e que quase coincidem em direção com os raios catódicos geradores. Deve-se, portanto, esperar encontrá-los não polarizados ou muito pouco polarizados.

De fato, reconheci que eles não são polarizados; eles agem sempre sobre a faísca, mas fracamente e essa ação não depende do azimute da faísca em relação ao raio AB.

Enfim, estudei os raios S; o aparelho já estava preparado quando recebi vossa carta⁸.

Os raios S são totalmente polarizados, e seu plano de atividade é o plano que passa pelos raios X geradores e pelos raios S. A lei é a mesma que para os raios X. Ela é contínua, sem dúvida, para os raios T, e assim por diante⁹. É isso o que quero testar a partir de amanhã. O plano de atividade dos raios S é sempre o do raio S e do raio gerador, qualquer que for o azimute da polarização dos raios X: ele permanece o mesmo se fazemos o tubo girar em torno do raio X incidente.

Quanto à ação da luz ultravioleta polarizada sobre a faísca, sou obrigado a fazer todas as reservas¹⁰. As experiências se tornam difíceis e até mesmo inseguras pela presença da própria luz; não se consegue livrar-se dela a não ser imperfeitamente, observando a pequena faísca com um Nicol¹¹ que extingue esses raios para o olho.

⁸ Os “raios S” eram radiações secundárias emitidas pelos raios X, quando estes atingem uma placa metálica (especialmente de metais de grande peso atômico). Pela frase de Blondlot, parece que Poincaré sugeriu que eles fossem testados.

⁹ Os “raios T”, ou terciários, eram os produzidos pelos raios S quando atingiam uma placa metálica.

¹⁰ Este experimento com radiação ultravioleta é interessante, por mostrar que Blondlot era um pesquisador cuidadoso. Ele *esperava* encontrar o mesmo efeito de polarização dos raios ultravioleta sobre a faísca elétrica, mas não conseguiu observá-lo. Portanto, há casos em que ele não conseguiu confirmar o que esperava observar.

¹¹ O polarizador de Nicol é semelhante ao de Foucault, mas os dois prismas de calcita eram unidos por bálsamo do Canadá, que absorve os raios ultravioletas. Portanto, a radiação incidente era eliminada, e era possível observar apenas as faíscas.

Essas experiências devem ser refeitas. Eu me dedicarei imediatamente. Somente estou no momento sofrendo e cansado, e estou longe de poder trabalhar como gostaria e como seria necessário para levar a bom termo os estudos desses fenômenos curiosos.

Cordialmente vosso,

R. Blondlot

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 16 de janeiro de 1903

Meu caro amigo,

Permita dirigir-lhe as minhas cordiais felicitações por vossa promoção na Legião de Honra, que eu não conhecia ontem.

Vós não sois daqueles – existem alguns – a quem essas distinções adicionem alguma coisa, mas o público mede as coisas e as pessoas com as unidades que estão ao seu alcance, e o homem mais sábio não pode ser indiferente àquilo que contribui para lhe assegurar aos olhos dos incompetentes a posição que ele deve ocupar.

Verifiquei que o plano de atividade dos raios S é realmente *em todos os casos* aquele do raio S e do raio X gerador. Isso é verdade qualquer que seja a orientação da placa de zinco que produz a transformação¹²; as experiências são muito fáceis e muito precisas.

Nesta tarde, acabo de constatar que o quartzo faz girar o plano de polarização dos raios X no mesmo sentido que o da luz: com quartzo dextrógiro e levógiro, obtive rotações respectivamente para a direita e para a esquerda de cerca de 30 graus¹³.

Pergunto-me se esses 30 graus não seriam a parte fracionária de um número de circunferências maior do que a unidade. Se os raios X são luz de comprimento de onda muito pequeno, e se a lei $1/\lambda^X$ [expoente ilegível] é um pouco verdadeira, a rotação será muito grande¹⁴. Sua medida poderia servir para calcular o com-

¹² Blondlot fazia um feixe de raios X incidir sobre uma placa de zinco e observava depois as propriedades dos raios secundários (raios S) que saíam dessa placa. A orientação da placa de zinco não parecia ter efeito sobre o plano de polarização dos raios secundários.

¹³ Uma fina lâmina de quartzo produz a rotação do plano de polarização da luz. Blondlot tomou lâminas que produziam forte rotação do plano de polarização da luz visível e tentou produzir a rotação do plano de polarização dos raios X. Acreditou ter notado um efeito, mas que foi menor do que ele esperava. Por isso, conjecturou que talvez a rotação fosse de $n.360^\circ$ mais o ângulo efetivamente medido.

¹⁴ No caso da luz, a defasagem obtida é dada por $\theta = 2\pi\Delta nL/\lambda$, onde Δn é a diferença de índices de refração para os dois raios no cristal, L é a espessura

primento de onda. Em todo caso, as rotações que observei, 30° , são menores do que para a luz para os mesmos quartzos, a menos que eu me engane por um número inteiro de circunferências. Precisaria ter quartzos mais finos que então pudessem parecer fazer girar mais.

Essas experiências não dão nenhum trabalho; elas são muito divertidas. Jamais tive tanto prazer.

Fielmente,

R. Blondlot

da placa e λ o comprimento de onda da radiação. Como Δn depende do comprimento de onda, essa equação *não pode* ser reduzida a $\theta = k/\lambda$. A carta de Blondlot indica algum expoente no comprimento de onda, mas esse expoente é ilegível, no original. Na edição da publicada da correspondência de Poincaré interpreta-se a fórmula como sendo k/λ^2 .

BLONDLOT, René. Sur la polarisation des rayons X. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 284-286, 1903 (a).

SESSÃO DE 2 DE FEVEREIRO DE 1903 ¹⁵

[p. 284] ÓPTICA. – *Sobre a polarização dos raios X.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT.**

As tentativas feitas até aqui para polarizar os raios X permaneceram infrutíferas. Perguntei-me se os raios X emitidos por um tubo de foco não seria já polarizado ao ser emitido.

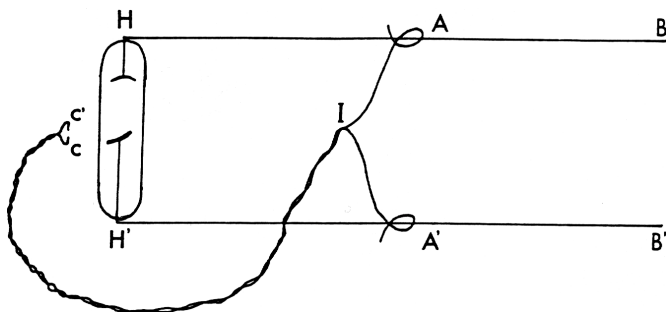
Fui conduzido a colocar-me essa questão considerando que as condições de dissimetria necessárias para que esses raios pudessem ser polarizados são preenchidas precisamente. De fato, cada um dos raios X nasce de um raio catódico; esses dois raios determinam um plano e, assim, para cada um dos raios X emitidos pelo tubo, passa um plano no qual (ou perpendicularmente ao qual) esse raio pode ter propriedades particulares; é essa dissimetria que corresponde à polarização.

Agora, se essa polarização existir, como reconhecê-la? Veio-me a idéia de que uma pequena faísca, tal como as de que me servi em minhas pesquisas sobre a velocidade de propagação dos raios X, poderia talvez desempenhar aqui o papel de analisador, desde que as propriedades de uma faísca possam ser diferentes na direção de seu comprimento, por um lado – que é também a da força elétrica que a produz – e segundo direções perpendiculares a esse comprimento, por outro lado. Partindo disso, arranjei um aparelho conforme o diagrama abaixo, a fim de obter uma pequena faísca durante a emissão dos raios X.

Um tubo de foco é ligado a uma bobina de indução pelos fios BH, B'H', recobertos de guta percha. Dois outros fios, igualmente recobertos de guta percha, A'Ic e A'Ic', terminam em A e A' por

¹⁵ Note-se que Blondlot demorou um mês entre suas primeiras observações (relatadas na carta a Poincaré no início de janeiro) e sua primeira comunicação à Academia de Ciências. Durante esse tempo, ele se dedicou a diversos experimentos diferentes, como mostram suas cartas a Poincaré. Não foi, portanto, uma comunicação apressada.

duas voltas que envolvem respectivamente BH e B'H'; uma extremidade de tubo de vidro, não [p. 285] representado na figura, mantém cada uma dessas voltas separada do fio que ela envolve.



Os fios AI, A'I são depois enrolados um sobre o outro e suas extremidades c e c', que terminam em pontas, são mantidas uma diante da outra a uma distância muito pequena regulável à vontade, de modo a formar um pequeno excitador de faíscas. Por causa dessa disposição, a influência eletrostática exercida pelos fios BH e B'H' sobre os arcos A e A' produz, em cada ruptura da corrente da bobina, uma pequena faísca na separação cc', ao mesmo tempo em que os raios X são emitidos pelo tubo. Graças à flexibilidade dos fios AIc, A'Ic', pode-se orientar de um modo qualquer a reta cc', segundo a qual salta a faísca. Uma folha quadrada de alumínio, tendo 0,40 m de lado, é interposta entre o tubo e a faísca, de modo a impedir toda influência direta dos eletrodos do tubo sobre cc'.¹⁶

Para definir facilmente as posições relativas do tubo e da faísca cc', tomemos três eixos retangulares dos quais um, OZ, é vertical.

Prendamos o tubo de foco de tal modo que seu comprimento e, conseqüentemente, também o feixe de raios catódicos, coincide com OY, estando o anticátodo colocado na origem e enviando raios X na direção positiva do x.

¹⁶ Este cuidado tomado por Blondlot permitia eliminar efeitos eletrostáticos e também efeitos que poderiam ser produzidos por radiação ultravioleta emitida pelo tubo.

Coloquemos a separação cc' em um ponto da parte positiva do eixo OX, de modo que sua direção seja paralela a OY. Estando a faísca regulada convenientemente, constata-se que os raios X agem sobre ela, aumentando seu brilho, pois a interposição de uma lâmina de chumbo ou de vidro a diminui de forma manifesta.

Agora, sem mudar a separação de lugar, façamo-la girar de modo a torná-la paralela a OZ, quer dizer, perpendicular aos raios catódicos. Contata-se então que a ação dos raios X sobre a faísca desapareceu: o chumbo ou o vidro, interpostos, não diminuem mais seu brilho.

Os raios X possuem, portanto, um *plano de ação*, que é aquele que passa por cada raio X e o raio catódico gerador. Se damos à separação orientações intermediárias entre as duas precedentes, vê-se que a ação diminui desde a posição horizontal até a vertical.

Eis uma outra experiência, ainda mais surpreendente:

Se fazemos a faísca girar em torno de OX tomado como eixo, paralelamente ao plano YOZ, vê-se a faísca passar de um máximo de brilho, quando ela está horizontal, até um mínimo¹⁷ de brilho, quando ela está vertical. Essas variações de brilho são semelhantes às que se vê observando um feixe de luz polarizada através de um Nicol que se faz girar: a pequena [p. 286] faísca desempenha o papel de analisador. O feixe de raios X possui a mesma dissimetria que um feixe de luz polarizada: ele tem, segundo a expressão de Newton, lados diferentes uns dos outros; dito de outra forma, ele é *polarizado*, tomando essa palavra em sua acepção mais ampla.

O fenômeno é facilmente observável quando a faísca está bem regulada: para isso, é necessário que ela seja extremamente curta e fraca¹⁸.

Se o tubo de foco é girado em torno de seu eixo, o qual é paralelo aos raios catódicos, os fenômenos observados não mudam (enquanto os raios X atingem a separação). O plano de ação é, portanto, independente da orientação do anticátodo: é sempre o plano que passa pelo raio X e pelo raio catódico gerador.

¹⁷ O texto original diz “maximum”, mas evidentemente houve um engano.

¹⁸ Blondlot chamou a atenção para as condições que deveriam ser satisfeitas para que o fenômeno pudesse ser bem observado. Esse tipo de cuidado é uma indicação de que ele era um bom experimentador.

Estando a faísca disposta nesse plano de ação, se mudamos sua orientação nesse plano, constata-se que a ação que ela recebe dos raios X é máxima quando ela lhes é perpendicular, e nula quando ela lhes é paralela (ou quase paralela).

Agora, um raio X e seu raio catódico gerador só definem um plano se suas direções são diferentes. Ora, entre os raios X emitidos, existem alguns cuja direção é a mesma, aproximadamente, que a dos raios catódicos; esses são os que passam rente ao cátodo. Deve-se esperar encontrá-los incompletamente polarizados; de fato, foi isso o que reconheci com a ajuda da pequena faísca.

Constatei muitos fatos importantes, que apenas mencionarei aqui. O quartzo e o açúcar fazem girar o plano de polarização dos raios X no mesmo sentido que o da luz; obtive rotações de 40°.

Os raios secundários, chamados *raios* δ , são igualmente polarizados¹⁹. As substâncias ativas fazem girar seu plano de polarização no sentido contrário ao da luz; observei rotações de 18°.

É extremamente provável que exista também a rotação magnética, tanto para os raios X quanto para os raios δ . Pode-se também pensar que as propriedades desses raios, em relação à polarização, se estendem também aos raios terciários, etc.

Tenho a intenção de expor sem interrupção os resultados aos quais já cheguei, sobre esses diferentes pontos.

¹⁹ Este era um outro nome dado aos raios secundários (raios S).

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, fevereiro de 1903

Meu caro amigo,

No início de minhas experiências sobre a polarização dos raios S, eu empregava, para obter raios intensos, grandes placas de zinco, colocadas tão perto do tubo quanto podia fazê-lo, protegendo a faísca contra os raios X por uma lâmina de chumbo. Por esse meio, eu obtinha de fato raios S intensos; no entanto, os raios X incidindo sobre a placa estavam longe de ser paralelos, e daí resultava uma complicação que prejudicava a nitidez dos fenômenos, até torná-los ambíguos. Essa foi a causa de que eu não tenha reconhecido inicialmente a verdadeira lei que rege a orientação dos raios S. Aquela que eu vos havia comunicado a partir de meus primeiros resultados, já no primeiro dia e muito apressadamente, não coincide com a verdadeira lei a não ser em casos particulares.

Depois, empreguei placas de zinco muito pequenas: um quadrado tendo 5 centímetros de lado, coloquei o tubo mais longe, a 12 ou 15 centímetros. Os fenômenos se tornaram então perfeitamente nítidos, e o estudo de um certo número de posições particulares, unido a considerações evidentes, me conduziu à regra seguinte: seja um raio X que encontre em A uma placa de zinco, e qualquer um dos raios S que saem de A. Tracemos por A no plano do raio X e do raio catódico gerador [plano de ação do raio X] a normal ao raio X: o plano dessa normal e do raio S é o plano de ação do raio S. Essa regra se verifica em todos os casos que estudei. Dentre eles, existe um que oferece um interesse especial, é aquele no qual o raio S coincide com a normal ao raio X no plano de atividade desse raio X: nesse caso a regra acima não fornece mais um plano determinado; a experiência mostra de fato que o raio não é polarizado. No entanto sua intensidade não é nula, pois a interposição de um vidro diminui notavelmente a faísca: isso poderia depender, ou de que os raios X [primários] não são senão incompletamente polarizados (o que eu poderia controlar) ⁽¹⁾, ou a

(1) Acabo de reconhecer que os raios X são completamente polarizados, pelo menos com o grau de exatidão de minhas experiências: de fato, quando a

raios S desviáveis²⁰. A orientação da placa de zinco não influi em nada na da polarização dos raios S: a regra acima é independente disso, e verifiquei de modo mais do que suficiente essa independência. Isso deve depender de que os fenômenos aos quais são devidas as radiações X e S são muito finos [*d'une grande finesse*] e, para eles, aquilo que chamamos de superfície não existe: a superfície de uma pedra talhada é plana para nosso olho, mas o *ácaro* de La Fontaine viaja por montes e por vales²¹.

A regra acima indica [parece-me] que o desvio das vibrações dos raios X se conserva nos raios S.

Nos raios S e nos raios X, a faísca não indica componente vibratória longitudinal, mesmo nos casos onde [os raios S] não apresentam polarização, e onde no entanto sua intensidade não é nula²².

A experiência que vós sugeris dá um resultado negativo, ou pelo menos inapreciável; Sagnac já a havia feito empregando a descarga de um corpo eletrizado: ele pensava conseguir por esse meio a polarização dos raios X. Ele não viu nada em suas experiências, que ele considerou exatas a menos de 1/5; “é bem possível, me escreveu ele, que minha experiência deva dar resultado quando a precisão aumentar.” Talvez o fenômeno seja ocultado pelos raios desviáveis que comportariam a falta de outros.

Eis novos fatos que me parecem apresentar um interesse muito grande.

Embora a ausência de refração pareça tornar o fato implausível, tive a audácia de testar se uma pilha de micas de Reusch faria

faísca é normal ao plano de ação do raio X, a ação deles é nula. [Adição feita por Blondlot, no rodapé de sua carta.]

²⁰ George Sagnac, que estudou detalhadamente os raios S, percebeu que os raios X, ao atingirem uma placa metálica, produzem não apenas a emissão de raios X secundários, mas também de radiação semelhante aos raios β emitidos por corpos radioativos (que podem ser desviados por um ímã).

²¹ Blondlot estava se referindo a uma fábula de Jean de la Fontaine, “La besace”, na qual uma formiga ridiculariza um ácaro por ser muito pequeno, e fazê-la sentir-se um gigante.

²² Ao descobrir os raios X, Röntgen imaginou que essa nova radiação pudesse ser constituída por ondas eletromagnéticas *longitudinais*. Aparentemente Blondlot estava aqui testando essa possibilidade.

girar o plano de polarização dos raios X; a experiência, para minha grande surpresa, teve êxito completo: uma pilha de 7 micas de $1/4$ de onda, que faz girar o amarelo médio de 172 graus, faz girar o plano de polarização dos raios X de cerca de 25 ou 30 graus, no mesmo sentido que o da luz. [A rotação dos raios S é, pelo contrário, quase nula.]

Partindo daí, perguntei-me se uma única lâmina de mica, orientada de modo que seu eixo óptico fizesse um ângulo de 45 graus com o plano de polarização dos raios X, não despolarizariam esses raios: constatei que essa despolarização se produz do modo mais surpreendente, de tal modo que se poderia crer que ela é completa. Eis a experiência:

Estando o plano de atividade dos raios X horizontal, interpõe-se uma mica, inicialmente de modo que seu eixo seja horizontal (ou vertical): a polarização permanece completa, pois a pequena faísca é muito mais brilhante quando ela está horizontal e apresenta um mínimo quando está vertical. Se então se faz girar a mica de modo que seu eixo faça um ângulo de 45 graus com a horizontal, o brilho da faísca se torna invariável qualquer que seja sua orientação.

A experiência tem sucesso com um quartzo paralelo ao eixo, com um espato²³ paralelo ao eixo. Ela é bem sucedida qualquer que seja a espessura da lâmina: isso se explica, creio, se admitirmos que o feixe de raios X é formado por radiações de comprimentos de onda muito curtos e variáveis de uma radiação a outra.

Esta polarização pelos meios birrefringentes implica a existência da dupla refração dos raios X, e mesmo sua dispersão. Porém os índices podem ser muito próximos da unidade. Espero impacientemente vossa opinião sobre tudo isso. Todos esses fatos são facilmente observáveis, com a condição de que a faísca esteja bem regulada: há uma regulagem que dá um máximo de sensibilidade, e que se encontra sem grande dificuldade por tentativa.

O último artigo de Pender no *Philosophical Magazine* me faz pensar que Jonathan triunfará de Israel, mesmo servindo-se de suas próprias armas, quero dizer, por seu próprio método: o “clo-

²³ Os cristais de calcita eram muitas vezes denominados “espato da Islândia”.

se agreement between the observed and calculated effects” me parece decisivo²⁴.

Crede em meus sentimentos afetuosos e devotados,

R. Blondlot

²⁴ Blondlot estava aqui se referindo a uma importante controvérsia científica da época. A teoria eletromagnética de Maxwell previa que o movimento de um dielétrico carregado (ou seja, o movimento de cargas) deveria produzir efeitos magnéticos, como uma corrente elétrica comum. O físico americano Henri Augustus Rowland confirmou essa previsão, porém o francês Victor Crémieu obteve resultados contrários. Seguiu-se uma controvérsia entre Crémieu e Harold Pender (um aluno de Rowland). Poincaré esteve diretamente envolvido na discussão e auxiliou Crémieu a elaborar alguns de seus experimentos. Por fim, o próprio Poincaré organizou experimentos conjuntos, realizados por Crémieu e Pender no final de 1903, e os resultados foram favoráveis à teoria de Maxwell. Para mais informações, ver Indorato & Masotto, 1989.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, março de 1903

Meu caro amigo,

Vou inicialmente responder, o melhor possível, as questões que vós me colocastes.

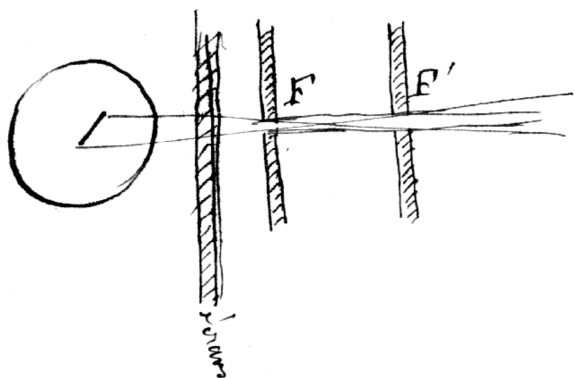
Os raios emitidos por um tubo de foco são cada vez menos polarizados, à medida que diminui o ângulo que eles fazem com os raios catódicos. Mesmo aqueles que são emitidos perpendicularmente aos raios catódicos não são completamente polarizados, como eu reconheci recentemente por experiências mais refinadas do que as primeiras.

Os raios emitidos por um tubo são mais fracos nas direções oblíquas aos raios catódicos do que na direção perpendicular.

O que eu chamei de despolarização é de fato a *polarização elíptica*, como o prova a seguinte experiência: no trajeto dos raios emitidos pelo tubo, interponhamos uma mica orientada a 45 graus em relação ao plano de ação: constata-se que a polarização retilínea desapareceu; interponhamos agora uma segunda mica, idêntica à primeira (cortada na mesma folha), mas cruzada em relação a ela: a polarização retilínea reaparece. No lugar de uma segunda mica, pode-se utilizar um compensador de Babinet de quartzo²⁵. Eis, agora, experiências completamente novas:

A existência da polarização elíptica implica a da dupla refração; tive então a temeridade de testar a refração simples, com a ajuda de um prisma equilátero de quartzo. Essa refração existe, e o fenômeno é *muito grande* e fácil de obter: um tubo envia, através de anteparos de alumínio, de madeira, etc., um feixe de raios limitado por duas fendas F e F' praticadas em uma lâmina de chumbo.

²⁵ O compensador de Babinet era constituído por duas cunhas finas de quartzo, que podiam ser deslizadas uma sobre a outra, sendo assim equivalentes a uma lâmina de quartzo de espessura variável. Utilizando-se o compensador de Babinet era possível obter efeitos variáveis sobre a luz polarizada e, em particular, podia-se converter um feixe com polarização circular (ou elíptica) em polarização linear. Blondlot supôs que o dispositivo poderia ter o mesmo efeito sobre os raios X.



A pequena faísca (horizontal, no desenho) está colocada em e a cerca de um centímetro fora do feixe, de modo a não poder ser atingida, mesmo pela penumbra (a interposição de uma lâmina de chumbo não a modifica). Agora, se interpusermos um prisma, com a aresta para cima, a faísca se torna muito mais brilhante, e o contrário se retirarmos o prisma.

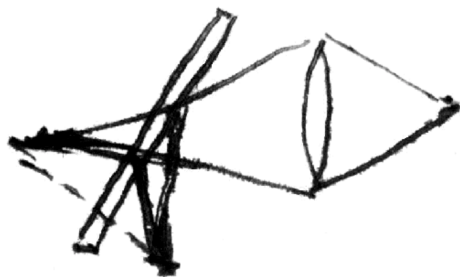


É realmente uma refração [e não raios secundários], pois se girarmos o prisma, ou se o substituírmos por uma lâmina de faces paralelas, não se obtém nada. Pode-se também fazer o feixe cair inicialmente diretamente sobre a faísca, depois desviá-lo com a ajuda do prisma: então se encontra de novo com a faísca o feixe desviado para o lado da base do prisma, como no caso da luz.

A partir daí, logo em seguida, tentei concentrar os raios por uma lente de quartzo. A experiência teve perfeito sucesso: obtém-se um foco extremamente bem definido em todos os sentidos, e no qual a faísca tem uma intensidade muito grande. Mostrei esses

fenômenos a Haller²⁶, que os viu facilmente, e que talvez vos tenha falado deles.

A reflexão *regular* existe: eu a verifiquei com uma exatidão muito grande. Um foco dá em uma [lâmina] de vidro bem polida uma imagem virtual que é, ela própria, um foco muito pequeno e colocado simetricamente. Repeti com sucesso a experiência de dois espelhos parabólicos conjugados. Embora as radiações atravessassem parcialmente os espelhos, o efeito é muito nítido.



Depois que observei a refração pela primeira vez, quinze dias atrás, variei essas experiências de mil maneiras. De tudo aquilo que precede, resulta que *os raios que eu estudei assim não são os raios de Röntgen*. a pequena faísca revela uma *nova espécie de radiações* emitidas pelo tubo. Essas radiações atravessam o alumínio, a madeira, etc.; elas são polarizadas desde sua própria emissão, elas se refletem, se refratam, não produzem fluorescência nem ação fotográfica, mas agem sobre a pequena faísca.

As distâncias de uma lente de quartzo ao anticátodo e à sua imagem dariam um índice vizinho de 2,1, mas que parece crescer e diminuir um pouco ao mesmo tempo que a distância focal principal da lente empregada. O prisma parece indicar um índice menor, o que não seria talvez contraditório se existir um espectro desses

²⁶ Trata-se, provavelmente, de Albin Haller (1849-1925), amigo de Poincaré. Ele foi professor do Instituto Químico de Nancy e depois professor da Sorbonne. Casou-se com Lucie Comon, prima de Henri Poincaré. Note-se que Blondlot, antes de publicar seus resultados, havia mostrado os experimentos a outros cientistas (como Haller) que haviam confirmado suas observações. Esse é o tipo de comportamento esperado de um experimentador cuidadoso.

raios. Nas experiências com uma lente, encontra-se que a faísca se torna muito brilhante não apenas nos focos, mas também *atrás* da lente, bem próximo dela. Isso parece indicar raios extremamente refrangíveis.



Em resumo, esses novos raios, que chamo provisoriamente de raios N, do nome da cidade de Nancy²⁷, se assemelham completamente à luz, a não ser pela propriedade de atravessar o alumínio, a madeira, etc., como os raios Röntgen. Não existiriam no espectro solar? Não seriam um prolongamento desse espectro?

A madeira age sobre eles como um corpo birrefringente, o que pareceria indicar um grande comprimento de onda, pois o que torna a madeira assimétrica refere-se a uma estrutura relativamente grosseira.

Apresentam-se questões em número infinito.

Espero que me perdoarão por ter-me enganado crendo estudar os raios Röntgen, aos quais eu atribuí as propriedades que pertencem na realidade aos novos raios. Era impossível suspeitar esse erro antes de haver encontrado a contradição relativa à refração. Os químicos muitas vezes fizeram erros desse gênero quando se encontraram diante de metais novos. Não sei ainda se minhas experiências sobre a velocidade de propagação se aplicam também aos raios de Röntgen; em todo caso, elas se aplicam certamente aos raios N. Como os raios Röntgen agem também sobre a faísca, mas sem polarização, eu poderia, repetindo minhas experiências, saber se elas se aplicam a esses raios; antecipadamente não penso que sim, a partir de minha experiência prévia; e então isso indica-

²⁷ Nesta carta, onde Blondlot utilizou pela primeira vez o nome de “raios N”, a letra *N* aparece em maiúscula. No entanto, nos primeiros artigos que publicou comunicando essa descoberta, aparece “raios *n*”, com a letra *n* minúscula.

ria que os raios de Röntgen possuem uma velocidade muito maior do que a da luz.

O insucesso da experiência que vós propusestes se explica agora, pois os raios sobre os quais opero não são aqueles que produzem a fluorescência e a ação fotográfica²⁸; os raios de Röntgen, que produzem esses efeitos são, sem dúvida, uma coisa totalmente diferente: [eles não são polarizados] eles parecem permanecer ainda também misteriosos.

Perdoai-me, eu vos peço, esta carta tão longa, tão mal costurada, tão mal escrita, e crede em meus sentimentos completamente devotados,

R. Blondlot

²⁸ Aparentemente, Poincaré sugeriu a Blondlot que tentasse fazer experimentos nos quais tentasse observar a radiação estudada por meio de efeitos fotográficos ou fluorescência – dois efeitos muito utilizados no estudo dos raios X, na época.

BLONDLOT, René. Sur une nouvelle espèce de lumière. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 735-738, 1903 (c).

SESSÃO DE 23 DE MARÇO DE 1903

[p. 735] FÍSICA. – *Sobre uma nova espécie de luz.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

As radiações emitidas por um tubo de foco são filtradas através de uma folha de alumínio ou um anteparo de papel negro, para eliminar os raios luminosos que poderiam acompanhá-las. Estudando essas radiações por meio de sua ação sobre uma pequena faísca, reconheci que elas possuíam, desde sua emissão, a polarização retilínea. Constatei, além disso, que, quando essas radiações atravessam uma lâmina de quartzo perpendicular ao eixo, ou um pedaço de açúcar, seu plano de atividade sofre uma rotação como o plano de polarização de um feixe de luz ⁽¹⁾.

Perguntei-me então se também obteria uma rotação fazendo as radiações do tubo de foco passarem através de uma pilha de micas de Reusch²⁹; [p. 736] constatei de fato uma rotação de 15° a 20° no mesmo sentido que a da luz polarizada. Essa ação da pilha de mica me fez em seguida pensar que uma única lâmina de mica deveria agir, e que essa ação deveria ser a despolarização ou a produção da polarização elíptica; de fato foi o que aconteceu: a interposição de uma lâmina de mica, orientada de modo que seu eixo faça um ângulo de 45° com o plano de atividade das radiações emitidas pelo tubo, destrói sua polarização retilínea, pois sua ação sobre a pequena faísca permanece sensivelmente a mesma, qualquer que seja o seu azimute. Se interpomos uma segunda lâmina de mica, idêntica à primeira, de modo que os eixos das duas lâminas sejam perpendiculares uma à outra, a polarização retilínea é restabelecida; pode-se igualmente restabelecê-la empregando um

(1) *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, 2 de fevereiro de 1903, p. 284.

²⁹ Dispositivo inventado em 1869 por Ernst Reusch, que consiste em uma superposição de finas placas de mica. Como a mica tem dupla refração, cada lâmina produz uma rotação do plano de polarização da luz, e a pilha de placas pode produzir efeitos grandes.

compensador de Babinet: consequentemente, trata-se de fato de polarização elíptica.

Agora, se a lâmina de mica transforma a polarização retilínea em polarização elíptica, é necessário que essa lâmina seja birrefringente para as radiações que ela transforma desse modo. Mas, se existe a dupla refração, deve também existir, *a fortiori*, a refração simples, e assim fui conduzido a examinar se, apesar de todas as tentativas infrutíferas feitas para pesquisar a refração dos raios X, eu não obteria um desvio por um prisma. Montei então a seguinte experiência: um tubo de foco envia através de um anteparo de alumínio um feixe de raios limitado por duas fendas verticais praticadas em duas lâminas de chumbo paralelas, com espessuras de 3 mm. A pequena faísca é disposta ao lado do feixe, a uma distância tal que não possa ser atingida, mesmo pela penumbra: assegura-se disso constatando que a interposição de uma lâmina de chumbo não a diminui. Agora, interponhamos no feixe um prisma equilátero de quartzo, com a aresta refringente para o lado oposto à faísca: se o prisma estiver orientado convenientemente, a faísca se torna muito mais brilhante; quando se retira o prisma, a faísca volta a ficar mais fraca. Esse fenômeno é realmente devido à refração, pois, se for mudada a orientação do prisma, ou se ele for substituído por uma lâmina de quartzo de faces paralelas, não se observa mais nenhum efeito. Pode-se ainda fazer a experiência de uma outra maneira: inicialmente faz-se o feixe cair sobre a faísca, depois ele é desviado com a ajuda do prisma; procura-se então o feixe deslocando lateralmente a faísca, e encontra-se que ele se desviou para a base do prisma, como no caso da luz.

Constatada a refração, em seguida tentei concentrar os raios [p. 737] por meio de uma lente de quartzo. A experiência teve sucesso facilmente; obtém-se a imagem do anticátodo, extremamente bem definida em tamanho e distância por um grande brilho da pequena faísca.

A existência da refração tornava a da reflexão regular extremamente provável. Ela existe, de fato: com a ajuda de uma lente de quartzo, ou com uma lente formada por um envoltório de chifre muito fino cheio de essência de terebentina, produzo um foco conjugado do anticátodo, depois intercepto o feixe emergente por

uma lâmina de vidro polido colocada obliquamente: obtenho então um foco exatamente simétrico em relação ao plano de reflexão, em relação àquele que existia antes de sua interposição. Com uma lâmina de vidro despolido, não se tem mais reflexão regular, mas observa-se a difusão.

Se tiramos o polimento da metade de uma lâmina de mica, a metade polida deixa passarem as radiações, e a metade despolida as impede.

O uso de uma lente permite repetir as experiências de refração por prisma em condições muito mais precisas, empregando o dispositivo de Newton para obter um espectro puro.

De tudo aquilo que precede, resulta que os raios que estudei assim não são os de Röntgen, pois aqueles não sofrem nem refração, nem reflexão. De fato, a pequena faísca revela uma nova espécie de radiação emitida pelo tubo de foco: essas radiações atravessam o alumínio, o papel negro, a madeira, etc.; elas são polarizadas retilinearmente desde sua emissão, sendo suscetíveis de polarizações rotatórias elíptica e circular; refratam-se, refletem-se, difundem-se, mas não produzem nem fluorescência, nem ação fotográfica.

Acreditei reconhecer que, entre esses raios, há alguns cujo índice de refração no quartzo é próximo de 2, mas existe provavelmente todo um espectro pois, nas experiências de refração por um prisma, o feixe desviado parece ocupar uma grande extensão angular. Resta fazer o estudo dessa dispersão, assim como o dos comprimentos de onda.

Diminuindo progressivamente a intensidade da corrente que aciona a bobina de indução, são obtidos ainda novos raios, mesmo quando o tubo não produz mais nenhuma fluorescência e é ele próprio absolutamente invisível na obscuridade; eles são no entanto muito fracos então. Pode-se também obtê-los de um modo contínuo, com a ajuda de uma máquina elétrica dando uma faísca de alguns milímetros.

Eu havia atribuído antes aos raios de Röntgen a polarização, a qual pertence na realidade aos novos raios; era impossível [p. 738] evitar essa confusão antes de haver observado a refração, e não foi senão após essa observação que consegui reconhecer com certeza

que eu não estava tratando com os raios de Röntgen, mas sim com uma nova espécie de luz.

É interessante confrontar aquilo que precede com a opinião emitida pelo Sr. Henri Becquerel³⁰ de que, em algumas de suas experiências, “aparências idênticas às que produzem a refração e reflexão total da luz poderiam ter sido produzidas por raios luminosos que tivessem atravessado o alumínio” ⁽²⁾.

³⁰ Aqui, Blondlot se referiu a certos experimentos realizados por Henri Becquerel e que pareciam indicar que a radiação emitida pelos sais de urânio podia sofrer refração no vidro (ver Martins, 2002). Posteriormente, Becquerel se convenceu de que aqueles experimentos eram anômalos e que “a parte mais ativa” da radiação do urânio não sofre reflexão nem refração, mas conjecturou que talvez essa radiação principal fosse acompanhada por outras radiações, semelhantes à luz, capazes de sofrer refração e reflexão (mas que pudessem, além disso, atravessar o alumínio). Blondlot, neste ponto do seu artigo, estava sugerindo que talvez os raios N explicassem os experimentos anômalos de Becquerel.

⁽²⁾ *Comptes Rendus*, vol. XXXII, p. 739; 25 de março de 1901.

BLONDLOT, René. Sur l'existence, dans les radiations émises par un bec Auer, des rayons traversant les métaux, les bois, etc. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1120-1123, 1903 (d).

SESSÃO DE 11 DE MAIO DE 1903

[p. 1120] FÍSICA. – *Sobre a existência, nas radiações emitidas por um bico Auer, de raios que atravessam os metais, a madeira, etc.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Um tubo de foco emite, como constatei, certas radiações análogas à luz, e suscetíveis de atravessar os metais, o papel negro, [p. 1121] a madeira, etc. ⁽¹⁾. Entre essas radiações, existem algumas para as quais o índice de refração do quartzo é vizinho de 2. Por outro lado, o índice do quartzo para os raios remanescentes do sal gema, descobertos pelo professor Rubens³¹, é 2,18. Essa semelhança dos índices me conduziu a pensar que as radiações que observei na emissão de um tubo de foco poderiam muito bem ser vizinhas aos raios de Rubens e que, portanto, talvez fosse possível encontrá-los na emissão de um bico de Auer, que é a fonte desses raios. Fiz então a seguinte experiência: um bico de Auer é encerrado em um tipo de lanterna de chapa de ferro, fechada por todos os lados, com exceção de aberturas destinadas à passagem do ar e do gás da combustão e dispostas de modo a não deixar escapar nenhuma luz; uma janela retangular com largura de 4 cm, altura de 6,5 cm, praticada na chapa à altura do tubo incandescente, é fechada por uma folha de alumínio com espessura de aproximadamente 0,1 mm. A chaminé do bico de Auer é em chapa de ferro; uma fenda com 2 mm de largura e 3,5 cm de altura foi feita diante do tubo, de modo que o feixe luminoso que daí sai seja dirigido sobre a folha de alumínio. Fora da lanterna e diante da folha de

⁽¹⁾ *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, 23 de março de 1903, p. 735.

³¹ Heinrich Rubens (1865-1922) estudou o espectro infravermelho. Em alguns de seus experimentos utilizou prismas de sal gema (NaCl), que não absorvem essa radiação. Os “raios remanescentes” eram radiação infravermelha de grande comprimento de onda, depois de filtragem que eliminava a radiação mais próxima do espectro visível.

alumínio, coloca-se uma lente biconvexa de quartzo que tem distância focal de 12 cm para a luz amarela; depois, atrás dessa lente, o excitador que dá pequenas faíscas, que descrevi em uma Nota precedente (2): a faísca é produzida por uma bobina de indução extremamente fraca, dotada de um interruptor giratório que funciona com uma regularidade muito grande.

A distância p da lente à fenda sendo de 26,5 cm, constata-se, com a ajuda da pequena faísca, a existência de um foco de grande nitidez a uma distância $p'=13,9$ cm aproximadamente: nesse ponto, de fato, a faísca toma um brilho notavelmente maior do que nos pontos vizinhos, situados seja adiante ou atrás, seja à direita ou à esquerda, seja acima ou abaixo; a distância desse foco à lente pode ser determinada com precisão de 3 mm ou 4 mm. A interposição de uma lâmina de chumbo ou de vidro com espessura de 4 mm faz a ação sobre a faísca desaparecer. Fazendo variar o valor de p , obtêm-se outros valores de p' , e substituindo esses valores na equação das lentes, obtêm-se para o índice o valor 2,93, uma média de determinações tão concordantes quanto se poderia esperar pelo grau de precisão das observações. Experiências análogas, realizadas com a ajuda de uma outra lente de quartzo tendo uma distância focal principal de 33 cm para os raios amarelos, deram para o índice um valor de 2,942. [p. 1122]

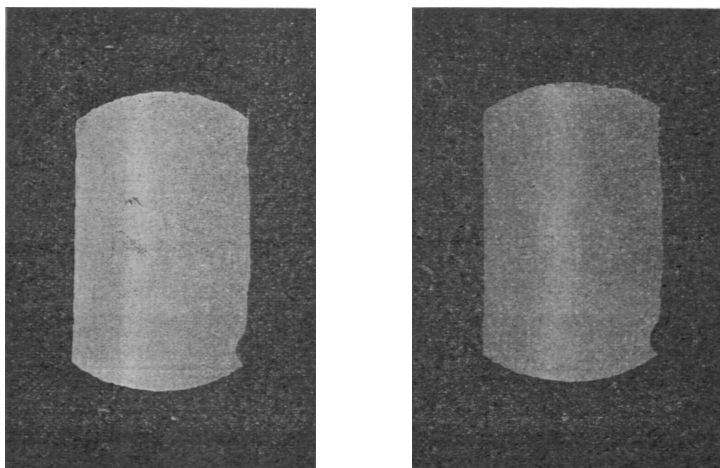
Prosseguindo essas experiências, constatei a existência de três outras espécies de radiações, para as quais o índice do quartzo tem valores respectivos de 2,62; 2,436; 2,29. Todos esses índices são maiores do que 2, o que explica o fato seguinte: colocando sobre a trajetória dos raios que saem da lente um prisma de quartzo cujo ângulo refringente é de 30°, disposto de modo a receber esses raios em uma direção sensivelmente normal a uma das faces refringentes, não se obtém feixe refratado³².

As radiações emitidas por um bico de Auer através de uma lâmina de alumínio são refletidas por uma lâmina de vidro polido seguindo as leis da reflexão regular, e são difundidas por uma lâmina de vidro despolido.

(2) *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, 2 de fevereiro de 1903, p. 284.

³² Nesse caso, apesar do pequeno ângulo do prisma, ocorreria reflexão total na segunda face, por causa do grande índice de refração.

Essas radiações atravessam todas as substâncias de que testei a transparência, com exceção do sal gema com uma espessura de 3 mm; do chumbo, com uma espessura de 0,2 mm; da platina, com uma espessura de 0,4 mm; e da água. Uma folha de papel para cigarros, que é completamente transparente quando está seca, torna-se absolutamente opaca quando está embebida de água. A figura abaixo reproduz impressões feitas em 40 segundos sobre uma placa sensível, sem aparelho fotográfico, antes e depois que a folha de papel interposta entre a lente e a faísca fosse molhada: a fotogravura, feita a partir de uma cópia sobre papel, mostra que no primeiro caso a faísca é notavelmente mais brilhante.



Essas impressões fotográficas são produzidas pela pequena faísca, modificada pelos raios, e não pelos próprios raios: esses não [p. 1123] produziram nenhum efeito fotográfico apreciável ao fim de uma hora de exposição.

Entre os corpos atravessados, citei o papel de estanho, folhas de cobre e de latão de 0,2 mm de espessura, uma lâmina de alumínio de 0,4 mm, uma lâmina de aço de 0,05 mm, uma lâmina de prata de 0,1 mm, um caderno de papel contendo 21 folhas de ouro, uma lâmina de vidro de 0,1 mm, uma lâmina de mica de 0,15 mm, uma placa de espato da Islândia de 4 mm, uma placa de

parafina de 1 cm, uma tábua de faia de 1 cm, uma lâmina de borracha negra de 1 mm, etc. A fluorina é pouco transparente para uma espessura de 5 mm, assim como o enxofre para uma espessura de 2 mm, e o vidro com 1 mm. Apenas forneço esses resultados como uma primeira indicação, pois para obtê-los não se levou em conta a coexistência de quatro espécies de radiações, cujas propriedades podem ser diferentes.

Seria de grande interesse pesquisar se outras fontes, e particularmente o Sol, não emitem radiações análogas às que constituem o objeto da presente Nota, e também se elas não produzem ação calorífica.

Agora, essas radiações devem ser realmente consideradas como vizinhas das radiações de grandes comprimentos de onda descobertas pelo professor Rubens? Sua origem na emissão do bico de Auer é favorável a essa opinião; a opacidade do sal gema e da água também o é. Mas, por outro lado, a transparência para os raios do bico de Auer dos metais e outras substâncias opacas aos raios de Rubens constitui uma diferença, aparentemente radical, entre as duas espécies de radiações.

BLONDLOT, René. Sur de nouvelles sources de radiations susceptibles de traverser les métaux, le bois, etc., et sur de nouvelles actions produites par ces radiations. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1127-1129, 1903 (e).

SESSÃO DE 25 DE MAIO DE 1903

[p. 1227] FÍSICA. – *Sobre novas fontes de radiações suscetíveis de atravessar os metais, a madeira, etc., e sobre novas ações produzidas por essas radiações.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Pesquisando se radiações análogas àquelas cuja existência assinaliei recentemente na emissão de um bico de Auer ⁽¹⁾ não seriam encontradas também nas de outras fontes de luz e de calor, constatei os fatos seguintes. A chama de um bico anular de gás emite essas radiações; convém no entanto retirar a chaminé, por causa da absorção do vidro. Um bico de Bunsen não os produz de forma sensível. Uma folha de chapa metálica, uma lâmina de prata aquecida ao vermelho nascente, com a ajuda de um bico de Bunsen colocado atrás, fornecem quase tanto quanto o bico Auer.

Uma lâmina de prata polida foi disposta de modo que seu plano fizesse um ângulo de 45° com o plano horizontal. Essa lâmina tendo sido levada ao vermelho cereja com a ajuda de um bico de Bunsen, sua face superior emitia raios análogos aos do bico Auer: um feixe horizontal dessas radiações, depois de ter atravessado duas folhas de alumínio de uma espessura total de 0,3 mm, folhas de papel negro, etc., era concentrado por uma lente de quartzo; com a ajuda da pequena faísca, constatou-se a existência de quatro regiões focais. Constatei além disso que a ação sobre a faísca era muito maior quando esta estava orientada verticalmente, quer dizer, no plano de emissão, do que quando estava perpendicular a esse plano: as novas radiações emitidas pela lâmina polida são portanto polarizadas como o são a luz e o calor que ela emite ao mesmo tempo. Tendo a lâmina de prata sido recoberta com negro

(¹) *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, p. 735, 11 de maio de 1903.

de fuligem, a intensidade de emissão aumenta, mas a polarização desaparece.

O que precede conduz a pensar que a emissão de radiações suscetíveis de atravessar os metais, etc., é um fenômeno extremamente geral. Observado inicialmente na emissão de um tubo de foco, ele também foi encontrado na de fontes ordinárias de luz e de calor. A fim de abreviar a linguagem, designarei doravante essas radiações pelo nome de *raios n* ⁽²⁾. Farei notar que esses raios *n* compreendem [p. 1228] uma variedade muito grande de radiações: de fato, enquanto aquelas que provêm de um bico Auer possuem índices maiores do que 2, existem algumas, entre aquelas que emite um tubo de Crookes, cujo índice é inferior a 1,52, pois se fazemos um feixe desses raios incidir sobre um prisma equilátero de quartzo, paralelamente às arestas e perpendicularmente a uma das faces, obtém-se um feixe emergente muito aberto.

Até aqui, o único modo de detectar a presença de raios *n* era sua ação sobre uma pequena faísca. Eu me perguntei se essa faísca deveria ser considerada aqui como um fenômeno elétrico, ou somente como produzindo a incandescência de uma pequena massa gasosa. Se essa última suposição fosse exata, poder-se-ia substituir a faísca por uma chama. Produzi então uma chama de gás muito pequena na extremidade de um tubo de metal perfurado por um orifício muito pequeno; essa chama era inteiramente azul. Constatei que ela pode, como a pequena faísca, servir para detectar a presença dos raios *n* como aquela, quando recebe esses raios, ela se torna mais luminosa e mais branca. As variações de seu brilho permitiram encontrar quatro focos em um feixe que havia atravessado uma lente de quartzo; esses focos são os mesmos que aqueles mostrados pela pequena faísca. A pequena chama se comporta portanto, em relação aos raios *n*, como a faísca, exceto por não permitir constatar seu estado de polarização.

Para estudar mais facilmente as variações de brilho, tanto da chama quanto da faísca, eu as examino através de um vidro despolido fixado a aproximadamente 25 mm ou 30 mm daquelas: tem-se assim, em vez de um ponto brilhante muito pequeno, uma

(2) Do nome da cidade de Nancy; foi na Universidade de Nancy que essas pesquisas foram feitas.

mancha luminosa com diâmetro de aproximadamente 2 cm, de um brilho muito menor, e cujas variações são apreciadas melhor pelo olho.

A ação de um corpo incandescente sobre uma chama, ou de uma chama sobre outra, é certamente um fenômeno corrente: se até aqui permaneceu despercebido, é porque a luz da fonte impedia de constatar as variações de brilho da chama receptora.

Recentemente, constatei um outro efeito dos raios n . Esses raios são, é verdade, incapazes de excitar a fosforescência nos corpos suscetíveis de adquirir essa propriedade pela ação da luz; mas quando um corpo desses, como o sulfeto de cálcio por exemplo, foi tornado fosforescente previamente pela insolação, se ele for exposto aos raios n , em particular a um dos focos produzidos por uma lente de quartzo, vê-se o brilho da fosforescência aumentar sensivelmente; nem a produção nem a cessação desse efeito parecem absolutamente instantâneas. [p. 1229] Dentre as ações produzidas pelos raios n , é a mais fácil de constatar; a experiência é muito fácil de instalar e de repetir. Essa propriedade dos raios n é análoga à dos raios vermelhos e infravermelhos que foi descoberta por Edmond Becquerel; ela é análoga também à ação do calor sobre a fosforescência³³; no entanto, não constatei até aqui o esgotamento mais rápido da fosforescência sob a ação dos raios n .

Parece certo o parentesco dos raios n com radiações conhecidas de grandes comprimentos de onda. Como, por outra parte, a faculdade que esses raios possuem de atravessar os metais os diferencia de todos aqueles que são conhecidos, é muito provável que eles estejam compreendidos nas cinco oitavas da série de radiações que permanecem inexploradas entre os raios de Rubens e as ondas eletromagnéticas de comprimento de onda muito curtas; é isso que eu me proponho verificar.

³³ O fenômeno ao qual Blondlot está se referindo aqui é um aumento de luminosidade de corpos fosforescentes quando são atingidos por radiação infravermelha ou colocados próximos de um objeto quente. A energia acumulada no corpo fosforescente se dissipa mais rapidamente.

BLONDLOT, René. Sur l'existence de radiations solaires capables de traverser les métaux, le bois, etc. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1421-1422, 1903 (f).

SESSÃO DE 15 DE JUNHO DE 1903

[p. 1421] FÍSICA. – *Sobre a existência de radiações solares capazes de atravessar os metais, a madeira, etc.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Reconheci recentemente que a maior parte das fontes artificiais de luz e de calor emite radiações capazes de atravessar os metais e um grande número de corpos que são opacos para as radiações espectrais conhecidas até agora ⁽¹⁾. Era importante pesquisar se radiações análogas às precedentes (que, para abreviar, chamei de *raios n*) são também emitidas pelo Sol.

Como indiquei, os raios *n* agem sobre as substâncias fosforescentes avivando a fosforescência preexistente, ação análoga à dos raios vermelhos e infravermelhos descoberta por Edmond Becquerel. Utilizei esse fenômeno para procurar se o Sol nos envia raios *n*.

Um quarto completamente fechado e escuro tem uma janela exposta ao Sol; essa janela é fechada por painéis internos cheios, em madeira de cedro, tendo 15 mm de espessura. Detrás de um desses painéis, a uma distância qualquer – por exemplo, 1 m – coloca-se um tubo de vidro fino contendo uma substância fosforescente, como por exemplo sulfeto de cálcio, anteriormente insolado fracamente. Se agora, no trajeto dos raios do Sol que supomos atingirem o tubo através da madeira, interpõe-se uma lâmina de chumbo ou simplesmente a mão, mesmo a uma grande distância do tubo, vê-se o brilho da fosforescência diminuir; se o obstáculo é retirado, o brilho reaparece. A extrema simplicidade dessa experiência incitará muitas pessoas a repeti-la, espero. A única precaução a tomar é operar com uma fosforescência anterior pouco intensa; é vantajoso dispor de uma folha de papel negra

⁽¹⁾ *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, p. 1227, 25 de maio de 1903.

como fundo, de modo que a interposição do anteparo não mude o fundo sobre o qual se vê o tubo. As variações de brilho são sobretudo fáceis de captar nos contornos da mancha luminosa formada pelo corpo fosforescente sobre o fundo escuro: quando se interceptam os raios n , esses contornos perdem sua nitidez; quando se retira o anteparo, eles a retomam. No entanto, essas variações de brilho não parecem instantâneas. A interposição entre a folha da janela e o tubo de várias placas de alumínio, de cartão, de uma tábua de cedro de 3 cm de espessura, não impede o fenômeno; [p. 1422] toda possibilidade de uma ação do calor radiante propriamente tido está, portanto, excluída. Uma fina camada de água detém completamente os raios; nuvens tênues que passam sob o Sol diminuem consideravelmente sua ação.

Os raios n emitidos pelo Sol podem ser concentrados por uma lente de quartzo: com a ajuda da substância fosforescente se constata a existência de diversos focos; não determinei ainda suas posições com precisão suficiente para falar disso aqui. Os raios n do Sol sofrem reflexão regular por uma lâmina de vidro polido, e são difundidos por uma lâmina despolida.

Assim como os raios n emitidos por um tubo de Crookes, por uma chama, ou por um corpo incandescente, os que provêm do Sol agem sobre uma pequena faísca e sobre uma pequena chama aumentando seu brilho. Esses fenômenos são facilmente observáveis, sobretudo se for utilizado um vidro despolido interposto, como indiquei em uma nota precedente. O emprego da pequena chama é de longe o processo mais cômodo e mais preciso para determinar a posição dos focos: é mais difícil operar com a pequena faísca, pois raramente ela é bastante regular.

Eu me sinto no dever de reproduzir aqui textualmente uma passagem de uma carta que o Sr. Gustave le Bon fez a honra de escrever-me³⁴.

O Sr. Gustave le Bon havia indicado, há 7 anos, que as chamas emitem, além das emanações radioativas constatadas depois

³⁴ Pode-se perceber que Gustave le Bon estava querendo ser reconhecido como o “verdadeiro descobridor” dos raios N, identificando-os com a “luz negra” que havia estudado vários anos antes.

por ele, radiações de grandes comprimentos de onda capazes de atravessar os metais e às quais ele havia dado o nome de luz negra; mas, embora lhes assinalasse um lugar entre a luz e a eletricidade, ele não havia medido exatamente seu comprimento de onda, e o meio que ele utilizava para revelar sua presença era muito incerto.

Esse meio era a fotografia; eu próprio não consegui obter nenhum efeito fotográfico dos raios que estudei ⁽²⁾.

⁽²⁾ *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, 11 de maio de 1903, p. 1121.

BLONDLOT, René. Sur une nouvelle action produite par les rayons n et sur plusieurs faits relatifs à ces radiations. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 166-169, 1903 (g).

SESSÃO DE 20 DE JULHO DE 1903

[p. 166] FÍSICA. – *Sobre uma nova ação produzida pelos raios n e sobre diversos fatos relativos a essas radiações.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

A ação dos raios n sobre uma pequena chama me deu a idéia de testar se eles não exerceriam uma ação análoga sobre um corpo sólido incandescente. Para isso, um fio de platina de aproximadamente 0,1 mm de diâmetro e 15 mm de comprimento foi levado ao vermelho sombrio por uma corrente elétrica. Sobre esse fio, era dirigido um feixe de raios n emitidos por um bico de Auer através de anteparos de madeira e de alumínio e concentrado por uma lente de quartzo. Observava-se o fio através de um vidro despolido fixado ao mesmo suporte que ele, aproximadamente 3 cm à sua frente. Deslocando o fio, encontra-se uma série de focos, como com os outros procedimentos próprios a revelar os raios n . Estando o fio colocado [p. 167] em um desses focos, quando se interpõe um anteparo de chumbo, ou simplesmente a mão, no trajeto dos raios n , vê-se a mancha luminosa formada sobre o vidro despolido diminuir de brilho; quando esses obstáculos são retirados, a mancha retoma seu brilho primitivo. Essas ações não parecem ser instantâneas.

Generalizei as experiências precedentes utilizando, no lugar de um fio aquecido por uma corrente elétrica, uma lâmina de platina de 0,1 mm de espessura, inclinada de 45° sobre o plano horizontal, levada parcialmente ao vermelho sombrio por uma pequena chama de gás colocada abaixo. Um feixe horizontal de raios n concentrados por uma lente era dirigido sobre a face inferior da lâmina, de modo a produzir um foco no local aquecido; observava-se a mancha incandescente sobre a face superior, sem interposição de um vidro despolido. As variações de brilho são exatamente análogas às do fio. Observando, através de um vidro despolido, a inten-

sidade de iluminação produzida sobre a face inferior da lâmina de platina pelo conjunto da mancha incandescente da lâmina e da chama, constatam-se variações completamente paralelas. São ainda obtidos os mesmos resultados se, em vez de fazer os raios n caírem sobre a face inferior da lâmina – por conseguinte, do lado onde se encontra a chama destinada a aquecê-la – eles são dirigidos sobre a face superior.

Os diferentes efeitos produzidos pelos raios n ação sobre a faísca, sobre a chama, sobre a fosforescência, sobre a incandescência, conduziram a pensar que esses raios poderiam agir aquecendo os corpos que lhes são submetidos. Para submeter essa questão à experiência, instalei uma pilha termoelétrica de Rubens ligada a um galvanômetro de couraça³⁵. A ação dos raios n sobre esse aparelho foi completamente nula, mesmo nas condições mais favoráveis, embora uma vela colocada a 12 metros da pilha produzisse um desvio de aproximadamente 0,5 mm da escala; operei tanto com os raios n provenientes de um bico de Auer quanto com os do Sol, no último 3 de julho, ao meio-dia: os raios n eram muito intensos, pois colocando diante da pilha um tubo contendo sulfeto de cálcio fracamente insolado, seu brilho aumentava e diminuía muito pela interposição de um anteparo de chumbo ou da mão. O Sr. H. Rubens fez a mesma constatação, como teve a gentileza de me escrever; seu aparelho era ainda mais sensível do que o meu. Acreditei, apesar disso, que era útil pesquisar diretamente se o fio de platina incandescente não se aqueceria pela ação dos raios n . Para isso, recorri ao estudo de sua resistência elétrica. A corrente que percorre o fio é produzida por 5 acumuladores; com a ajuda de reostatos muito resistentes, regula-se a intensidade de modo [p. 168] que o fio de platina fique vermelho sombrio. Esse fio é estendido entre duas pinças de grande massa de latão A e B, que são ligadas aos terminais de um eletrômetro capilar; sobre um dos fios de comunicação é aplicada uma força eletromotriz, regulável à vontade, produzida pela derivação do circuito de uma pilha auxiliar; essa força eletromotriz é regulada de modo que o eletrô-

³⁵ Trata-se do aparelho desenvolvido por Heinrich Rubens que detectava radiação infravermelha pelo seu efeito de aquecimento, medido pela produção de uma diferença de potencial através do efeito termoelétrico.

metro esteja no zero. Qualquer variação de resistência do fio de platina produz um desvio do eletrômetro. Ora, sendo os raios n dirigidos sobre o fio, não se observa nenhum desvio do menisco; a interposição de um anteparo de chumbo ou papel molhado permanecia sem nenhum efeito sobre o eletrômetro, embora o brilho do fio sofresse as variações costumeiras. Isso confirma bem que os raios n não elevam sua temperatura. Além disso, eu me assegurei de que o método era suficientemente sensível pelas experiências seguintes. Com a ajuda de um reostato de fio, um ajudante fazia variar a resistência do circuito compreendendo o fio de platina e os acumuladores e, assim, a intensidade da corrente, mas não o suficiente para que o observador percebesse uma variação do brilho do fio; apesar disso, o eletrômetro se desviou 3 divisões do micrômetro ocular. Eis ainda um outro controle: uma elevação de um grau da temperatura do fio mudava sua resistência na razão de aproximadamente 1,004/1; a diferença entre os potenciais de A e de B mudaria na mesma proporção pois, sendo grande a resistência exterior ao fio, a intensidade não muda; nas minhas experiências, essa variação desviaria o eletrômetro de 15 divisões. Como não se constatou absolutamente nenhum desvio, a elevação de temperatura foi certamente muito inferior a $1/15 \times 1/4 = 1/60$ de grau e, por conseguinte, completamente insuficiente para produzir o aumento de brilho observado. Fica estabelecido assim de modo mais do que abundante que o aumento de brilho produzido pelos raios n não é devido a um aumento de temperatura.

Nas experiências sobre uma lâmina de platina que foram descritas acima, o aumento de brilho se mostrava sobre *as duas faces* da lâmina. Sendo dado que não há elevação de temperatura, esse fato parece paradoxal: como, de fato, os raios n não atravessam a platina, pareceria que não devesse haver ação a não ser sobre a face da lâmina que lhes é exposta. Para conciliar tudo, é preciso supor que os raios n , que não atravessam a platina fria, atravessam a platina incandescente. Então tomei novamente o aparelho destinado a mostrar a ação dos raios n sobre uma [p. 169] pequena chama, depois, atrás da lente de quartzo, dispus uma lâmina de platina maior do que a lente. A interposição de um anteparo de chumbo *entre a platina e a fonte* não produzia nenhum efeito sobre a pequena

chama, o que verifica a opacidade da platina. A lâmina de platina sendo depois levada ao vermelho, constata-se que a interposição do anteparo de chumbo diminuía o brilho da pequena chama: os raios n que saem do bico de Auer atravessam, portanto, a platina incandescente.

BLONDLOT, René. Sur de nouvelles actions produites par les rayons n ; généralisation des phénomènes précédemment observés. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 684-686, 1903 (h).

SESSÃO DE 2 DE NOVEMBRO DE 1903

[p. 684] FÍSICA. – *Sobre novas ações produzidas pelos raios n generalização dos fenômenos observados anteriormente.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Quando se dirige um feixe de raios n , seja sobre uma pequena faísca elétrica, seja sobre uma pequena chama, seja sobre uma substância fosforescente previamente submetida ao Sol, ou ainda sobre uma lâmina de platina levada ao vermelho sombrio, vê-se a luz emitida por essas diferentes fontes aumentar de brilho. Nessas experiências, opera-se sobre fontes que emitem luz espontaneamente. Perguntei-me se não seria possível generalizá-las empregando um corpo que não emite luz ele próprio, mas que envia de volta aquele que lhe vem de uma fonte exterior. Em consequência, fiz a seguinte experiência: uma faixa de [p. 685] papel branco, com comprimento de 15 mm e largura de 2 mm, é fixada verticalmente em um suporte de fio de ferro; sendo feita a obscuridade na sala, ilumina-se fracamente a faixa de papel projetando sobre ela lateralmente um feixe de luz emitido por uma pequena chama encerrada em uma caixa perfurada por uma fenda vertical.

Por outro lado, os raios n são produzidos com a ajuda do seguinte dispositivo: um bico Auer munido de uma chaminé em chapa metálica na qual foi praticada uma abertura retangular de 60 mm de altura e de 25 mm de largura, é encerrada em uma lanterna em chapa metálica perfurada por uma janela colocada diante da abertura da chaminé, e obturada por uma folha de alumínio. Diante dessa janela coloca-se a pequena faixa de papel, iluminada como foi dito. Se agora os raios são interceptados interpondo-se uma lâmina de chumbo ou a mão, vê-se o pequeno retângulo de papel escurecer, e seus contornos perdem a nitidez; o afastamento do anteparo faz o brilho e a nitidez reaparecerem: a luz difundida pela faixa de papel é portanto aumentada pela ação dos raios n .

Apresenta-se a seguinte idéia: a difusão da luz é um fenômeno complexo no qual o fato elementar é a reflexão regular e, conseqüentemente, cabia procurar se a reflexão da luz não seria modificada pelos raios n . Para isso, uma agulha de tricotar de aço foi presa verticalmente no lugar da faixa de papel da experiência anterior; por outro lado, em uma caixa completamente fechada, com exceção de uma fenda vertical praticada à altura do bico de Auer e obturada por um papel transparente, foi disposta uma chama de modo a iluminar a fenda. Colocando convenientemente o olho e a fenda, vê-se a imagem desta formada pela reflexão sobre o cilindro de aço; a superfície refletora recebe ao mesmo tempo os raios n . Foi então fácil de constatar que a ação desses raios reforça a imagem, pois, quando eles são interceptados, essa imagem escurece e se torna avermelhada. Repeti essa experiência com o mesmo sucesso empregando, no lugar da agulha de tricotar, um espelho plano de bronze.

Obtém-se ainda o mesmo resultado fazendo refletir a luz sobre uma face polida talhada em um bloco de quartzo; no entanto, quando os raios n caem normalmente sobre a face refringente, sua ação sobre a luz refletida desaparece, qualquer que seja a incidência desta, seja porque essa ação se torna nula, seja porque ela se torna apenas desprezível. Para que a luz refletida pelo quartzo seja reforçada pelos raios n , não é necessário que estes estejam dirigidos do exterior para o interior [p. 686] do quartzo: esta ação ocorre ainda quando os raios n atravessam a superfície refletora de dentro para fora.

Todas essas ações dos raios n sobre a luz exigem um tempo apreciável para serem produzidas e para desaparecerem.

Não consegui, variando a experiência de um grande número de modos, constatar qualquer ação dos raios n sobre a luz refratada.

Farei aqui o seguinte comentário geral relativo à observação dos raios n . A capacidade de perceber fracas variações de intensidade luminosa varia muito de uma pessoa a outra: certas pessoas vêem da primeira vez e sem nenhuma dificuldade o reforço que os raios n produzem no brilho de uma pequena fonte luminosa; para outros, esses fenômenos estão quase no limite daquilo que eles conseguem distinguir, e somente após um certo tempo de exercí-

cio é que eles conseguem captá-los de modo corrente e observá-los com toda certeza³⁶. A pequenez desses efeitos e a delicadeza de sua observação não devem nos deter em um estudo que nos coloca de posse de radiações que até aqui permaneceram desconhecidas. Constatei recentemente que o bico de Auer pode ser substituído com vantagem pela lâmpada Nernst, em vidro, que dá os raios *n* mais intensos: com uma lâmpada de 200 watts, os fenômenos são suficientemente fortes para serem, segundo creio, facilmente visíveis imediatamente por todos os olhos³⁷.

³⁶ Provavelmente Blondlot estava preocupado com relatos de pessoas que tentaram fazer experimentos com os raios N e que não haviam conseguido observá-los.

³⁷ Note-se que, em vez de simplesmente culpar a visão dos que não conseguiam ver os raios N, Blondlot se preocupou em descobrir um modo de produzir efeitos mais fortes, que pudessem ser observado por pessoas menos sensíveis.

BLONDLOT, René. Sur l'emmagasinement des rayons n par certains corps. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 729-731, 1903 (i).

SESSÃO DE 9 DE NOVEMBRO DE 1903

[p. 729] FÍSICA. – *Sobre o armazenamento dos raios n por certos corpos.*
Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

No decorrer das pesquisas sobre os raios n , tive a oportunidade de constatar um fato muito notável. Os raios n , produzidos por um bico de Auer encerrado em uma lanterna, atravessavam inicialmente uma das paredes formada por uma folha de alumínio dessa lanterna, depois eram concentrados com a ajuda de uma lente de quartzo sobre o sulfeto de cálcio fosforescente ⁽¹⁾. Apagando-se e retirando-se o bico de Auer, o brilho da fosforescência permaneceu, para minha grande surpresa, quase tão intenso quanto antes, e se era interposto um anteparo de chumbo ou de papel molhado, ou a mão, entre a lanterna e o sulfeto, este escurecia: nada havia mudado pela supressão do bico de Auer, exceto que as ações observadas se enfraqueciam progressivamente. Ao fim de 20 minutos, elas ainda existiam, mas eram apenas perceptíveis.

Estudando de perto as circunstâncias do fenômeno, não tardei a reconhecer que a lente de quartzo havia se tornado ela própria uma fonte de raios n ; de fato, quando se retirava essa lente, toda ação sobre o sulfeto desaparecia, enquanto que, se o sulfeto era aproximado dela, mesmo lateralmente, ele se tornava mais luminoso. Tomei então uma lâmina de quartzo com 15 mm de espessura, com sua superfície formando um quadrado de 5 cm de lado; expus essa lâmina [p. 730] aos raios n emitidos por um bico de Auer através de duas folhas de alumínio e de papel negro. Ela se tornou ativa como a lente: quando ela era aproximada do sulfeto, parecia, segundo a expressão do Sr. Bichat, como se fosse retirado um véu que o escurecia. Obtém-se um efeito ainda mais nítido

(1) Esse sulfeto era fortemente comprimido em uma fenda praticada em uma folha de papelão com espessura de 0,8 mm; a largura da fenda é de 0,5 mm; seu comprimento é de 15 mm. Obtém-se assim, depois da insolação, uma pequena fonte luminosa muito sensível aos raios n .

interpondo a lâmina de quartzo entre a fonte e o sulfeto, bem próximo deste último.

Nessas experiências, a emissão secundária pelo quartzo se adiciona aos raios n emanados diretamente da fonte. Essa emissão secundária tem realmente sua sede em toda a massa do quartzo, e não apenas em sua superfície, pois se forem colocadas sucessivamente diversas lâminas de quartzo uma sobre a outra, vê-se o efeito aumentar a cada lâmina adicionada. O espato da Islândia, o fluorspato, a baritina, o vidro, etc., se comportam como o quartzo. O filamento de uma lâmpada Nernst permanece ativo durante várias horas depois que a lâmpada foi apagada.

Um pedaço de ouro, aproximado lateralmente do sulfeto submetido aos raios n , aumenta seu brilho; o chumbo, a platina, a prata, o zinco, etc., produzem os mesmos efeitos. Essas ações persistem depois da extinção dos raios n , como no caso do quartzo; no entanto, a propriedade de emitir raios secundários apenas penetra lentamente no seio de uma massa metálica: assim, se uma das faces de uma lâmina de chumbo com espessura de 2 mm foi exposta aos raios n durante alguns minutos, somente essa face se torna ativa; é necessária uma exposição de várias horas para que a atividade atinja a face oposta.

O alumínio, a madeira, o papel seco ou molhado, a parafina, não participam da propriedade de acumular os raios n . O sulfeto de cálcio a possui: tendo encerrado uma dezena de gramas desse sulfeto em um envelope de carta e depois tendo exposto esse envelope aos raios n , constatei que sua vizinhança era suficiente para reforçar a fosforescência em uma pequena massa de sulfeto previamente submetida ao Sol. Essa propriedade explica uma particularidade constante que assinaléi anteriormente, ou seja, que o aumento da fosforescência pela ação dos raios n demora um tempo apreciável tanto para se produzir quanto para desaparecer. Graças, de fato, ao armazenamento dos raios n , as diferentes porções de uma massa de sulfeto reforçam mutuamente suas fosforescências; mas como, por um lado, o armazenamento é progressivo, assim como o constatei diretamente, e como, por outro lado, a provisão que é armazenada não se esgota instantaneamente, daí resulta que, quando se faz os raios n caírem sobre o sulfeto fosforescente, seu

efeito [p. 731] deve crescer lentamente e, quando eles são suprimidos, seu efeito só pode se extinguir progressivamente ⁽²⁾.

Pedregulhos recolhidos às 4 horas da tarde, em um caminho onde haviam recebido as radiações solares, emitiam raios n espontaneamente: era suficiente aproximá-los de uma pequena massa de sulfeto fosforescente para aumentar seu brilho. Fragmentos de pedra calcária, de tijolo, recolhidos no mesmo caminho, produzem ações análogas. A atividade de todos esses corpos persistia ainda ao fim de 4 dias, sem enfraquecimento muito sensível. No entanto é sempre necessário, para que essas ações se manifestem, que a superfície desses corpos esteja bem seca; de fato, sabemos que mesmo uma camada de água muito fina é suficiente para deter os raios n . A terra vegetal foi encontrada inativa, sem dúvida por causa de sua umidade; pedregulhos colhidos alguns centímetros abaixo da superfície do solo eram inativos, mesmo depois de haverem sido secados.

Os fenômenos de armazenamento dos raios n que são objeto da presente Nota devem ser naturalmente comparados aos da fosforescência; apresentam no entanto um caráter todo especial, como tenho a intenção de tornar conhecido proximamente.

⁽²⁾ Indico novamente aqui que, de uma maneira geral, há vantagem, nas experiências sobre os raios n , em substituir o bico Auer por uma lâmpada Nernst consumindo 200 watts.

BLONDLOT, René. Sur le renforcement qu'éprouve l'action exercée sur l'oeil par un faisceau de lumière, lorsque ce faisceau est accompagné de rayons n . *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 831-833, 1903 (j).

SESSÃO DE 23 DE NOVEMBRO DE 1903

[p. 831] FÍSICA. – *Sobre o reforço que sofre a ação exercida por um feixe de luz sobre o olho, quando esse feixe é acompanhado por raios n .*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Estudando o armazenamento dos raios n por diversos corpos, tive a oportunidade de observar um fenômeno inesperado. Eu tinha os olhos fixos sobre uma pequena faixa de papel fracamente iluminada, a uma distância de cerca de um metro de mim; um tijolo, do qual uma das faces havia sido submetida ao Sol, tendo sido aproximado lateralmente do feixe luminoso, com a face submetida ao Sol voltada para mim e a alguns diâmetros de meu olho, vi a faixa de papel adquirir um brilho maior; quando afastava o tijolo, ou quando virava para mim a face não submetida ao Sol, o papel escurecia. Para afastar toda [p. 832] possibilidade de ilusão, coloquei perto uma caixa fechada por uma tampa e revestida de papel negro; era dentro dessa caixa completamente fechada que se colocava o tijolo e, desse modo, o fundo escuro sobre o qual a faixa de papel se destacava permanecia rigorosamente invariável; o efeito observado continuou o mesmo. A experiência pode ser variada de diferentes maneiras: por exemplo, as janelas do laboratório estando quase fechadas e o mostrador do relógio preso à parede tão fracamente iluminado que, à distância de 4 m, se pudesse entrevê-lo apenas sob a forma de uma mancha cinzenta sem contornos definidos, se o observador, sem mudar de lugar, dirigir para seus olhos os raios n emitidos por um tijolo ou pedra previamente submetidos à luz solar, ele vê o mostrador ficar mais claro, distingue nitidamente seu contorno circular e pode até chegar a ver as agulhas; quando se suprimem os raios n , o mostrador escurece de novo. Nem a produção nem a cessação desse fenômeno são instantâneas.

Como, nessas experiências, o objeto luminoso está colocado muito longe da fonte de raios n , e como, além disso, para que a experiência tenha sucesso, é preciso que esses raios sejam dirigidos para o olho e não para esse objeto, segue-se que não se trata aqui de um aumento de emissão de um corpo luminoso sob influência dos raios n , mas sim do reforço da ação recebida pelo olho, reforço devido aos raios n que se unem aos raios de luz.

Esse fato me espantou, mais ainda porque, como a menor camada de água detém os raios n , parecia implausível que eles pudessem penetrar no olho, cujos humores contêm mais de 98,6 por cento de água (Lohmeyer): seria preciso que a pequena quantidade de sais contidos nesses humores os tornassem transparentes para os raios n . Mas então a água salgada deveria, segundo toda probabilidade, ser ela própria transparente; a experiência prova que ela o é, de fato: enquanto que uma folha de papel molhada detém totalmente os raios n , a interposição de um vaso de vidro da Boêmia de 4 cm de diâmetro, cheio de água salgada, deixa-os passar sem enfraquecimento sensível. Uma quantidade muito pequena de cloreto de sódio é suficiente para tornar a água transparente.

Há mais: a água salgada armazena os raios n e, nas experiências descritas mais acima, pode-se substituir o tijolo por um recipiente de vidro fino, cheio de água salgada e previamente exposto ao Sol: o efeito é muito definido. Ele é realmente devido à água salgada, pois o recipiente vazio não produz nenhum efeito. Este é um exemplo único de um fenômeno de fosforescência em um corpo líquido³⁸; é verdade que os comprimentos de onda dos raios n são muito [p. 833] diferentes daqueles dos raios luminosos, como resulta de medidas que pretendo descrever logo a seguir.

Um olho de boi morto na véspera, livre de seus músculos e dos tecidos aderentes à esclerótica, mostra-se transparente para os raios n em todas as direções e ele próprio se tornou ativo por insolação; é o armazenamento dos raios n pelos meios do olho que é a causa dos atrasos observados tanto no estabelecimento quanto na cessação dos fenômenos que são objeto da presente Nota.

³⁸ Os materiais fosforescentes comuns são sólidos e, quando dissolvidos em água, perdem sua propriedade de fosforescência. Portanto, o fenômeno observado para os raios N era diferente do que se conhecia para a luz.

A água do mar e as pedras expostas à radiação solar armazenam raios n que devolvem depois. É possível que essas ações desempenhem um papel até agora não percebido em certos fenômenos terrestres. Talvez os raios n também não sejam desprovidos de influência sobre certos fenômenos da vida animal ou vegetal.

Eis ainda algumas observações relativas ao reforço dos raios luminosos pelos raios n .

É suficiente, para que esse fenômeno se produza, que os raios n atinjam o olho, não importa como, mesmo lateralmente; isso parece indicar que o olho do observador se comporta como um acumulador de raios n , e que são esses raios acumulados nos meios do olho que agem sobre a retina em conjunto com os raios luminosos.

Pouco importa nessas experiências que os raios n sejam emitidos por um corpo previamente submetido ao Sol, ou que sejam raios primários, produzidos por uma lâmpada Nernst, por exemplo.

O hipossulfito de sódio, seja no estado sólido, seja dissolvido na água, constitui um poderoso acumulador de raios n .

BLONDLOT, René. Sur la propriété d'émettre des rayons n , que la compression confère à certains corps, et sur l'émission spontanée et indéfinie de rayons n par l'acier trempé, le verre trempé, et d'autres corps en état d'équilibre moléculaire contraint. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 962-964, 1903 (k).

SESSÃO DE 7 DE DEZEMBRO DE 1903

[p. 962] FÍSICA. – *Sobre a propriedade de emitir raios n , que a compressão confere a certos corpos, e sobre a emissão espontânea e indefinida de raios n pelo aço temperado, o vidro temperado, e outros corpos em estado de equilíbrio molecular forçado.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Como o Sr. Professor A. Charpentier teve a gentileza de me manter ao corrente de pesquisas de ordem fisiológica que ele desenvolve atualmente relativas aos raios n , pesquisas inéditas que prometem resultados de um alto interesse, essas experiências fizeram nascer em mim a idéia de examinar se certos corpos não adquiririam, por compressão, a propriedade de emitir raios n . Para isso, comprimi, por meio de uma prensa de marceneiro, pedaços de madeira, de vidro, de borracha, etc., e constatei imediatamente que esses corpos realmente haviam se tornado *durante a compressão* fontes de raios n . aproximados de uma pequena massa de sulfeto de cálcio fosforescente, eles lhe aumentam o brilho, e podem também servir para repetir as experiências que mostram o reforço que sofre a ação exercida na retina pela luz quando os raios n agem ao mesmo tempo sobre o olho.

Essas últimas experiências podem se fazer muito simplesmente: estando as janelas de um quarto fechadas de modo a deixar apenas luz suficiente para que uma superfície branca se destacando sobre um fundo escuro, como por exemplo o mostrador de um relógio, apareça ao observador situado a 4 m ou 5 m como uma mancha cinzenta sem contornos definidos, se uma bengala colocada diante dos olhos for flexionada, vê-se a superfície cinzenta se tornar clara; se deixamos a bengala se endireitar, a superfície se torna novamente escura. No lugar da bengala, pode-se

empregar uma lâmina de vidro, que se flexiona, seja com a ajuda da prensa que se utiliza para mostrar nos cursos que o vidro se torna birrefringente por flexão, seja simplesmente com as mãos. Com um grau de claridade conveniente, que se obtém por algumas tentativas, [p. 963] esses fenômenos são facilmente visíveis. Eles não são instantâneos, dei anteriormente a razão disso; é importante ter em conta esse retardo quando se quer estudar esses fenômenos; é ele, sem dúvida, que é a causa de que eles não foram percebidos há muito tempo.

Fui então conduzido a me perguntar se os corpos que estão por si mesmos em um estado de equilíbrio interno forçado não emitiriam raios *n*. Isso é o que a experiência demonstra, de fato: as lágrimas da Batávia³⁹, o aço temperado, o latão deformado por marteladas, o enxofre fundido no estado cristalino etc. são fontes *espontâneas e permanentes* de raios *n*. Pode-se por exemplo repetir as experiências do mostrador do relógio empregando, no lugar do corpo comprimido, uma ferramenta de aço temperado, como um buril ou uma lima, ou mesmo um canivete de bolso, sem comprimi-los nem flexioná-los de forma alguma; da mesma forma, é suficiente aproximar de uma pequena massa de sulfeto de cálcio fosforescente uma lâmina de faca ou um pedaço de vidro temperado para aumentar sua fosforescência. O aço não temperado é inativo: um buril que se tempera e destempera sucessivamente é ativo quando está temperado e inativo quando está destemperado. Essas ações atravessam, sem enfraquecimento perceptível, uma placa de alumínio com espessura de 1,5 cm, uma tábua de carvalho com 3 cm de espessura, papel preto, etc.

³⁹ As “gotas da Batávia”, ou “lágrimas da Batávia” (*larmes bataviques*), eram bolas de vidro, com uma longa ponta (assemelhando-se a gotas ou girinos). Eram produzidas por resfriamento muito rápido do vidro derretido. A parte externa endurece antes e a parte interna, que se contrai enquanto esfria, fica submetida a uma grande tensão interna. Rompendo-se a ponta (ou arranhando a superfície da gota), a bola explode, pulverizando-se. Possuem esse nome por terem sido supostamente inventadas na Holanda (embora, em outros idiomas, o nome indique Bolonha – por exemplo, em alemão, *bologneser Träne*). São conhecidas em inglês por *Prince Rupert's drop*, por causa do nome do Príncipe Rupert, da Batávia, que as levou pela primeira vez para a Inglaterra na década de 1640.

A emissão de raios n pelo aço temperado parece ter uma duração indefinida: instrumentos de passeio e um marcador de couro que datam do século XVIII, conservados em minha família, que certamente não foram temperados de novo desde a época de sua fabricação, emitem raios n como o aço recentemente temperado. Uma faca proveniente de uma sepultura galo-romana situada no território de Craincourt (Lorraine) e que data da época merovíngia, assim como atestam os objetos que se encontrou lá (vasos de vidro e de terra, fibulas, fivela de cinto, espada chamada *scramasax*⁴⁰, etc.), emitem raios n do mesmo modo que uma faca moderna. Esses raios provêm exclusivamente da lâmina; o teste com a lima mostrou de fato que só a lâmina é temperada e que a extremidade destinada a ser fixada em um cabo não o é ⁽¹⁾. A emissão de raios n por essa lâmina de aço temperado persiste assim há mais de doze séculos e não parece ter se enfraquecido⁴¹.

A espontaneidade e a duração indefinida da emissão do aço evocam [p. 964] uma comparação com as propriedades do urânio, descobertas pelo Sr. H. Becquerel, e que os corpos descobertos depois pelo Sr. e Sra. Curie – rádio, polônio, etc. – apresentam com tanta intensidade. No entanto, os raios n são certamente radiações espectrais⁴²: eles são emitidos pelas mesmas fontes que

⁴⁰ Estas armas, tipicamente germânicas, eram um tipo de facão, com lâmina de 20 a 80 cm, utilizado principalmente por pessoas que não possuíam uma espada, propriamente dita. Podiam ser também presas a cabos longos, para funcionar como lanças.

⁽¹⁾ Os Gauleses primitivos parecem não haver conhecido o aço pois, conforme conta Políbio, suas espadas de ferro não cortavam e se curvavam nos combates logo aos primeiros golpes. A faca de que se trata aqui é de origem Galo-Romana, e os Galo-Romanos tinham sem dúvida aprendido dos Romanos a fabricar o aço e a temperá-lo.

⁴¹ Essa era uma propriedade anômala dos raios N. Como poderia um objeto ficar emitindo radiação durante séculos, sem que sua fonte de energia se esgotasse? Bem, na época, isso não parecia absurdo, porque os corpos radioativos também podiam emitir energia durante tempos muito longos, e não se compreendia como isso ocorria. No parágrafo seguinte, Blondlot apresentou essa comparação.

⁴² Blondlot quer dizer que pertencem ao espectro eletromagnético. Na época já se sabia que os corpos radioativos emitem partículas dotadas de carga elétrica (radiações alfa e beta).

essas radiações, se refletem, se refratam, se polarizam, possuem comprimentos de onda bem determinados, que medi. A energia que representa sua emissão é provavelmente devida à energia potencial que corresponde ao estado forçado do aço temperado: esse dispêndio é sem dúvida extremamente fraco, pois os efeitos dos raios n também o são, e isso explica a duração aparentemente ilimitada da emissão.

Uma lâmina de ferro, que se curva de modo a imprimir-lhe uma deformação permanente, emite raios n , mas a emissão cessa ao fim de alguns minutos. Um bloco de alumínio que se acabou de martelar se comporta de um modo análogo, mas a duração da emissão é ainda muito mais curta. Nesses dois casos, o estado molecular forçado é passageiro, e a emissão dos raios n também é.

A torção produz efeitos análogos aos da compressão.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 23 de dezembro de 1903

Meu caro amigo,

Estou muito feliz por terdes uma opinião bastante boa sobre meus trabalhos para não rejeitar antecipadamente e *a priori* a idéia de que eles poderiam merecer uma recompensa tão alta. Uma tal confiança em minhas pesquisas não é, eu o temo, partilhada pelo mundo acadêmico, e creio realmente que vós tendes o mesmo temor que eu. Muitos tentaram repetir minhas experiências, e tomei conhecimento de que alguns falharam (Rubens... entre outros) mas não soube que algum tenha tido sucesso⁴³.

Eu não acreditava que isso fosse tão difícil, pois todos a quem os mostrei os viram pelo menos parcialmente; ainda por cima, aquele que os via menos era Charpentier, e eis que ele se deu tão bem que fez descobertas.

A situação em que me encontro é penosa: por um lado, os resultados que obtive são absolutamente seguros e creio que são de um alto interesse; e, por outro lado, farejo por todos os lados um ceticismo educado que não ousa se afirmar, mas que se endurecerá sem dúvida. É assim, por exemplo, que na sessão do dia 27 de novembro da Sociedade Alemã de Física, O. Lummer, depois de haver indicado os fenômenos subjetivos que se produzem no exame de objetos fracamente iluminados, termina assim: "Sobald die von H. Blondlot beobachteten Phänomene auch durch objektive Missinstrumente einwandsfrei nachgewiesen sein werden, ist natürlich die hiergegeben Darlegung nur noch von sekundärer Bedeutung für die n-Strahlen"⁴⁴.

Eis ao que levou essa situação: absolutamente seguro e senhor do método subjetivo de investigação pelos olhos, eu me servi dele

⁴³ Como vimos na primeira parte deste livro, houve reprodução bem-sucedida dos experimentos de Blondlot não apenas na França, mas também na Inglaterra e Irlanda.

⁴⁴ Em alemão, no original. Tradução: "Enquanto os fenômenos observados pelo senhor H. Blondlot não forem provados também por instrumentos de medida objetivos, naturalmente a afirmação aqui fornecida tem apenas importância secundária para os raios N."

para avançar adiante, seduzido em todos os pontos do caminho por novas surpresas, e não me preocupei em pesquisar os métodos objetivos. Parece que chegou o momento de pensar nisso e fazer uma pausa. Já forneci na sessão de 11 de maio da Academia (p. 1120, vol. CXXXVI) um exemplo que não parece ter prendido a atenção: a experiência consiste em impressionar uma placa fotográfica pela pequena fonte luminosa que serve de analisador, fazendo duas experiências de mesma duração: em uma delas, os raios γ caem sobre o analisador, na outra eles são interceptados. A pequena faísca é muito apropriada para servir de fonte analisadora nessas experiências porque ela é muito actínica⁴⁵ e pode-se mantê-la constante; circunstâncias que não se encontram na fosforescência. A pequena faísca sempre deu um impulso [efeito] mais forte quando ela recebeu os raios γ . Junto a esta carta a fotogravura que acompanhou minha carta de 11 de maio. Repeti freqüentemente experiências análogas, e elas nunca falharam (tenho os clichês)⁴⁶. Ocupo-me em aperfeiçoá-las e aplicá-las às diversas fontes de raios γ : lágrimas da Batávia, aço, corpos comprimidos e submetidos ao Sol, etc. Não sei o que se poderia objetar a essas experiências, a não ser a dificuldade em executá-las, dificuldades que espero reduzir consideravelmente com a ajuda de um aparelho automático, eliminando as variações espontâneas da faísca por um cruzamento contínuo das experiências.

Outras experiências continuam e continuarão, creio, subjetivas: como a determinação dos focos das lentes, o estudo da dispersão pelos prismas, a dos comprimentos de onda.

O estudo da dispersão foi feito com a ajuda de dois prismas de alumínio, um de $27^{\circ} 15'$, o outro de 60° . Os índices obtidos com esses dois prismas são realmente iguais, respectivamente. Eles também concordam com os que são dados pelas distâncias focais de uma lente plano-convexa de alumínio de 6,63 cm de raio⁴⁷.

⁴⁵ Utilizava-se o adjetivo “actínico” para indicar radiações que produzem fortes efeitos fotográficos.

⁴⁶ Algumas vezes o experimento dava resultados contrários à previsão, como Blondlot admitiu em publicações posteriores.

⁴⁷ A concordância entre os resultados obtidos por diferentes métodos é um dos pontos fortes da pesquisa de Blondlot.

Índices: 1,04 | 1,20 | 1,29 | 1,36 | 1,40 | 1,48 | 1,68 | 1,85 ...
Um feixe fino de raios n cai sobre um prisma de alumínio que os dispersa; o comprimento de onda de cada um dos feixes homogêneos é então determinado pelo método das redes. Mediu-se o desvio angular de 10 franjas, ou de 20. Eis aqui alguns dos resultados.

Índice 1,04	Comprimento de onda
Com uma rede de 1/200 de milímetro	0,00813 μ
1/100	0,000795 μ
1/50	0,0083 μ

Um método dos anéis de Newton (menos preciso do que o das redes) deu 0,00853 μ .

Índice 1,20	
Com a rede de 1/200 de milímetro	0,00932 μ
1/100	0,0102 μ
1/50	0,0106 μ

Índice 1,85	Comprimento de onda
Com uma rede de 1/200 de milímetro	0,0176 μ
1/100	0,0171 μ
1/50	0,0184 μ

O método dos anéis deu 0,017 μ .

A precisão dessas medidas não é talvez muito grande, comparada à que se pode fazer com a luz, mas a concordância dos números obtidos com a ajuda de três redes e também pelo método dos anéis garante que se está realmente com a verdade. Todas essas medidas foram repetidas um *número muito grande* de vezes e os resultados foram sempre concordantes. O Sr. Sagnac poderá meditar sobre os perigos da precipitação...⁴⁸

⁴⁸ Sagnac sugeriu que, em vez de radiações com diferentes comprimentos de onda, Blondlot estaria na verdade observando efeitos de difração.

Tudo o que precede está prestes a ser publicado. Recentemente reconheci a existência de raios *n muito pouco refrangíveis* para o alumínio e que *diminuem* a fosforescência em vez de aumentá-la. Para que vós possais julgar vós próprio a visibilidade e a possibilidade de repetir as experiências sobre os raios n, eu vos enviei hoje à tarde um anteparo fosforescente e uma lágrima da Batávia. Eis o que vós podeis fazer: tendo exposto o anteparo à luz do Sol, depois colocado em um local absolutamente escuro, olhando-o a uma distância conveniente (aproximadamente um metro), vereis apenas vagamente os números e furos do anteparo. Aproximando então a lágrima da Batávia, vós vereis, espero, o brilho do anteparo aumentar e os números e buracos se tornarem mais nítidos⁴⁹. Mesma experiência substituindo a lágrima da Batávia por uma faca, [ou ainda fechando fortemente o punho perto do anteparo (Charpentier)].

Eu vos enviarei em breve positivos, que estamos tirando, dos clichês de que vos falei acima. O Sr. Mascart disse ao Sr. Bichat que ele tinha a intenção de vir em breve ver minhas experiências. Estou curioso para saber o que ele pensará.

Eis agora meu *mea culpa*:

1º Confundi inicialmente os raios n com os raios X;

2º Emiti erroneamente a opinião de que os raios n poderiam ser vizinhos dos raios de grande comprimento de onda de Rubens;

3º Acreditei que o sal gema era opaco, enquanto ele é transparente: meu erro vem de que eu havia trabalhado com um pedaço de sal gema *serrado*, e portanto *despolido*, foi suficiente molhá-lo para torná-lo transparente ao mesmo tempo para a luz e para os raios n. Apenas essa influência da falta de polimento é suficiente para mostrar que os comprimentos de onda devem ser muito pequenos.

Aceitai a expressão de minha cordial e reconhecida amizade.

R. Blondlot

⁴⁹ Note-se que Blondlot parece totalmente sincero em seu trabalho e procura facilitar os meios para que outras pessoas também observem a radiação.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 28 de dezembro de 1903

Meu caro amigo,

Fiz enviar pelo correio para o vosso endereço 3 clichês acompanhados de explicações e mostrando as ações dos raios da lâmpada Nernst e do aço sobre uma faísca; o clichê sem raio n , e sobre o qual as imagens são iguais, foi revelado mais tempo do que os outros, a fim de assegurar que não surgiria uma diferença pelo prolongamento da revelação; isso não ocorreu.

Outros clichês mostram que a ação das lágrimas da Batávia é aproximadamente semelhante à do aço temperado.

Eu utilizo um aparelho de vai-e-vem muito simples, que permite cruzar as experiências sobre as duas metades da placa, de 5 em 5 segundos, uma das metades sempre recebendo a luz da faísca submetida aos raios n , e a outra metade recebendo sempre a luz da faísca subtraída aos raios n por um anteparo.

As experiências que fiz com esse aparelho, em número de 16, deram *todas* os resultados previstos: igualdade ou desigualdade das imagens no sentido esperado.

Não vos preocupeis em devolver-me esses clichês, pois eu obtenho tantos quantos quizer, *com toda certeza*; uma experiência completa exige menos do que um quarto de hora.

Adiciono ao meu envio um cartão com uma fenda com sulfeto, e uma pequena quantidade de sulfeto, para variar as experiências, se o desejais.

Eis as respostas que pude fazer a vossas questões⁵⁰.

Uma intensidade fraca da fosforescência parece preferível.

A lágrima (ou o aço) deve ser aproximada a alguns centímetros; sua ação se torna insensível a um metro; pode-se também escondê-la sob a mão, tendo o cuidado e não contrair os músculos, ou melhor, colocá-la atrás de si. Desconfiar da ação sobre o próprio olho, o qual pode enganar.

A ação se produz e cessa em alguns segundos⁵¹; muitas pessoas

⁵⁰ A carta de Poincaré foi perdida, mas podemos adivinhar as perguntas.

⁵¹ Anteriormente Blondlot havia apenas afirmado que os efeitos não surgem

vêm melhor a cessação do que o estabelecimento da ação.

Como o mostrador que vos enviei é, pelo que penso, de zinco, a lágrima não agirá por detrás; não ocorre o mesmo com a fenda, cheia de sulfeto. Esse mostrador me foi dado por um chefe de trabalhos da Escola de Farmácia, que se serviu dele para repetir minhas experiências, que ele viu muito facilmente, aliás.

Tentei diversas vezes experiências com um anteparo furado, como aquele que vós me indicais; jamais obtive sucesso⁵². Penso que isso se deve à propagação da fosforescência, observada por Ed. Becquerel, e também à ação mútua das porções da substância fosforescente, que se enviam raios γ . É importante não fazer nenhum esforço de acomodação, nem de fixação, olhar com um olho distraído e sem acomodar de modo nenhum (se conseguir), (como os pintores impressionistas), e mesmo manter a cabeça em um ligeiro movimento contínuo e irregular. Bem cordialmente vosso,

R. Blondlot

(Mais uma Nota de um físico alemão, Zahn, que não viu nada!)

nem desaparecem instantaneamente, mas não havia informado qual era a ordem de grandeza do tempo.

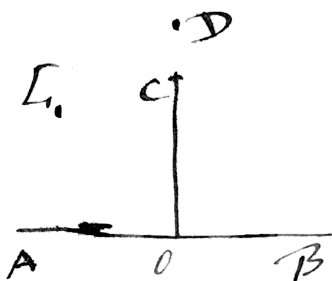
⁵² Na próxima carta Blondlot descreveu um experimento que deu resultados e cujo ponto de partida foi a sugestão de Poincaré.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, janeiro de 1904

Meu caro amigo,

Tenho tanto a fazer, e tantos afazeres, todo esse tempo aqui, que estou muito atrasado para vos dizer que a experiência que vós me propusestes em vossa última carta teve perfeito sucesso.



Entre as duas metades AO e OB da tela fosforescente é disposta uma lâmina de chumbo OC perpendicular à tela; em L, lágrima da Batávia, em D o olho que pode ver simultaneamente AO e OB. Se colocamos sobre AO e BO dois objetos escuros semelhantes: chave, papel negro recortado, esse objeto se destaca infinitamente melhor sobre o fundo brilhante do lado onde se encontra a lágrima (ou qualquer outra fonte de raio N). O efeito muda de lado ao mesmo tempo que a fonte; pode-se colocar os objetos escuros tão perto quanto se queira da lâmina de chumbo. É uma experiência notável; o jovem J. Becquerel a fez em meu laboratório, na semana passada, e a repetiu diferentes vezes⁵³.

Agora, por que não foi possível obter efeitos de contraste com um anteparo perfurado por uma fenda, creio sabê-lo, pelo menos de modo grosseiro: isso se deve à ação mútua das partes da tela; essas ações são muito fortes e se fazem por troca de raios N. Na

⁵³ Jean Becquerel visitou o laboratório de Blondlot em Nancy, familiarizou-se com os fenômenos dos raios N e depois, ao retornar a Paris, iniciou suas próprias pesquisas sobre o assunto.

experiência acima, essa troca foi impedida pelo chumbo⁵⁴. O sulfeto é extremamente sensível a todo tipo de ações (nas quais os raios N talvez não desempenhem sempre um papel); por exemplo, as experiências de Macé de Lépinay. Gutton acaba de fazer uma constatação muito interessante: a ação de um campo magnético sobre o sulfeto⁵⁵. Essa ação é muito forte, mas *ela não ocorre em um campo uniforme*. Uma bobina ou um fio único atravessado por uma fraca corrente produzem-na de forma manifesta. A necessidade de um campo magnético variado para produzir essa ação não indicaria que ela seria devida a uma ação mecânica? Esse fenômeno é tão completamente distinto da ação do aço, que não pode restar nenhuma dúvida sobre sua realidade. Estou muito feliz que Gutton tenha chegado a esse bom resultado, pois ele havia trabalhado muito sem chegar a grande coisa. O campo magnético variado age fortemente sobre o olho. Não foi alguma coisa como isso que Lord Kelvin notou quando colocou sua cabeça entre os pólos de um eletroímã?

Bem cordialmente vosso.

R. Blondlot

(Rubens conseguiu, dizem-me, ver minhas experiências.)⁵⁶

⁵⁴ Esse comentário indica que o experimento sugerido por Poincaré era o de comparar o brilho de duas partes de um anteparo, separadas por um corte.

⁵⁵ Trata-se de um experimento apresentado por Camille Gutton à Academia de Ciências no dia primeiro de fevereiro de 1904.

⁵⁶ Como se percebe por esta e outras cartas anteriores, Blondlot estava muito preocupado com a falta de confirmação de suas pesquisas pelos físicos alemães e se alegrou com o boato (infundado) de que Rubens havia corroborado seus experimentos.

BLONDLOT, René. Sur la dispersion des rayons n et sur leur longueur d'onde. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 125-129, 1904 (a).

SESSÃO DE 18 DE JANEIRO DE 1904

[p. 125] FÍSICA. – *Sobre a dispersão dos raios n e sobre seu comprimento de onda.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Para estudar a dispersão e os comprimentos de onda dos raios n eu me servi de métodos completamente semelhantes àqueles que se utiliza para a luz. Para evitar complicações que poderiam resultar do armazenamento dos raios n , utilizei exclusivamente prismas e lentes de alumínio, substância que não armazena esses raios.

Eis o método empregado para estudar a dispersão. Os raios são produzidos por uma lâmpada Nernst encerrada dentro de uma lanterna de lâmina metálica perfurada por uma janela fechada por uma folha de alumínio; os raios emitidos pela lâmpada através dessa janela são filtradas por uma tábua de abeto com espessura de 2 cm, uma segunda folha de alumínio e duas folhas de papel negro, para eliminar toda radiação estranha aos raios n , diante dessas telas, e a uma distância de 14 cm do filamento da lâmpada, está disposto um grande anteparo de papelão molhado, no qual se fez uma fenda de 5 mm de largura e 3,5 cm de altura, exatamente diante do filamento da lâmpada: assim tem-se um feixe bem definido de raios n , esse feixe é recebido sobre um prisma de alumínio cujo ângulo refringente é de $27^{\circ} 15'$ e do qual uma das faces é colocada perpendicularmente ao feixe incidente.

Pode-se então constatar que da outra face refratora do prisma saem diversos feixes de raios n dispersados horizontalmente: para isso, uma fenda de 1 mm de largura e 1 cm de comprimento, praticada em uma folha de papelão, é enchida com sulfeto de cálcio tornado fosforescente; deslocando essa fenda, determina-se sem dificuldade a posição dos feixes [p. 126] dispersados e, conhecendo seus desvios, deduz-se seus índices; é o método de Descartes. Constatei assim a existência de radiações n cujos índices são respectivamente 1,04; 1,19; 1,29; 1,36; 1,40; 1,48; 1,68; 1,85. Com o

fim de medir com exatidão os dois primeiros índices, utilizei um outro prisma de alumínio, tendo um ângulo de 60° : encontrei novamente para um dos índices o mesmo valor, 1,04, e para o outro 1,15 em vez de 1,19.

Para controlar os resultados obtidos por meio do prisma, determinei os índices produzindo, com uma lente de alumínio, as imagens do filamento da lâmpada, e medindo sua distância à lente. Essa lente, plano-convexa, tem um raio de curvatura de 6,63 cm e uma abertura de 6,8 cm. A fenda do anteparo de papelão molhado é aumentada de modo a formar uma abertura circular de 6 cm de diâmetro; a lente é colocada a uma distância conhecida, p centímetros, do filamento incandescente, e procura-se, com a ajuda do sulfeto fosforescente, a posição das imagens conjugadas do filamento⁵⁷. A tabela abaixo dá os valores dos índices encontrados, tanto com a ajuda dos prismas quanto com a ajuda da lente:

Prismas		Lente		
de $27^\circ 15'$	de 60°	$p = 40$	$p = 30$	$p = 22$
1,85	--	1,86	1,91	1,91
1,68	--	1,67	1,66	1,67
1,48	--	1,50	1,49	1,48
1,40	--	1,42	1,42	1,43
1,36	--	1,36	1,36	1,37
1,29	--	1,31	1,31	--
1,19	1,15	1,20	--	--
1,04	1,04	--	--	--

Eis ainda uma verificação desses resultados: se adotarmos para o quarto índice o valor médio 1,42, calcula-se que, para um prisma de alumínio de 60° , a incidência que dá o desvio mínimo é de $45^\circ 19'$ e que esse desvio é de $30^\circ 38'$; o desvio observado foi $31^\circ 10'$. Com a mesma incidência, o desvio calculado da radiação cujo

⁵⁷ Neste experimento, somente depois de fazer as medidas e efetuar os cálculos para encontrar a distância focal da lente e, depois, o seu índice de refração, é que podem ser comparados os diversos valores. Portanto, em uma experiência como essa parece estar excluída a possibilidade de fraude por parte do auxiliar de Blondlot (ver seção 8.6).

índice é 1,5, é $37^{\circ} 20'$; o desvio observado foi 36° . Com a mesma incidência, o desvio calculado da radiação cujo índice é 1,67, é $57^{\circ} 42'$; o desvio observado foi $56^{\circ} 30'$. [p. 127]

Passo agora à determinação dos comprimentos de onda.

Com a ajuda da disposição descrita acima para estudar a dispersão pelo prisma de $27^{\circ} 15'$, obtêm-se feixes refratados cada um dos quais é sensivelmente homogêneo. Fazendo cair o feixe que se propõe estudar sobre um segundo anteparo de papelão molhado com uma fenda de 1,5 mm de largura, isola-se uma porção muito estreita desse feixe.

Por outro lado, à viseira móvel de um goniômetro, fixou-se uma folha de alumínio de modo que seu plano seja normal ao dessa viseira; nessa folha foi feita uma fenda com largura de apenas $1/15$ de milímetro e guarnecida com sulfeto de cálcio fosforescente; o goniômetro é disposto de modo que seu eixo esteja exatamente abaixo da fenda do segundo papelão molhado. Fazendo girar a viseira, localiza-se exatamente a trajetória do feixe, e pode-se constatar que ele é realmente único e não é acompanhado por nenhum feixe lateral, como o que poderia ser eventualmente produzido pela difração no caso de grandes comprimentos de onda.

Coloca-se então uma rede [de difração] diante da fenda do segundo papelão molhado (por exemplo, uma rede de Brunner de $1/200$ de milímetro); se agora se explora o feixe que sai, fazendo girar a viseira que carrega o sulfeto fosforescente, constata-se a existência de um sistema de franjas de difração, exatamente como com a luz; porém essas franjas são muito mais próximas e são sensivelmente equidistantes: isso já indica que os raios n possuem comprimentos de onda muito mais curtos do que os das radiações luminosas.

O desvio angular das franjas ou, o que dá no mesmo, a rotação da viseira correspondente à passagem da fenda fosforescente de uma franja brilhante à seguinte, por ser um ângulo pequeno, é determinado pelo método de reflexão, com a ajuda de uma régua dividida e uma luneta, colando-se um espelho plano na viseira⁵⁸.

⁵⁸ Nesse método de medida de pequenos ângulos, observa-se com uma luneta um espelho que reflete a imagem de uma escala fixa.

Além disso, não se mede a separação entre duas franjas consecutivas, mas entre duas franjas simétricas de uma ordem elevada, por exemplo, a décima franja à direita e a décima franja à esquerda. Dessas medidas de ângulos e do número de traços da rede por milímetro, deduzem-se os comprimentos de onda aplicando a fórmula conhecida.

Cada comprimento de onda foi determinado por três séries de medidas efetuadas com três redes tendo respectivamente 200, 100 e 50 traços por milímetro. [p. 128]

A tabela seguinte contém os resultados dessas medidas:

Índices	Comprimentos de onda			Valores pro- váveis dedu- zidos dos anteriores
	Rede empregada			
	1/200 de mm	1/100 de mm	1/50 de mm	
	μ	μ	μ	
1,04	0,00813	0,00795	0,00839	0,00815
1,19	0,0093	0,0102	0,0106	0,0099
1,4	0,0117	--	--	0,0117
1,68	0,0146	--	--	0,0146
1,85	0,0176	0,0171	0,0184	0,0176

Desejando controlar essas determinações pelo emprego de um método completamente diferente, recorri aos anéis de Newton⁵⁹. Esses anéis sendo produzidos com luz amarela, por exemplo, se passamos de um anel escuro ao seguinte, a variação de retardamento óptico na lâmina de ar é de um comprimento de onda do amarelo. Se, agora, com o mesmo aparelho e a mesma incidência, produzimos anéis por meio de raios n , e se contarmos o número desses anéis compreendidos no intervalo de dois anéis escuros em luz amarela, teremos o número de vezes que um comprimento de onda dos raios n está contido no comprimento de onda do ama-

⁵⁹ Observa-se nos experimentos de Blondlot a preocupação em variar os métodos, de utilizar processos de observação e medida independentes, que possam ser utilizados como controle mútuo. Esta é uma característica das boas pesquisas experimentais e certamente impressionou positivamente os outros físicos da época.

relo. Esse método, aplicado aos raios de índice 1,04 deu para o comprimento de onda 0,0085 μ em vez de 0,0081 μ encontrado com a ajuda das redes, e para o índice 1,85 o valor 0,017 μ em vez de 0,0176 μ . Embora o método dos anéis seja inferior ao das redes, por causa da incerteza sobre a posição exata dos anéis escuros na experiência óptica por causa da necessidade de tornar esses anéis extremamente largos, a concordância dos números obtidos pelos dois métodos constitui um controle precioso.

Na tabela fornecida acima manteve todas as decimais que surgiram no cálculo dos números deduzidos da observação. Embora eu não possa indicar com certeza o grau de aproximação dos resultados, creio apesar disso que os erros relativos não atingem 4 por cento.

Os comprimentos de onda dos raios n são muito menores do que os da luz, contrariamente ao que eu imaginei primeiramente, e contrariamente às determinações que o Sr. Sagnac acreditou poder tirar da situação das imagens múltiplas de uma fonte por uma lente de quartzo, imagens que ele atribuiu à difração. Observei antes que, [p. 129] enquanto que a mica polida deixa passar os raios n , a mica despolida os detém, e também que, enquanto o vidro polido os reflete regularmente, o vidro despolido os difunde: esses fatos já indicavam que os raios n não poderiam ter grandes comprimentos de onda. Quando se quer estudar a transparência de um corpo, deve-se tomar cuidado para que sua superfície seja bem polida: é assim que inicialmente classifiquei o sal gema entre as substâncias opacas, porque a amostra de que me servi, tendo sido serrada de um bloco grande, havia permanecido despolida: o sal gema é na realidade transparente.

As radiações de comprimento de onda muito curto descobertas pelo Sr. Schuman são fortemente absorvidas pelo ar; os raios n não o são: isso indica a existência de faixas de absorção entre o espectro ultravioleta e os raios n . O comprimento de onda dos raios n aumenta com seu índice, contrariamente ao que ocorre para as radiações luminosas⁶⁰.

⁶⁰ Este era um aspecto diferente, mas que não chegava a representar uma anomalia. No caso da dispersão anômala, isso também ocorre para a luz.

Se o aumento de brilho de uma pequena fonte luminosa por ação dos raios n deve ser atribuído a uma transformação dessas radiações em radiações luminosas, essa transformação está de acordo com a lei de Stokes⁶¹.

⁶¹ A lei de Stokes à qual Blondlot estava se referindo afirma que, nos fenômenos de fluorescência, o comprimento de onda da radiação emitida é sempre maior do que o da radiação incidente. Assim, por exemplo, radiação ultravioleta pode produzir luz visível, mas o inverso não pode ocorrer. No caso dos raios N, se o fenômeno de aumento de luminosidade fosse um tipo de fluorescência, isso estaria de acordo com a lei de Stokes porque o comprimento de onda dos raios N era menor do que o da luz visível.

BLONDLOT, René. Enregistrement, au moyen de la photographie, de l'action produite par les rayons N sur une petite étincelle électrique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 453-456, 1904 (b).

SESSÃO DE 22 DE FEVEREIRO DE 1904

[p. 453] FÍSICA. – *Registro, por meio da fotografia, da ação produzida pelos raios N sobre uma pequena faísca elétrica.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Embora os raios N não produzam eles próprios ação fotográfica, é apesar disso possível utilizar a fotografia para revelar sua presença e para estudar suas ações. Consegue-se isso, como já o indiquei desde o dia 11 de maio de 1903, fazendo agir durante um tempo determinado uma pequena fonte luminosa sobre uma placa sensível, enquanto essa fonte está submetida à ação dos raios N, depois repetindo a experiência durante o mesmo tempo e em condições idênticas, a não ser por serem suprimidos os raios N: a impressão produzida é notavelmente mais intensa no primeiro caso do que no segundo. Como exemplo de aplicação desse método, naquela época apresentei duas fotogravuras cuja comparação mostra que a água, mesmo em camada muito fina, detém os raios N que saem de um bico de Auer ⁽¹⁾. Depois, ampliei essas experiências para o registro das ações produzidas por raios N de diversas origens, e as aperfeiçoei como vou expor.

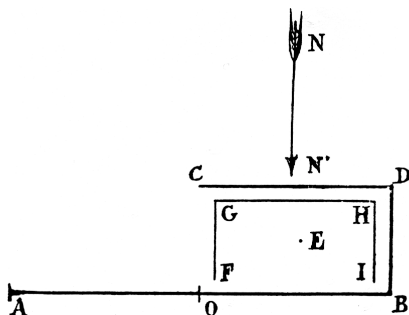
Uma pequena faísca elétrica é a fonte luminosa sensível mais apropriada para esse gênero de pesquisas: por um lado, de fato, ela é muito actínica e, por outro lado, pode-se mantê-la durante tanto tempo quanto seja necessário, com a mesma intensidade⁶². Embora seja impossível obter uma invariabilidade absoluta no brilho da faísca, como essas pequenas [p. 454] variações se produzem de um modo não sistemático, sua influência deve desaparecer na impres-

(1) Ver *Comptes Rendus*, vol. CXXXVI, p. 1227.

⁶² Para conseguir faíscas regulares Blondlot construiu dispositivos especiais com eletrodos muito pequenos de platina, polidos e ajustados por micrômetro. Esses dispositivos nunca foram descritos em seus artigos, mas aparecem em um trabalho de Marcel Ascoli, que visitou seu laboratório (Ascoli, 1904).

são total recebida pela placa ao fim de um tempo de exposição mesmo bastante curto⁶³; por outro lado, consegui eliminar de uma maneira ainda mais completa essa causa de perturbação, por um cruzamento repetido das experiências, do modo como vou explicar.

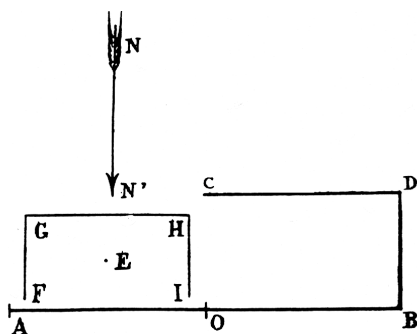
A figura 1 abaixo representa um corte horizontal do aparelho empregado, AB é a placa fotográfica tendo 13 cm de comprimento, E é a faísca, encerrada em uma caixa de papelão FGHI, aberta apenas do lado da placa, e que não permite à faísca agir sobre a metade OB da mesma; CD é um anteparo de chumbo revestido de papel molhado e preso ao chassis que contém a placa. Os raios N, provenientes de uma fonte qualquer, formam um feixe que tem a direção e sentido NN'. As coisas estando assim dispostas, os raios N são detidos pela tela CD: a faísca, enquanto ela impressiona a metade OB da placa, está abrigada dos raios N.



Agora, demos ao chassis que contém a placa uma translação para a direita igual à metade de seu comprimento (fig. 2); a metade AO da placa toma assim o lugar que era ocupado pela metade OB

⁶³ Blondlot não esclareceu seu raciocínio, mas é fácil perceber o que ele queria dizer. Suponhamos que a flutuação de brilho das faíscas fosse de 30%, ou seja, que entre uma faísca e outra a variação média tivesse esse valor. As faíscas eram produzidas por uma bobina de indução, que produz dezenas de faíscas por segundo. Suponhamos que produzisse apenas 10 faíscas por segundo. Em 5 segundos, seriam 50 faíscas. Nesse caso, a variação média de emissão de luz total entre duas séries de 5 segundos seria de aproximadamente $30\% / \sqrt{50} = 4\%$, apenas.

e, desta vez, o anteparo CD, transportado com o chassi nesta translação, não está mais interposto no trajeto dos raios N: a metade AO da placa recebe portanto a ação da faísca submetida aos raios N.

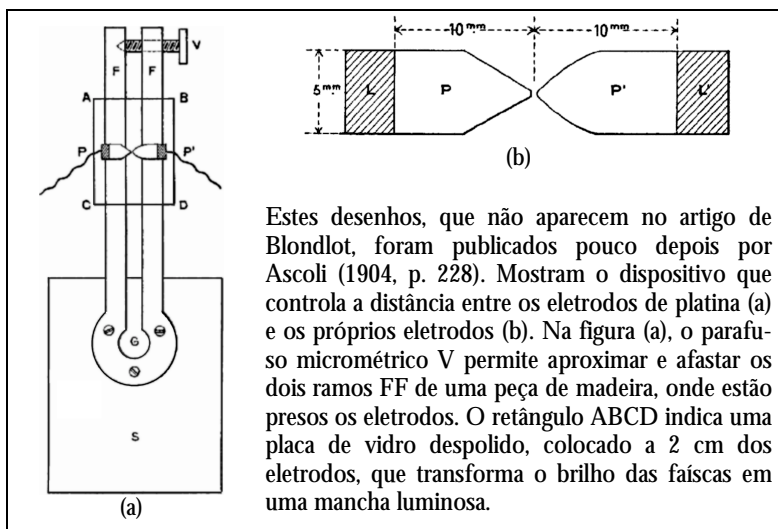


Isso colocado, eis a experiência: mantenhamos inicialmente a placa na primeira das posições indicadas acima durante 5 segundos, depois na segunda posição, igualmente durante 5 segundos; retornemo-la à primeira posição, e recomeçamos um certo número de vezes a dupla [p. 455] operação que acaba de ser descrita... Ao fim de um tempo igual a um múltiplo par de 5 segundos, por exemplo, ao fim de 100 segundos, cada uma das metades da placa terá ficado diante da faísca durante tempos iguais; no entanto, enquanto AO está exposta, havia raios N e, enquanto OB estava exposta, não havia.

Graças a um arranjo de guias e travas, a manobra de vai-e-vem do chassi pode ser executada com uma segurança e uma regularidade perfeitas, apesar da obscuridade; um metrônomo serve para regular seu ritmo⁶⁴.

⁶⁴ Como o experimento era realizado no escuro, não se utilizava um cronômetro ou dispositivos semelhantes para marcar o tempo. Um metrônomo (do tipo utilizado em música, para marcar o ritmo) produz pequenos “cliques” de tempos em tempos iguais. Regulando-se o metrônomo para um período de um segundo, bastava contar cinco “cliques” e então mover o dispositivo. O movimento era produzido manualmente.

A faísca foi produzida por uma pequena bobina de indução, chamada aparelho de carruagem de du Bois-Reymond; ela brilha entre duas pontas lisas de platina com irídio, cuidadosamente trabalhadas e polidas; essas pontas são fixadas nos dois ramos de uma pinça de madeira que a elasticidade tende a fechar e que um visor micrométrico permite afastar. A uma distância de cerca de 2 cm da faísca, e diante da placa, é fixada uma lâmina de vidro despolido: como já indiquei anteriormente, a luz da faísca produz sobre esse vidro despolido uma mancha iluminada extensa, muito mais fácil de observar que a faísca nua, e dando sobre a placa fotográfica impressões de uma forma mais regular. A regulagem da faísca é a parte delicada da experiência. É preciso inicialmente regular a corrente induzida, modificando, por um lado a corrente indutora, e por outro lado a posição da bobina induzida, até que a faísca seja muito fraca; as pontas são lavadas com álcool, depois se faz passar entre elas uma folha de papel seco, para limpá-las e polir de novo sua superfície; age-se depois sobre o parafuso da pinça de modo a tornar a faísca tão curta quanto possível, sem que no entanto as pontas corram o risco de se tocarem ao [p. 456] menor abalo casual, o que a faz desaparecer por intermitência.



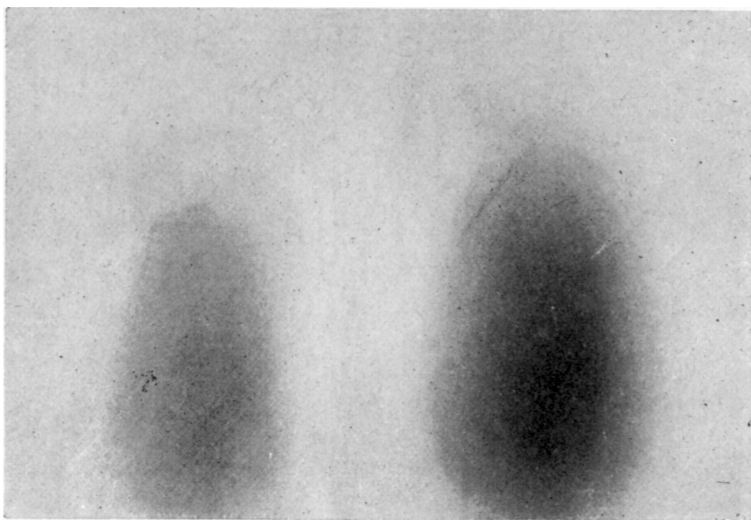


Figura 3. [Esquerda] Sem raios N. [Direita] Com raios N produzidos por duas grandes limas.

Por tentativas metódicas, que exigem às vezes muito tempo e paciência, chega-se a obter uma faísca ao mesmo tempo regular e extremamente fraca; ela é então sensível à ação dos raios N: se dirigirmos sobre ela um feixe dessas radiações, proveniente de uma fonte qualquer, vê-se a mancha do vidro despolido aumentar de brilho e de extensão; ao mesmo tempo que a sua parte central se torna mais luminosa, ela se cerca de um tipo de auréola. Pode-se então proceder à experiência fotográfica. Fiz cerca de quarenta dessas experiências, empregando sucessivamente, para produzir os raios N, uma lâmpada Nernst, madeira comprimida, aço temperado, lágrimas da Batávia, etc.; eu as variei de diferentes maneiras, por exemplo, mudando o lado CD, tomando uma tela de zinco transparente aos raios N, etc. Diversos físicos eminentes, que tiveram a gentileza de visitar meu laboratório, foram testemunhas disso. Dessas quarenta experiências, houve apenas um insucesso: os raios N eram produzidos por uma lâmpada de Nernst e, no lugar das impressões desiguais esperadas, obteve-se duas imagens sensivelmente iguais; eu creio que esse insucesso, único por outro

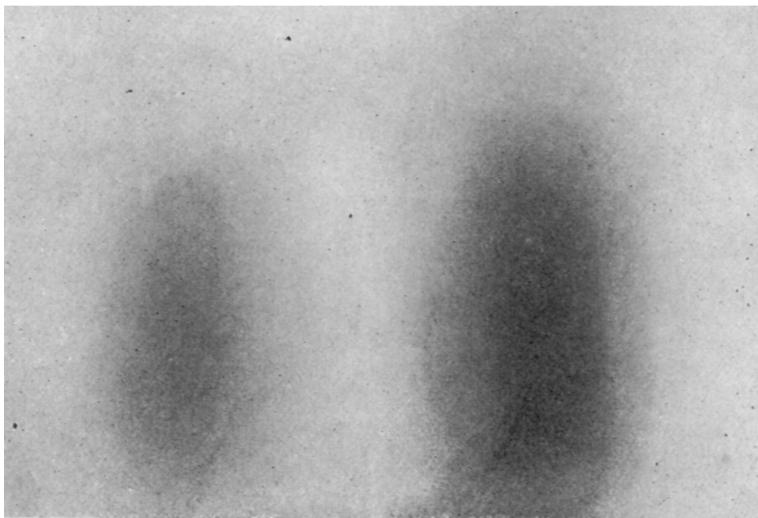


Figura 4. [Esquerda] Sem raios N. [Direita] Com raios N provenientes de uma lâmpada Nernst.

lado, deve ser atribuído a uma regulagem insuficiente da faísca, a qual, sem dúvida, não estava sensível. A figura 3 dá uma reprodução, pela fotogravura, das provas obtidas com os raios N produzidos por uma lâmpada Nernst.

A figura 4 dá o mesmo resultado de uma experiência com raios N produzidos por duas grossas limas.⁶⁵

Embora as fotogravuras estejam longe de reproduzir de um modo satisfatório o aspecto dos clichês originais, elas conseguem mostrar, apesar disso, a influência dos raios N sobre a impressão fotográfica.

Forneço ainda (fig. 5) a reprodução de fotografias que mostram que os raios N emitidos por um tubo de Crookes são polarizados.

As fotografias [da figura 5] datam do mês de abril de 1903; não se empregou para executá-las o método de cruzamento repetido

⁶⁵ As figuras foram impressas em uma folha separada, nos *Comptes Rendus*. As legendas das figuras não concordam com a descrição do texto (as legendas das figuras 3 e 4 são o contrário do que deveriam ser).

de exposições, o qual dificilmente se aplicaria a esse caso, mas as experiências foram repetidas um grande número de vezes com as precauções mais minuciosas, e a constância dos resultados garante absolutamente seu valor.

De acordo com minha comunicação de 11 de maio de 1903, e de acordo com aquilo que precede, vê-se que, desde o início de minhas pesquisas sobre os raios N, consegui registrar sua ação sobre a fâisca por um método objetivo.

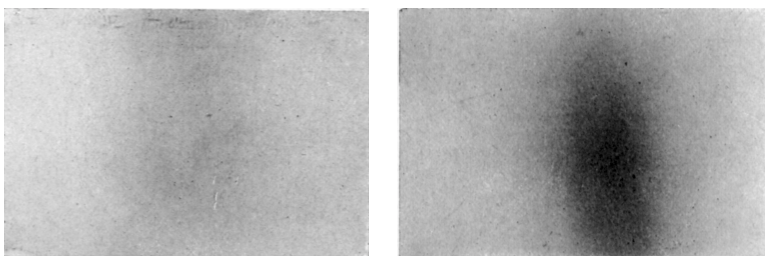
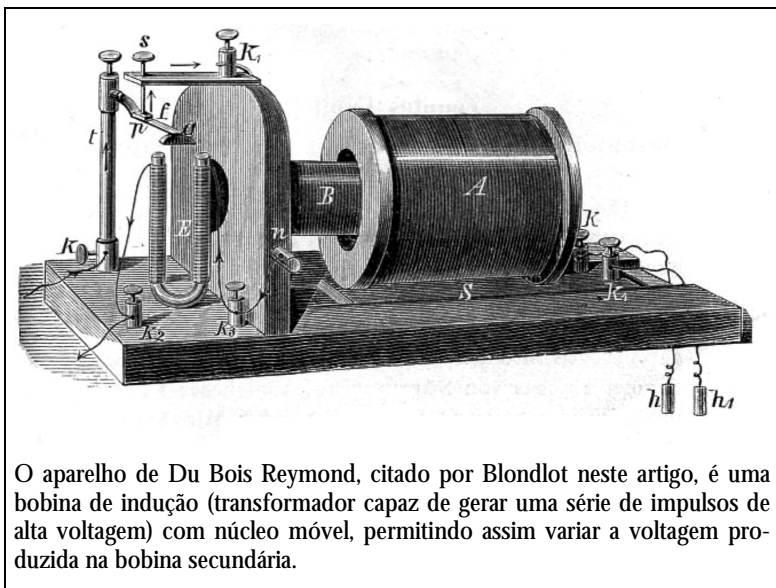


Figura 5. [Esquerda] O comprimento da fâisca em posição perpendicular ao eixo do tubo [de raios catódicos]. [Direita] A fâisca estando paralela ao tubo.



O aparelho de Du Bois Reymond, citado por Blondlot neste artigo, é uma bobina de indução (transformador capaz de gerar uma série de impulsos de alta voltagem) com núcleo móvel, permitindo assim variar a voltagem produzida na bobina secundária.

BLONDLOT, René. Sur une nouvelle espèce de rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 545-547, 1904 (c).

SESSÃO DE 29 DE FEVEREIRO DE 1904

[p. 545] FÍSICA. – *Sobre uma nova espécie de raios N.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Observações feitas no decorrer de uma experiência muito complexa, e cuja comunicação devo ao Sr. Dr. Th. Guilloz, me levaram a suspeitar que devia existir uma variedade de raios N que, em vez de aumentar o brilho de uma fonte luminosa fraca, diminuiria pelo contrário esse brilho. Comecei a procurar raios dessa natureza entre os emitidos por uma lâmpada Nernst. Quando, anteriormente, eu havia estudado o espectro dessa emissão dispersada por um prisma de alumínio, não havia encontrado tais radiações; pensei, conseqüentemente, que devia estudar de novo, ainda mais minuciosamente, a região muito pouco desviada do espectro. Explorando essa região com a ajuda da fenda estreita recheada com sulfeto de cálcio fosforescente, constatei sem dificuldade que, em certos azimutes, o brilho da fenda diminuía sob a ação dos raios e aumentava, pelo contrário, quando eles eram interceptados por meio de um anteparo molhado: eram realmente as radiações procuradas; eu as chamarei de raios N₁.

O prisma de alumínio de 27° 15' do qual me servi anteriormente já é suficiente para essas experiências; no entanto, para aumentar a dispersão, utilizei um prisma de alumínio de 60°, depois um outro de 90°. Com a ajuda desse último, estudei com grande cuidado a região muito pouco desviada do espectro: o prisma estava orientado de modo que o ângulo de incidência fosse de 20°; para cada radiação, media-se o desvio e calculava-se o índice; depois se determinava o comprimento de onda com a ajuda de uma rede de Brunner de 1/200 de milímetro, pelo procedimento que descrevi anteriormente ⁽¹⁾. A seguinte tabela dá os números correspondentes desse estudo, os quais serviram para construir o

⁽¹⁾ *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 125.

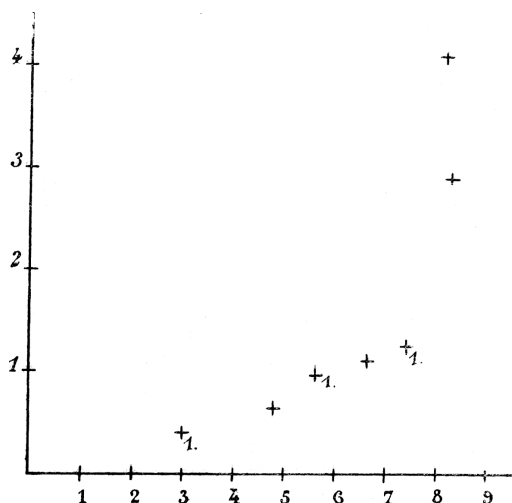
diagrama anexo, onde tomei por abcissas os comprimentos de onda, e por ordenadas os índices diminuídos da unidade.

Natureza dos raios	Índices	Comprimentos de onda μ
N_1	1,004	0,003
N	1,0064	0,0048
N_1	1,0096	0,0056
N	1,011	0,0067

[p. 546]

Natureza dos raios	Índices	Comprimentos de onda μ
N_1	1,0125	0,0074
N	1,029	0,0083
N	1,041	0,0081

Cada uma das divisões marcadas sobre o eixo das abcissas corresponde a 0,001 μ , e cada uma das divisões marcadas sobre o eixo das ordenadas corresponde a um excesso do índice sobre a unidade igual a 0,01.



Apesar de todos os cuidados com que as experiências foram executadas, os desvios são tão pequenos e, conseqüentemente, os índices são tão próximos da unidade que a tabela e o diagrama só podem ser considerados como uma primeira indicação sobre o andamento da dispersão na porção muito pouco desviada do espectro. Uma conseqüência importante resulta dessas medidas: é que os pontos correspondentes aos raios N e os pontos correspondentes aos raios N_1 estão colocados sobre uma mesma curva, dentro dos erros experimentais. O estudo das radiações ainda menos refrangíveis do que aqueles em que me detive pareceu-me atualmente impraticável. Para evitar [p. 547] confusão, fui obrigado a empregar uma escala muito grande para as ordenadas; é por isso que não consegui colocar no diagrama os resultados de minhas medidas anteriores sobre os raios N mais refrangíveis ⁽²⁾: esses resultados dão pontos situados sobre um ramo de curva que parte do ponto mais elevado do diagrama para a direita, para se elevar quase verticalmente com uma pequena inclinação dirigida de baixo para cima e da esquerda para a direita, e uma ligeira convexidade voltada para cima.

Algumas fontes parecem emitir exclusivamente os raios N_1 , ou pelo menos estes são predominantes em sua emissão: é o que ocorre para os fios de cobre, de prata e de platina distendidos. O Sr. Bichat constatou que o éter etílico levado a um estado de extensão forçado pelo procedimento descoberto pelo Sr. Berthelot emite raios N_1 ; quando esse estado forçado termina, seja espontaneamente, seja sob a ação de um ligeiro choque, a emissão dos raios N_1 desaparece instantaneamente.

Os raios N_1 são armazenados como os raios N: é suficiente, por exemplo, aproximar um pedaço de quartzo de um fio de cobre esticado para que o quartzo emita depois raios N_1 durante algum tempo.

⁽²⁾ *Comptes Rendus*, loc. cit.

BLONDLOT, René. Particularités que présente l'action exercée par les rayons N sur une surface faiblement éclairée. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 547-548, 1904 (d).

SESSÃO DE 29 DE FEVEREIRO DE 1904

[p. 547] FÍSICA. – *Particularidades apresentadas pela ação exercida pelos raios N sobre uma superfície fracamente iluminada.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Seja uma tela fosforescente ou, mais geralmente, uma superfície fracamente iluminada. Se essa superfície é observada *perpendicularmente*, constata-se que a ação dos raios N a torna *mais luminosa*; mas se, ao contrário, ela é observada muito obliquamente, quase *tangencialmente*, constata-se que a ação dos raios N a torna *menos luminosa*: dito de outra maneira, a ação dos raios N aumenta a quantidade de luz emitida normalmente, enquanto que diminui a quantidade de luz emitida muito obliquamente. Se ela é observada de uma direção intermediária, não se vê nenhum efeito apreciável; é isso que explica o fato constatado em todas as experiências sobre os raios N, que somente o observador colocado exatamente diante da tela sensível percebe o efeito desses raios. Isso mostra também como seria ilusório tentar tornar um auditório testemunha dessas experiências: os efeitos percebidos pelas diferentes pessoas, dependendo de suas posições em relação à tela, seriam necessariamente contraditórios ou insensíveis. [p. 548]

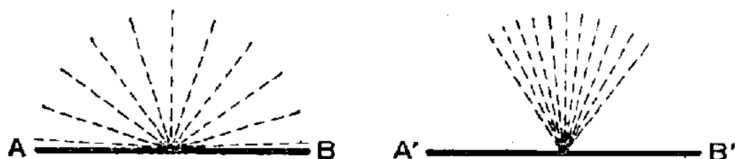
Os raios que chamei de raios N_1 possuem uma ação totalmente inversa à dos raios N: eles diminuem a luz emitida normalmente e aumentam a luz emitida tangencialmente.

O Sr. Mace de Lépinay encontrou que as vibrações sonoras aumentam o brilho de uma tela fosforescente para um observador que a observa perpendicularmente ⁽¹⁾; constatei que, se a tela é observada tangencialmente, vê-se pelo contrário a fosforescência diminuir pela ação das vibrações sonoras. As ações de um campo elétrico e de uma força eletromotriz sobre uma superfície fraca-

(1) *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 77 ; 11 de janeiro de 1904.

mente luminosa, que foram descobertas pelo Sr. C. Gutton ⁽²⁾, apresentam as mesmas particularidades.

Em resumo, em todas as ações mencionadas acima, a modificação sofrida pela emissão luminosa consiste em uma mudança de sua distribuição segundo as diferentes direções compreendidas entre a normal e o plano tangente à superfície iluminada.



Esta figura, não publicada por Blondlot, ilustra seus resultados: uma tela fosforescente, em condições normais, emite luz igualmente para todas as direções. Sob ação dos raios N, no entanto, a emissão de luz aumenta em direções próximas à direção perpendicular à superfície, diminuindo em direções mais próximas da superfície (Ascoli, 1904, p. 230).

⁽²⁾ *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 268 ; 1º de fevereiro de 1904.

BLONDLOT, René. Actions comparées de la chaleur et des rayons N sur la phosphorescence. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 665, 1904 (e).

SESSÃO DE 14 DE MARÇO DE 1904

[p. 665] FÍSICA. – *Ações comparadas do calor e dos raios N sobre a fosforescência.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Indiquei recentemente que, enquanto a ação dos raios N aumenta a quantidade de luz emitida por uma tela fosforescente na direção normal, ela diminui a quantidade de luz emitida muito obliquamente ⁽¹⁾. Como se sabe, o calor age também sobre a fosforescência, cujo brilho ele aumenta temporariamente. Pesquisando se essa ação do calor ofereceria as mesmas particularidades que as dos raios N com relação à direção da luz emitida, encontrei que, pelo contrário, o calor produz um aumento de brilho em todas as direções entre a normal e o plano tangente. Assim temos um meio para distinguir os efeitos produzidos sobre a fosforescência pelo calor, por um lado, e pelos raios N, pelas vibrações sonoras e pelos campos magnético e elétrico, por outro lado.

Eis ainda um caso no qual os efeitos são diferentes. Tomemos uma tela retangular de papelão tendo, por exemplo, 5 cm de altura e 12 cm de comprimento, recoberta bem uniformemente com sulfeto de cálcio e tornada fracamente fosforescente. Se elevarmos a temperatura de uma porção da tela, ela se torna mais luminosa do que o resto. No lugar disso, façamos cair sobre uma das metades da tela um feixe de raios N, emitido, por exemplo, por uma lâmpada Nernst; seu brilho não sofre aumento apreciável; mas se colocarmos diante dessa metade da tela um pequeno objeto opaco – por exemplo, uma pequena chave ou uma folha de metal recortada – vê-se que ele se destaca muito nitidamente sobre o fundo luminoso, enquanto que se ele é colocado sobre a metade que não recebe os raios N, seus contornos são vagos e indecisos e até mesmo parecem desaparecer por instantes. Movendo lentamente

⁽¹⁾ *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 547.

o objeto sobre a tela, sua passagem de uma das metades à outra é tornada visível pela mudança de nitidez de seus contornos. Se, em vez de olhar a tela normalmente, ela é observada muito obliquamente, os fenômenos se invertem. Essas experiências são surpreendentes.

BLONDLOT, René. *Rayons N*. Paris: Gauthier-Villars, 1904. Tradução inglesa: *N rays: a collection of papers communicated to the Academy of Sciences*. Trad. J. Garcin. London: Longsmans, Green, 1905.⁶⁶

[p. 79] INSTRUÇÕES PARA FAZER TELAS FOSFORES-
CENTES ADEQUADAS PARA A OBSERVAÇÃO DOS
RAIOS N

(1) Se alguém apenas se propõe determinar a produção dos raios N em dadas circunstâncias, pode ser usada de modo vantajoso uma tela fosforescente feita como se segue. Um pouco de sulfeto de cálcio pulverizado é misturado com colódio, diluído com éter, de modo a formar uma pasta muito fina; então, com um pincel de aquarela, são pintadas manchas dessa pasta em um papelão preto, de modo a produzir regiões com vários milímetros de diâmetro, próximas entre si. A tela apresenta então a aparência de um tecido com pintas. Se, depois de ser exposta à luz, ela é examinada em uma sala escura, em perfeito silêncio, algumas das manchas aparecerão menos luminosas do que outras. Geralmente, algumas não aparecerão estar claramente separadas de suas vizinhas, mas formarão um tipo de névoa confusa menos visível do que o resto. Agora, se uma pessoa falar alto [p. 80] ou assobiar, ou se uma faca, ou uma bengala levemente flexionada, ou o punho fechado, etc., for colocado perto do papelão, todas as manchas *se tornarão distintas e mais luminosas*, a névoa se dissolve.

(2) Para obter telas grandes, uniformemente luminosas, o processo é semelhante ao utilizado para pintar com nanquim: espalha-se tão uniformemente quanto possível, com o pincel de aquarela, uma camada da mistura de sulfeto e colódio, tornada muito diluída pela adição de éter. Quando esta camada está seca, é aplicada uma segunda, e assim por diante, até que a tela apareça uniforme-

⁶⁶ Este livro de Blondlot contém os seus artigos cujas traduções estão apresentadas nas páginas precedentes. Assim, reproduzimos aqui apenas duas partes do livro de Blondlot, nas quais ele apresentou informações práticas adicionais para as pessoas interessadas em repetir seus experimentos.

mente luminosa. Quanto mais finas as camadas, e quanto maior o seu número, melhor o resultado.

(3) Para medir os índices de refração e comprimentos de onda, eu uso fendas muito estreitas cheias de sulfeto de cálcio. Duas placas retangulares de alumínio são colocadas lado a lado sobre uma pequena prancha, de modo que suas bordas estejam em contato. Um pouco de metal foi previamente limado de uma das placas, de modo que, quando as placas estão posicionadas, forma-se entre elas uma fenda de 2 cm de comprimento e [p. 81] apenas 1/15 de mm de largura. Foi inicialmente feita uma depressão na prancha, exatamente onde a fenda fica, de modo que ela fica livre dos dois lados. As duas placas sendo inicialmente colocadas a uma pequena distância uma da outra, coloca-se um pouco de sulfeto de cálcio entre elas, e depois elas são comprimidas uma contra a outra, e presas com parafusos, o que as mantém em contato com a prancha. O sulfeto comprimido permanece na fenda, e é exposto à luz do Sol, depois que o excesso foi removido. É obtida assim uma fenda fosforescente extremamente estreita.

[p. 82] COMO A AÇÃO DOS RAIOS N DEVE SER OBSERVADA

É *indispensável* nestes experimentos evitar toda tensão no olho, todo esforço, seja visual ou de acomodação do olho, e de nenhum modo tentar *fixar* o olho sobre a fonte luminosa cujas variações de brilho se quer determinar. Pelo contrário, deve-se, por assim dizer, ver a fonte sem olhar para ela, e até mesmo dirigir o olhar vagamente para uma direção vizinha. O observador deve adotar uma postura absolutamente passiva, sob pena de nada ver. Deve ser mantido silêncio, tanto quanto possível. Fumaça, e especialmente a fumaça de tabaco, deve ser evitada cuidadosamente, pois é capaz de perturbar ou até mesmo mascarar completamente o efeito dos raios N. Ao olhar para a tela ou para o objeto luminoso, não se deve fazer nenhuma tentativa de acomodação dos olhos. De fato, o observador deve [p. 83] se acostumar a olhar para a tela como um pintor – e, particularmente, um pintor “impressionista” – olharia para uma paisagem. Atingir isso exige alguma prática, e

nunca é uma tarefa fácil. Algumas pessoas, na verdade, nunca obtêm sucesso⁶⁷.

⁶⁷ Como vimos, Poincaré se queixou da dificuldade em observar os efeitos dos raios N com anteparos fosforescentes e Blondlot, em sua carta de 28 de dezembro de 1903, já havia fornecido indicações semelhantes às que aparecem no livro: “É importante não fazer nenhum esforço de acomodação, nem de fixação, olhar com um olho distraído e sem acomodar de modo nenhum (se conseguir), (como os pintores impressionistas), e mesmo manter a cabeça em um ligeiro movimento contínuo e irregular.”.

BLONDLOT, René. De l'action que les rayons N exercent sur l'intensité de la lumière émise par une petite étincelle électrique et par quelques autres sources lumineuses faibles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1394-1395, 1904 (f).

SESSÃO DE 6 DE JUNHO DE 1904

[p. 1394] FÍSICA. – *Sobre a ação que os raios N exercem sobre a intensidade da luz emitida por uma pequena faísca elétrica e por algumas outras fontes luminosas fracas.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Em uma nota publicada recentemente nos *Comptes Rendus* ⁽¹⁾, o Sr. Jean Becquerel forneceu a seguinte explicação para a mudança que os raios N produzem na visibilidade de uma tela de sulfeto de cálcio fosforescente: os raios N incidentes são absorvidos pelo sulfeto, que devolve outros raios N, os quais, acompanhando os raios luminosos, aumentam a sensibilidade da retina⁶⁸.

Essa explicação é justificada pelas experiências do Sr. Jean Becquerel e, além disso, explica bem muitas particularidades que são encontradas nas observações das telas fosforescentes submetidas à ação dos raios N, e também a impossibilidade de evidenciar pela fotografia as variações de luminosidade das telas nessas experiências. Por outro lado, como é fácil de constatar, o sulfeto de cálcio, quando recebe os raios N, torna-se ele mesmo uma fonte secundária intensa desses raios, tenha sido ele submetido anteriormente ao Sol ou não: por exemplo, se aproximarmos de uma lima um frasco contendo sulfeto de cálcio não submetido ao Sol, o qual não emite raios N por si mesmo, constata-se que o campo de ação dos raios emitidos pela lima se estende a uma distância muito maior; se afastarmos a lima, os raios secundários desaparecem bastante depressa.

(1) *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, 16 de maio de 1904, p. 1205.

⁶⁸ Os estudos de Jean Becquerel a respeito da influência dos raios N sobre a sensibilidade visual e um outro sobre a influência de campos magnéticos sobre os raios N foram os únicos que Blondlot comentou. Ele nunca publicou qualquer referência a respeito dos trabalhos sobre a anestesia dos metais.

Tudo leva portanto a pensar que, no caso das substâncias fosforescentes, o mecanismo dos fenômenos é realmente aquele que foi evidenciado pelo Sr. Jean Becquerel.

Agora, no caso da pequena faísca elétrica, essa explicação ainda se aplica? Dito de outro modo, o aumento da visibilidade [p. 1395] pela ação dos raios N ainda tem por causa um aumento de sensibilidade do olho? A possibilidade de fixar pela fotografia o aumento de luminosidade que uma tal faísca sofre pela ação dos raios N já indica que a intensidade da luz que ela emite deve ser realmente aumentada. Para verificá-lo, é suficiente aplicar aqui o método empregado pelo Sr. Jean Becquerel no caso do sulfeto fosforescente, quer dizer, observar a faísca através de uma cuba cheia de água destilada; constata-se então que as variações de nitidez e de luminosidade da faísca são tão visíveis quanto antes da interposição da cuba. Facilita-se a observação da faísca superpondo um vidro despolido preso a aproximadamente 2 cm diante dela, como indiquei anteriormente. Pode-se trabalhar com uma faísca tendo 1 mm de comprimento, e até mais, com a condição de absorver a maior parte da luz que ela emite, com a ajuda de lâminas de vidro azuis superpostas.

Aplicando o mesmo procedimento às mudanças de visibilidade de uma lâmina de platina levada ao vermelho sombrio, reconheci que ela se comporta como a faísca. Como já o havia notado o Sr. Jean Becquerel, mesmo no caso do sulfeto de cálcio, a interposição da cuba não suprime totalmente as mudanças de visibilidade produzidas pelos raios N, mas apenas os atenua consideravelmente.

Daquilo que precede resulta que a observação das mudanças de luminosidade devidas à ação dos raios N não coloca em jogo a mesma propriedade do olho quando se trata da faísca elétrica e quando se trata de substâncias fosforescentes: no caso da faísca, é a capacidade do olho de captar variações fracas de intensidade luminosa que está em jogo; no caso das substâncias fosforescentes, é além disso a propriedade que o olho possui de se tornar mais sensível quando recebe raios N.

BLONDLOT, René. Sur la propriété que possèdent un grand nombre de corps de projeter spontanément et continuellement une émission pesante. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1473-1476, 1904 (g).

SESSÃO DE 13 DE JUNHO DE 1904

[p. 1473] FÍSICA. – *Sobre a propriedade que um grande número de corpos possui, de projetar espontaneamente e continuamente uma emissão pesada.*⁶⁹

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Considerando que uma fonte luminosa fraca, como uma tela fosforescente, pode servir de reagente para vários agentes físicos diversos, fui levado a pensar que esse mesmo reagente poderia talvez servir para revelar fenômenos relativos ao peso que permaneceram despercebidos até aqui. Pesquisas realizadas nessa direção me conduziram a constatar os fatos seguintes.

Primeira experiência – Sobre uma faixa de papelão foi fixado, com colódio, um pouco de sulfeto de cálcio formando uma mancha A de alguns milímetros de diâmetro (ou melhor, uma cruz com braços muito delicados), que se tornou depois fosforescente submetendo ao Sol; o papelão é preso horizontalmente, de modo que o espaço esteja livre acima e abaixo da mancha fosforescente. Se, *acima* da mancha A, coloca-se um disco metálico, como por exemplo uma moeda de dois francos, a mancha se torna logo mais visível (1) e esse aumento continua, *qualquer que seja a altura à qual B é colocado acima de A*, mesmo quando essa altura é levada a vários metros, com a condição de que a moeda B esteja exatamente acima de A e que seu plano seja horizontal; se ela é afastada mesmo um pouco da vertical de A, ou se ela é inclinada, a ação cessa. [p. 1474]

⁶⁹ Este artigo de Blondlot, bem como um posterior (Blondlot, 1904i), não tem relação direta com os raios N. Trata-se de um novo tipo de fenômeno que ele teria descoberto, sendo que a única semelhança é o método de detecção (luminosidade do anteparo fosforescente). O suposto fenômeno da “emissão pesada” não foi confirmado e prejudicou o prestígio de Blondlot.

(1) Tomar o cuidado de observar a mancha tão perpendicularmente quanto possível.

Segunda experiência – Coloquemos agora a moeda B *abaixo* da mancha fosforescente; se a distância de B até A ultrapassa aproximadamente 6 cm, não se percebe nenhum efeito, mas se B for aproximado mais, constata-se uma ação, como quando B está acima.

As duas experiências precedentes dão, além disso, resultados idênticos quando o papelão é virado de modo que a mancha de sulfeto se encontra sobre a face inferior.

A dissimetria da ação exercida pela moeda sobre o sulfeto, conforme ela esteja colocada acima ou abaixo dele, prova que o *peso* influi nessa ação.

No lugar da moeda de prata, pode-se empregar cobre, zinco, chumbo, papelão molhado, etc.; outras substâncias, pelo contrário, não produzem nenhuma ação: por exemplo, ouro, platina, vidro, papelão seco, etc. Posteriormente retornarei às propriedades das diferentes substâncias relativamente a essas ações.

Terceira experiência – Prendamos a moeda B de modo que seu plano seja vertical (colando-a pela borda na extremidade de uma haste de palha fixada horizontalmente), depois, explorando o espaço com a ajuda do sulfeto fosforescente, procuremos os pontos onde a fosforescência é reforçada: encontra-se que esses pontos são situados sobre duas curvas análogas às que seriam formadas por dois jatos líquidos que saíssem com uma fraca velocidade das duas faces verticais da moeda; suas curvas não parecem no entanto ser parábolas, mas cada uma parece ter uma assíntota vertical.

É visível que todos os fenômenos que acabo de descrever são explicados se admitirmos que a moeda de prata projeta por toda sua superfície uma emissão pesada que, quando atinge o sulfeto, o torna mais visível: segundo essa hipótese, de fato, na primeira experiência, a face inferior da moeda projeta de cima para baixo uma emissão material, a qual, com a ajuda do peso, continua indefinidamente seu caminho; na segunda experiência, é a matéria projetada de baixo para cima pela face superior da moeda que vem excitar o sulfeto, mas a ação do peso sendo, desta vez, de sentido contrário à velocidade inicial, a matéria projetada não pode se elevar senão até uma altura limitada, como ocorre no caso de um

jato de água. A terceira experiência é análoga à de um jato saindo de um bocal horizontal; como a moeda também emite pela borda, deve-se esperar encontrar uma região de ação no plano vertical que a contém: é o que se reconhece, de fato.

Assim, a hipótese de uma projeção de matéria explica as [p. 1475] experiências precedentes mas, além disso, essa hipótese me sugeriu muitas outras experiências, todas as quais deram resultados previstos: vou descrever algumas delas.

Quarta experiência – Fixemos a moeda B de modo que seu plano esteja inclinado. A exploração com a ajuda do sulfeto indica então a existência de dois jatos que saem normalmente das duas faces da moeda e caem depois como na terceira experiência; constata-se também a emissão pela borda.

Quinta experiência – Estando o sulfeto fixado em um ponto A, e a moeda sendo colocada em um ponto B, a alguns decímetros de distância de A, procuremos orientar o plano da moeda de tal modo que o jato lançado por sua face superior atinja o sulfeto: constata-se inicialmente que, para que se tenha sucesso, é preciso que a perpendicular ao plano da moeda esteja contida no plano vertical que passa por A e B, pois, quando essa condição é preenchida, o sulfeto é atingido para dois valores do ângulo que essa perpendicular faz com o plano horizontal: é, como se sabe, aquilo que se observa com um jato de água e no movimento dos projéteis.

Sexta experiência – Disponhamos uma primeira moeda B_1 verticalmente, de modo que o jato que sai de uma de suas faces passe abaixo de A: o sulfeto não recebe, assim, nenhuma ação. Retiremos B_1 , depois coloquemos uma segunda moeda B_2 em uma posição simétrica daquela que B_1 ocupava, em relação ao plano vertical traçado por A paralelamente ao plano no qual se encontrava B_1 : o sulfeto não recebe ainda agora nenhuma ação vindo de B_2 . Agora, coloquemos simultaneamente B_1 e B_2 nas posições indicadas: logo o sulfeto se torna muito mais visível. A explicação é evidente: o encontro dos dois jatos produz uma coluna de matéria que cai verticalmente sobre A.

A emissão pesada atravessa uma folha de papel ou de papelão, e até uma tábua de 2 cm de espessura; pelo contrário, ela é quase

totalmente detida por uma lâmina de vidro, contra a qual ela rebate como um jato de água. Se um tubo de vidro com comprimento de aproximadamente 1 m e tendo 1 cm ou 2 cm de diâmetro interior é disposto em uma direção inclinada, quando se aproxima uma moeda do orifício superior do tubo, a tela fosforescente colocada diante do orifício inferior indica que a emissão da moeda escorre pelo tubo.

Todas essas experiências e numerosas variantes, cuja descrição não pode ser apresentada aqui, provam de modo mais do que suficiente, aos meus sentidos, [p. 1476] a existência de uma emissão pesada. Tenho a intenção de tornar conhecidas em breve muitas propriedades interessantes dessa emissão.

BLONDLOT, René. Perfectionnements apportés au procédé photographique pour enregistrer l'action des rayons N sur une petite étincelle électrique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1675-1676, 1904 (h).

SESSÃO DE 27 DE JUNHO DE 1904

[p. 1675] FÍSICA. – *Aperfeiçoamentos trazidos ao procedimento fotográfico para registrar a ação dos raios N sobre uma pequena faísca elétrica.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

Descrevi anteriormente ⁽¹⁾ um método para registrar pela fotografia o reforço que o brilho de uma pequena faísca sofre pela ação dos raios N. Vou indicar alguns aperfeiçoamentos que facilitam notavelmente a execução dessas operações delicadas.

Em primeiro lugar, é muito vantajoso concentrar os raios N sobre a faísca com a ajuda de uma lente de alumínio: com a ajuda dessa lente, colocada entre a lanterna que contém a lâmpada Nernst e a caixa onde estão colocada a faísca e a chapa fotográfica, forma-se sobre a faísca um foco conjugado do filamento da lâmpada, guiando-se para essa regulação pelo brilho da faísca observada através de um vidro despolido. Não constatei que fosse preferível escolher algum dos focos em vez dos outros, devidos às radiações de diferentes índices emitidas pela lâmpada Nernst.

As pontas de platina entre as quais pula a faísca, examinadas ao microscópio, devem apresentar uma convexidade bem regular e estar [p. 1676] exatamente uma diante da outra. Para obter uma faísca sensível, começo aproximando as pontas até o contato, depois as afasto muito lentamente até que a faísca, depois de ter aumentado de brilho, comece a diminuir: é nesse máximo de brilho que a faísca possui também o máximo de sensibilidade; deve-se assegurar com cuidado que a faísca sofra um reforço bem visível pela ação dos raios N. É útil, tanto para a fotografia quanto para o exame da faísca, cobrir o vidro despolido com um papel negro perfurado apenas com um furo de 18 mm de diâmetro di-

(¹) Ver *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 1227.

ante da fâisca: desse modo, a impressão fotográfica é mais bem limitada e mais nítida.

Um último aperfeiçoamento consiste em empregar, para a revelação, um banho que atue muito lentamente. Graças a esse meio, pode-se conseguir interromper a revelação antes que aquela das duas imagens que foi produzida sem ação dos raios N tenha começado a aparecer, embora a outra já tenha uma intensidade notável; se for preferido prolongar a revelação, obtém-se sempre imagens desiguais no sentido previsto⁷⁰. Como controle do bom funcionamento do aparelho, pode-se suprimir os raios N durante a fotografia, ou fazê-los agir retirando o papel molhado ou molhando-o com água salgada: as duas imagens aparecem então simultaneamente na revelação e permanecem iguais em intensidade⁷¹. Todas essas experiências foram repetidas um grande número de vezes, sem um só insucesso, na presença – ou, melhor dizendo, com a cooperação – de sábios eminentes que, em diversas ocasiões, me fizeram a honra de vir examinar minhas experiências.

⁷⁰ Este é um aperfeiçoamento importante da técnica de Blondlot. Uma revelação rápida, pelo contrário, poderia produzir simplesmente duas manchas escuras que não poderiam ser distinguidas uma da outra, ou que dariam dúvidas sobre qual delas é mais intensa.

⁷¹ Esse tipo de experimento de controle é de grande importância para assegurar que o método fotográfico é válido.

BLONDLOT, René. Action des forces magnétique et életricité sur l'émission pesante; entraînement de cette émission par l'air en mouvement. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1676-1679, 1904 (i).

SESSÃO DE 27 DE JUNHO DE 1904

[p. 1676] FÍSICA. – *Ação das forças magnética e elétrica sobre a emissão pesada; arrastamento dessa emissão pelo ar em movimento.*

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

A experiência muito simples seguinte mostra que as forças magnéticas desviam a emissão pesada⁷². Uma moeda de 5 francos sendo presa horizontalmente e uma tela de sulfeto de cálcio fosforescente sendo colocada a 50 cm abaixo, cada vez que essa tela é colocada na vertical da moeda, ela se torna mais visível do que nas posições vizinhas: segundo a explicação que dei e que, pelo que acredito, se impõe, a moeda projeta para baixo uma emissão pesada que, caindo sobre a tela, aviva a fosforescência. Se agora, da coluna formada por essa emissão, [p. 1677] aproxima-se um ímã, vê-se o brilho da fosforescência diminuir; logo que se afasta o ímã, esse brilho retoma sua intensidade inicial. Para que a experiência tenha sucesso, o ímã deve ser colocado de tal modo que suas linhas de força encontrem as trajetórias verticais da emissão sob um ângulo notável; a ação do ímã é nula, pelo contrário, quando suas linhas de força são quase verticais na região situada entre a moeda e a tela. Tudo isso faz entrever que a emissão pesada deve se comportar no campo magnético como uma corrente elétrica (¹).

⁷² Este artigo prossegue os estudos a respeito de um fenômeno diferente, a "emissão pesada" (Blondlot, 1904g). Embora não tenham relação direta com os raios N, esses artigos foram incluídos aqui para que o leitor possa ter uma visão mais completa dos trabalhos de Blondlot, na época.

(¹) Foi somente depois do envio da presente Nota à Academia que tomei conhecimento do trabalho do Sr. Jean Becquerel sobre a ação do campo magnético sobre os raios N e N₁ (*Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 1586). A analogia entre as propriedades da emissão pesada e a dos raios que saem das fontes estudadas pelo Sr. Jean Becquerel é notável. A comparação que ele faz com os raios catódicos é tornada ainda mais interessante por essa analogia.

É essencial notar que as mudanças de brilho que se observam nas experiências precedentes não podem ser devidas à ação própria do ímã pois, como se sabe, essa ação é sempre um aumento⁷³.

Para estudar esse fenômeno de uma maneira mais rigorosa e mais precisa, instalei o seguinte aparelho. Sobre uma mesa são colocadas duas barras imantadas idênticas NS, N'S' com seção quadrada (comprimento de 50 cm, lado da seção de 4 cm), paralelamente uma à outra, de modo que seus pólos de nomes contrários, N e S' por um lado, e S e N' do outro, estejam diante um do outro, e deixem entre eles um intervalo de 6 cm. Os ímãs são presos com as pontas para fora sobre a borda da mesa de tal modo que o campo compreendido entre N e S' se encontre fora da mesa, e que assim o espaço acima e abaixo esteja livre. Cada um dos ímãs é completamente envolvido em uma folha de chumbo e encerrado em um vaso de vidro, para eliminar as ações que eles poderiam exercer sobre o sulfeto, seja pelos raios N, seja por sua emissão pesada; verifica-se além disso que o sulfeto transportado em torno dos ímãs, a alguns centímetros de distância, não sofre nenhuma ação apreciável deles.

Uma moeda de 5 francos é presa um pouco acima do campo NS' e, desse modo, a coluna de emissão pesada que cai da moeda atravessa esse campo.

A exploração do espaço com a ajuda de uma tela fosforescente fornece então os resultados seguintes: encontra-se ainda, como na ausência do [p. 1678] campo magnético, uma coluna de emissão que cai verticalmente da moeda, mas, além disso, são encontradas duas outras, caindo também da moeda, mas desviada de um lado e do outro da precedente em um plano vertical traçado paralelamente às barras imantadas, a iguais distâncias delas; o desvio, medido a 64 cm abaixo da moeda, é aproximadamente 11 cm para um lado e para o outro. O campo magnético NS' era muito fraco, inferior a 100 unidades c.g.s.

Vê-se imediatamente que esses fatos se explicam se admitirmos que a moeda emite três tipos de partículas: 1º partículas não eletrizadas; 2º partículas eletrizadas positivamente; 3º partículas eletri-

⁷³ Blondlot estava se referindo aqui ao efeito sobre a tela fosforescente por causa da emissão de raios N pelo ímã.

zadas negativamente⁷⁴. Cada uma das *séries* de partículas eletrizadas forma de fato uma corrente de convecção, a qual, conforme a célebre experiência de Rowland, é desviada por um campo magnético como uma corrente de condução de mesmo sentido e de mesma taxa de transporte.

Essa hipótese da eletrização das partículas presta-se a uma verificação imediata: cada uma das colunas desviadas deve ser atraída ou repelida por um corpo eletrizado; é o que de fato é fácil de constatar: um bastão de resina atritado, aproximado de uma dessas colunas, a repele, como se reconhece seguindo-a em seu deslocamento através da tela fosforescente; a outra coluna é, pelo contrário, atraída. Um bastão de vidro atritado produz efeitos inversos.

Quanto à coluna que não é desviada pelo campo magnético, ela também não sofre nenhuma ação por parte dos corpos eletrizados.

Pode-se ir mais longe: consideremos uma ou a outra das duas colunas desviadas, por exemplo, aquela que é repelida pela resina atritada: essa repulsão mostra que ela é formada por partículas eletrizadas negativamente e, como essas partículas se movem de cima para baixo, elas formam uma corrente de convecção que pode ser comparada a uma corrente de condução ascendente; pode-se portanto prever o sentido do desvio pelo campo magnético. O sentido assim previsto concorda com aquele que a experiência mostra.

Ao longo de todas essas experiências, tive a oportunidade de constatar algumas perturbações, no entanto pouco marcantes e que não ocultavam em nada os fenômenos; não demorei a reconhecer que elas eram devidas a correntes de ar. Dirigindo uma corrente de ar, mesmo fraca, sobre a emissão pesada, desvia-se sua trajetória; um leque agitado à distância de 2 m já produz um efeito notável. Assim, o ar transporta parcialmente a emissão em seus deslocamentos. Inversamente, a emissão em movimento deve arrastar o ar e, portanto, sofrer por isso uma certa resistência. [p.

⁷⁴ Tanto Blondlot quanto Jean Becquerel estavam sendo fortemente influenciados pelos estudos recentes a respeito da radioatividade. Por um lado, a existência de três tipos de radiações dos corpos radioativos (alfa, beta, gama) e, por outro, a emissão gasosa radioativa (radônio), de natureza material.

1679] É sem dúvida por essa razão que as trajetórias da emissão pesada não são exatamente parábolas, mas curvas que parecem ter uma assíntota vertical, como no caso dos projéteis lançados em um meio resistente.

Registrarei aqui o seguinte fato importante, embora ele não tenha ligação direta com o que precede: a emissão pesada age sobre uma pequena faísca elétrica como os raios N, e essa ação pode ser registrada facilmente pela fotografia.

WOOD, Robert William. The n -rays. *Nature* **70**: 530-531, 1904 (a).

29 DE SETEMBRO DE 1904

[p. 530] Os raios n .⁷⁵

A incapacidade, de um grande número de físicos experimentais hábeis, de obter qualquer evidência sobre a existência dos raios n , e a contínua publicação de artigos anunciando propriedades novas e ainda mais notáveis dos raios, estimulou-me a realizar uma visita a um dos laboratórios em que parecem existir as condições aparentemente peculiares necessárias para a manifestação dessa forma mais fugidia de radiação. Eu fui, devo confessá-lo, com uma atitude mental de dúvida, mas com a esperança de que eu poderia ser convencido da realidade dos fenômenos, cujos relatos têm sido lidos com tanto ceticismo.

Depois de gastar três horas ou mais testemunhando vários experimentos, eu sou não apenas incapaz de relatar uma única observação que pareça indicar a existência dos raios, mas fui deixado com uma convicção muito firme de que os poucos experimentadores que obtiveram resultados positivos foram iludidos de alguma forma.

Um relato razoavelmente detalhado dos experimentos que me foram mostrados, juntamente com minhas próprias observações, pode ser de interesse para os muitos físicos que gastaram dias e semanas em esforços infrutíferos de repetir os notáveis experimentos que foram descritos nas revistas científicas do ano passado.

O primeiro experimento que tive o privilégio de testemunhar foi o suposto aumento de luminosidade de uma pequena faísca

⁷⁵ Apresentamos aqui uma tradução do famoso artigo de Wood que, supostamente, provou que os raios N não existiam. Se acreditarmos que o relato de Wood era sincero – como se admitiu na época – trata-se realmente de um conjunto de evidências muito fortes contra os experimentos de Blondlot (exceto o experimento fotográfico). No entanto, há fortes dúvidas de que o relato de Wood tenha sido fiel ao que realmente ocorreu. É possível que ele tenha exagerado e inventado alguns dos aspectos de sua narrativa. Veja-se, a esse respeito, a análise detalhada de Ashmore (1993).

elétrica quando os raios n eram concentrados sobre ela por meio de uma lente de alumínio. A faísca era colocada atrás de uma pequena tela de vidro lixado para difundir a luz, cuja luminosidade se supunha mudar quando a mão era interposta entre a faísca e a fonte de raios n .

Alegou-se que isso era perceptível de modo muito distinto, no entanto fui incapaz de detectar a menor mudança. Isso foi explicado como devido a uma falta de sensibilidade de meus olhos, e para testar isso eu sugeri que fosse feita a tentativa de anunciar o momento exato *em que eu introduzisse minha mão* no caminho dos raios, observando a tela. A resposta correta não foi dada em nenhum caso, a tela foi anunciada como brilhante e escura alternadamente, enquanto minha mão era mantida imóvel no caminho dos raios, enquanto as flutuações observadas quando movi minha mão não tinham relação nenhuma com seus movimentos.

Mostraram-me um certo número de fotografias que mostravam o aumento de brilho da imagem, e uma chapa foi exposta na minha presença, mas elas foram feitas, parece-me, em condições que admitem muitas fontes de erro. Em primeiro lugar, o brilho da faísca flutua o tempo todo por uma quantidade que eu estimei como 25 por cento, e só isso tornaria um trabalho preciso impossível.

Em segundo lugar, as duas imagens (com raios n e sem) são construídas por “exposições a prestações” de cinco segundos cada, sendo o recipiente da chapa deslocado para a frente e para trás manualmente a cada cinco segundos. Parece-me que é bastante possível que a diferença no brilho das imagens seja devida a um favorecimento cumulativo da exposição de uma das imagens, que pode ser bastante inconsciente, mas pode ser governada pelo conhecimento prévio da disposição do aparelho. É feita a alegação de que todos os acidentes dessa natureza são tornados impossíveis mudando as condições, isto é, trocando as posições dos anteparos; mas deve-se lembrar que o experimentador está consciente dessa mudança, e pode ser influenciado inconscientemente para manter o recipiente da placa uma fração de segundo mais tempo em um lado do que no outro. Eu sinto que seguramente se uma série de experimentos fosse feita conjuntamente nesse laboratório pelo

criador dos experimentos fotográficos e pelos professores Rubens e Lummer, cuja falha em repeti-los é bem conhecida, a fonte do erro seria encontrada⁷⁶.

Em seguida mostraram-me o experimento do desvio dos raios por um prisma de alumínio. A lente de alumínio foi removida, e foi colocado no seu lugar um anteparo de papelão molhado com uma fenda vertical de aproximadamente 3 mm de largura. Diante da fenda ficava o prisma, que se supunha não apenas desviar o feixe de raios, mas espalhá-lo em um espectro. As posições dos raios desviados eram localizadas por uma linha vertical estreita de tinta fosforescente, talvez com largura de 0,5 mm, sobre um pedaço de papelão seco, que era movida por meio de um pequeno dispositivo divisor. Alegava-se que um movimento do parafuso correspondente a um movimento de menos de um décimo de milímetro era suficiente para fazer a linha fosforescente mudar sua luminosidade quando era movida através do espectro de raios N , e isso com uma fenda de 2 ou 3 mm de largura. Exprimi surpresa por um feixe de raios com 3 mm de largura pudesse ser dividido em um espectro com máximos e mínimos menores com menos de 0,1 mm de separação, e me contaram que isso era uma das propriedades inexplicáveis e espantosas dos raios. Fui incapaz de ver qualquer mudança no brilho da linha fosforescente quando eu a movi, e depois encontrei que a remoção do prisma (estávamos em uma sala escura) não parecia interferir de modo nenhum com a localização dos máximos e mínimos no feixe de raios desviados (!).

Então sugeri que fosse feita uma tentativa de determinar por meio da tela fosforescente se eu havia colocado o prisma com sua borda refratora para a direita ou para a esquerda, mas nem o experimentador nem o seu assistente determinaram a posição corretamente em um único caso (três tentativas foram feitas). A falha foi atribuída à fadiga.

Em seguida me mostraram um experimento de uma natureza diferente. Uma pequena tela, sobre a qual um certo número de

⁷⁶ Deve-se notar que o experimento fotográfico deu resultado favorável aos raios N , e que Wood apenas apresentou contra o mesmo algumas conjeturas sobre possíveis erros (eliminados depois por Blondlot).

círculos havia sido pintado com tinta luminosa, foi colocada sobre a mesa na sala escura. Supunha-se que a aproximação de uma lima de aço devia alterar a aparência das manchas, fazendo-as aparecerem mais distintas e menos nebulosas. Eu não consegui ver nenhuma mudança, embora o fenômeno fosse descrito como *muito* marcante. Segurando a lima atrás de minhas costas, movi meu braço levemente em direção e para longe da tela. As mesmas mudanças foram descritas por meu colega. Acreditava-se que a face de um relógio em uma sala pouco iluminada se tornava muito mais distinta e brilhante quando a lima era colocada perto dos olhos, devido a algum efeito peculiar que os raios emitidos pela lima exerciam sobre a retina. Fui incapaz de ver a menor mudança, embora meu colega dissesse que ele podia ver os ponteiros distintamente quando segurava a lima perto de seus olhos, enquanto eram bastante invisíveis quando a lima era removida. A sala era iluminada fracamente por um jato de gás muito fraco, que tornava experimentos de controle impossíveis. Meu colega podia ver a mudança igualmente quando eu colocava a lima diante de sua face, e a substituição de um pedaço de madeira de mesmo tamanho e [p. 531] forma que a lima não interferiu com o experimento. A substituição, é claro, era desconhecida para o observador.

Sou obrigado a confessar que deixei o laboratório com o sentimento claro de depressão, não apenas tendo falhado em ver um único experimento de natureza convincente, mas com a convicção quase certa de que todas as mudanças na luminosidade ou clareza das faíscas e manchas fosforescentes (que fornecem a única evidência dos raios *n*) são puramente imaginárias. Parece estranho que após um ano de trabalho sobre o assunto não tenha sido elaborado um único experimento que possa de algum modo convencer um observador crítico de que os raios existem de fato. Na verdade, as fotografias são apresentadas como uma prova objetiva do efeito dos raios sobre a luminosidade de uma faísca. A faísca, no entanto, varia muito de intensidade de um momento para outro, e o modo pelo qual as exposições são feitas me parece ser especialmente favorável para a introdução de erros no tempo total de exposição que cada imagem recebe. Não tenho vontade de acreditar que uma mudança de intensidade que o olho médio não

consegue detectar quando os raios n são ligados e desligados será exibida de modo tão distinto em fotografias como no caso das chapas que foram mostradas.

Poderiam ser facilmente planejados experimentos que decidiriam o assunto além de toda dúvida; por exemplo, os seguinte: Sejam preparadas dois anteparos, um composto de duas folhas de papel de alumínio com algumas folhas de papel molhado entre elas, tudo isso hermeticamente fechado com cera na borda. O outro anteparo seria exatamente similar, contendo, no entanto, papel seco.

O mesmo anteparo deveria ser utilizado para duas ou três exposições consecutivas, em um ou mais casos, e deveria ser impossível para a pessoa que faz a exposição das chapas saber de modo algum se havia sido feita uma mudança ou não.

Sinto-me seguro de que um dia gasto em um experimento como esse mostraria que as variações de densidade na chapa fotográfica não possuem nenhuma relação com a tela usada.

Por que os experimentadores que obtêm resultados com raios n e aqueles que não obtêm não tentam uma série de experimentos juntos, como foi feito no ano passado por Crémieu e Pender⁷⁷, quando foi colocada em dúvida a realidade do efeito Rowland?

R. W. Wood

Bruxelas, 22 de setembro.

⁷⁷ Já comentamos sobre esse episódio, na nota de rodapé 24, à carta escrita por Blondlot a Poincaré em fevereiro de 1903. Para mais detalhes, ver Indorato & Masotto, 1989.

BLONDLOT, René. Déclarations de M. Blondlot, professeur à l'Université de Nancy. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 620-621, 1904 (j).

12 DE NOVEMBRO DE 1904

[p. 620] Enquête: Os raios N existem?

Declarações do Sr. **R. Blondlot**, professor da Universidade de Nancy.

A *Revue Scientifique* reproduziu no dia 22 de outubro passado um artigo publicado pelo Sr. professor Wood, de Baltimore, na *Nature*, de Londres, artigo no qual a existência dos raios N é colocada em dúvida, e onde até os fenômenos que eu lhes atribuo são suspeitos de serem puramente imaginários. Venho por minha vez pedir-vos que queiram inserir na *Revue* as seguintes declarações:

1º As objeções que o Sr. Wood crê poder fazer às minhas experiências fotográficas são puramente gratuitas; é sem prova nenhuma que ele supõe que a pessoa encarregada de dar ao chassi o movimento de vai-e-vem é influenciada por seu desejo de ver a experiência dar certo, e prolonga inconscientemente a exposição do lado onde a imagem fotográfica se faz sob a ação dos raios N. Note-se que o manejo do chassi foi sempre executado pelo mecânico do Laboratório, perfeitamente desinteressado relativamente ao resultado das experiências e que, além disso, no início, ignorava seu significado. Por outro lado, se em vez de dar ao chassi um movimento da vai-e-vem, são feitas simplesmente duas exposições, cada uma de 50 segundos, o resultado das experiências permanece o mesmo, embora o erro relativo em tempos de exposição tão grandes não possa ser senão absolutamente insignificante (¹).

2º Os testes nos quais uma pessoa observando um anteparo fosforescente tenta descobrir o momento em que uma outra pessoa dirige sem seu conhecimento os raios N sobre o anteparo (ou

(¹) Como a desigualdade entre as imagens desaparece quando se suprimem os raios N, ou quando se molha o papel com água salgada (ver *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 1676), isso prova que essa desigualdade não pode ser de forma alguma atribuída a uma perturbação elétrica devida ao deslocamento do anteparo destinado a interceptar os raios N.

os desvia dele) não têm sucesso com [p. 621] certeza. Eu havia prevenido o Sr. Wood disso ⁽²⁾ e apesar disso consenti em retomá-las com ele. Como eu havia previsto, as experiências não tiveram sucesso. Eis qual é, em minha opinião, a causa dos insucessos de experiências desse gênero. Uma analogia me ajudará a fazer-me compreender. Suponhamos que se procura constatar a existência de uma corrente muito fraca com a ajuda de um galvanômetro astático muito sensível e cuja agulha (como ocorre com frequência) não esteja jamais perfeitamente em repouso, mas sofra, por parte de causas perturbadoras impossíveis de evitar, desvios variáveis e irregulares tendo uma amplitude comparável ao desvio que produz a corrente que se quer constatar. Se essa corrente for estabelecida em um instante qualquer sem conhecimento do observador, este não poderá distinguir o efeito dessa corrente das perturbações e não poderá reconhecer sua existência. Se, pelo contrário, é o observador que, quando considera o instante favorável, fecha ou abre o circuito, ele poderá, repetindo à sua vontade a experiência, reconhecer se o fechamento do circuito é seguido por um pequeno desvio sempre em um sentido, e a abertura por um desvio sempre no sentido contrário. O que se passa com os raios N é completamente análogo. Em primeiro lugar, sua ação sobre a tela fosforescente é fraca; por outro lado, uma multidão de causas vêm, sem que possam ser evitadas, produzir sobre a tela efeitos semelhantes aos dos raios N, e isso de um modo intermitente e irregularmente variável: tais são os ruídos, como constatou Mace de Lépinay, fracas correntes de ar, e outras causas de natureza ainda desconhecida. Concebe-se que no meio dessas perturbações seja quase impossível discernir uma ação que ocorra dos raios N sem que o observador seja prevenido. Além disso, e sobretudo, o olho se fatiga rapidamente na espera, e daí resulta um estado de tensão e esforço que, como já assinali muitas vezes, torna impossível a observação dos raios N. Se, pelo contrário, o observador tem o poder de fazer intervir quando quer a fonte de

(2) Tendo o Sr. Wood me perguntado se tais experiências poderiam ter sucesso, eu lhe disse diversas vezes: "Nicht Sicher, nicht mit Sicherheit". Nós éramos obrigados a conversar em alemão.

raios N, ele não se fadiga e pode, escolhendo o tempo e repetindo seus ensaios, reconhecer seu efeito sobre a fosforescência.

3º Afirmo da forma mais absoluta que os fenômenos dos raios N possuem para mim a mesma certeza que qualquer outro fenômeno físico. Muitos de meus colegas e outras pessoas afirmam o mesmo.

Entenda-se bem, no entanto, que aceito exclusivamente a responsabilidade pelas experiências que eu próprio publiquei, ou que pelo menos verifiquei.

Inclino-me a pensar que, se certas pessoas vêem facilmente as ações dos raios N e se outras não os vêem absolutamente, isso depende não de uma sensibilidade diferente da retina, mas principalmente de uma maneira diferente de se servir do olho.

É bem natural que as pessoas que não vêem a ação dos raios N sobre telas fosforescentes tenham dificuldade em acreditar que outras a vejam com uma certeza absoluta, e não tentarei de forma alguma persuadi-los. Permito-me apenas, no caso em que elas queiram fazer novas tentativas ⁽³⁾, recomendar-lhes o procedimento seguinte, adequado para facilitar essas observações; apoiar as costas e a parte de trás da cabeça contra uma parede, depois observar a tela colocando-a em um nível inferior ao dos olhos, de modo que o plano traçado pelos olhos e o meio da tela faça com o horizonte um ângulo de 30 graus ou mais; a tela deve estar disposta aproximadamente perpendicularmente e não se omitirá nenhuma das precauções que indiquei anteriormente.

Seja-me permitido lembrar aqui, entre os nomes das pessoas que publicaram trabalhos sobre os raios N, os de dois físicos cujas pesquisas foram completamente independentes das minhas.

Em Marselha, o finado Macé de Lépinay, que não conheci pessoalmente e com quem jamais me correspondi, descobriu e descreveu, em diversas notas publicadas nos *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, a ação das vibrações sonoras sobre telas fosforescentes e confirmou muitos dos fatos que eu havia anunciado

(3) Helmholtz nos advertiu no prefácio de seu Tratado de óptica fisiológica que “sempre deve ser cumprido um longo exercício tendo o objetivo de observar os fenômenos subjetivos e de se tornar mestre dos movimentos do olho, antes que se veja somente o que os anteriores viram”.

sobre os raios N e N₁. Pode-se pensar que esse físico, conhecido por trabalhos de óptica e de metrologia que o ocuparam toda sua vida e que são estimados universalmente, tivesse apresentado fatos dos quais não estivesse absolutamente seguro?

Em Paris, o Sr. Jean Becquerel publicou nos *Comptes Rendus* numerosas notas apresentadas à Academia de Ciências por seu pai, Sr. H. Becquerel, o eminente físico, tendo por objeto os raios N e N₁. Será que o Sr. Jean Becquerel teria se arriscado, com o consentimento de seu pai, a comprometer um dos nomes mais ilustres da ciência, publicando observações que tivessem deixado subsistir a menor dúvida?

BLONDLOT, René. Nouvelles expériences sur l'enregistrement photographique de l'action que les rayons N exercent sur une petite étincelle électrique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 843-846, 1904 (k).

SESSÃO DE 21 DE NOVEMBRO DE 1904

[p. 843] RAIOS N. – *Novas experiências sobre o registro fotográfico da ação que os raios N exercem sobre uma pequena faísca elétrica* ⁽¹⁾.

Nota do Sr. **R. BLONDLOT**.

A seguinte questão me foi dirigida: Na fase das experiências fotográficas sobre os raios N em que a lâmina de zinco CD ⁽²⁾ que serve de suporte ao anteparo de chumbo ou de papel molhado é interposta no trajeto dos raios N, essa lâmina não forma com o pequeno excitador de faíscas um capacitor, e esse aumento de capacidade não produz um enfraquecimento da faísca capaz de alterar os resultados da experiência fotográfica?

Desde meus primeiros testes de fotografia, eu próprio havia considerado a possibilidade de perturbações dessa natureza, mas reconheci logo que elas eram inapreciáveis e é por isso que não falei sobre elas.

No entanto a questão acima já encontra uma resposta implícita na passagem seguinte da Nota que apresentei à Academia de Ciências em 27 de junho de 1904 ⁽³⁾:

“Como controle do bom funcionamento do aparelho, pode-se ou suprimir os raios N durante a fotografia, ou fazê-los agir retirando o papel molhado ou molhando-o com água salgada: as duas imagens aparecem então simultaneamente na revelação e permanecem iguais em intensidade.” Examinemos, de fato, as consequências dessas constatações: 1º Como, quando se suprime os raios N, obtêm-se impressões fotográficas iguais, é necessário que,

(1) Esta Nota foi apresentada na sessão de 14 de novembro de 1904.

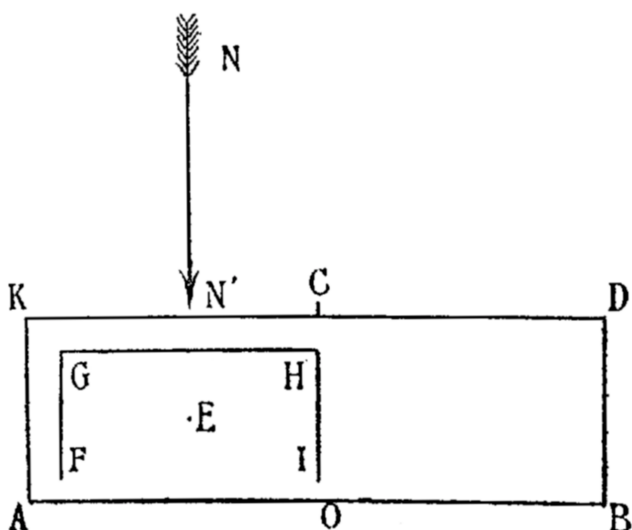
(2) Roga-se ao leitor que se reporte à minha Nota de 22 de fevereiro de 1904: *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 453.

(3) Ver *Comptes Rendus*, vol. CXXXVIII, p. 1676.

no vai-e-vem do [p. 844] chassi, a própria placa metálica recoberta com papel molhado não modifica o brilho da faísca ou, dito de outro modo, que sua presença não exerce nenhuma influência sensível sobre os fenômenos elétricos de que o excitador é sede; 2º como, quando se faz agirem os raios N e quando a placa metálica é transparente para esses raios ⁽⁴⁾, obtêm-se ainda impressões fotográficas iguais, isso mostra de novo que o próprio anteparo não exerce nenhuma ação sensível sobre a faísca.

Verifiquei, além disso, que quando uma placa metálica muito grande, ligada ou não ao solo, é aproximada do excitador até uma distância de 2 cm ou 3 cm, não se percebe nenhuma mudança no brilho da faísca. Deve-se notar também que a caixa de papelão FGHI deve desempenhar o papel de um anteparo elétrico mais ou menos perfeito.

Não me limitei ao que precede, e modifiquei meu aparelho fotográfico de modo a eliminar toda variação de capacidade que pudesse provir do deslocamento do anteparo que serve para interceptar os raios N.



(4) Essa placa é de zinco, corpo transparente para os raios N, assim como a água salgada; a tela de chumbo foi suprimida.

Para isso, revesti as paredes da caixa FGHI com uma folha de alumínio ligada metalicamente ao solo. Para aumentar ainda mais as precauções, também substituí o anteparo CD, preso ao chassi, por uma folha de zinco KD tendo toda a largura do chassi, de modo que, quando o chassi passa de uma das posições à outra, nada é mudado sob o ponto de vista da influência elétrica. O zinco é transparente para os raios N, mas pode-se tornar uma ou a outra das metades CD ou CK da folha de zinco opaca para os raios revestindo-a externamente com uma folha de papel molhado; uma borda metálica C soldada a KD impede que a água se espalhe sobre a outra metade. Os resultados da experiência assim modificada permaneceram os mesmos que antes, ou seja, a faísca sempre deu uma impressão mais forte quando ela recebia os raios N, [p. 845] fosse a metade CD ou CK que estivesse recoberta com papel molhado. Variei ainda a experiência cobrindo uma das metades de KD com papel molhado com água pura e a outra metade com água salgada, e constatee o resultado esperado.

Fiz enfim a seguinte experiência: a placa de zinco KD foi suprimida e um ajudante foi encarregado de interceptar e deixar passar periodicamente os raios N por meio de uma folha de papelão molhado que ele interpunha sobre seu trajeto contra a lanterna contendo a lâmpada Nernst, regulando seus movimentos com os do operador que manobrava o chassi. Os resultados da fotografia foram ainda conformes às previsões baseadas na ação dos raios N.

Fiz uma outra série de experiências para esclarecer o seguinte ponto: o movimento do chassi tendo sido feito a mão, as durações totais de exposição das duas metades da placa são tão exatamente iguais entre si para que não resulte nenhum efeito perturbador apreciável sobre a intensidade das duas impressões fotográficas?

Para medir essas durações, instalou-se um aparelho que realizava automaticamente a duração de cada uma das exposições sucessivas, com a ajuda de contatos elétricos, o registro sobre um cilindro que girava; ao mesmo tempo, sinais com a distância de um segundo eram marcadas sobre esse cilindro. Operava-se cruzando as experiências, quer dizer, a pessoa encarregada de deslocar o chassi contava 25 segundos para uma primeira exposição, à

direita (por exemplo), depois 25 segundos para uma primeira exposição à esquerda, depois 25 segundos para uma segunda exposição à direita, e enfim 25 segundos para uma última exposição à esquerda.

A inscrição sobre o cilindro mostrou que as durações totais de exposição de cada uma das duas metades da placa em uma experiência nunca diferiram mais de $\frac{1}{2}$ segundo. Pode-se pensar que essa diferença de $\frac{1}{2}$ segundo em uma duração total de 50 segundos não tem influência apreciável sobre as impressões fotográficas, mas, para suprimir radicalmente toda incerteza sobre esse ponto, fiz arranjos de modo que a exposição fosse sempre mais longa para aquela das duas metades da placa que é impressionada na ausência de raios N: para isso, contava-se um segundo a mais durante essa exposição; a inscrição no cilindro, durante as experiências fotográficas, mostrou que essa exposição foi sempre mais longa do que a outra e que o excesso variou de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{2}$ de segundo aproximadamente.

Com a ajuda devotada do Sr. C. Gutton, fiz desse modo 12 experiências em 4 sessões, sendo os raios N produzidos por uma lâmpada Nernst; nas experiências sucessivas, colocou-se o papel molhado alternadamente sobre a metade CD e sobre a metade CK da folha de zinco solidária ao chassi. Cada vez, a impressão fotográfica apareceu primeiramente durante a revelação e foi mais forte do lado onde os raios N haviam agido sobre a faísca durante a exposição, embora essa exposição tenha sido um pouco mais curta do que a outra. Obteve-se ainda o mesmo resultado fazendo apenas duas exposições, cada uma de 50 segundos. [p. 846]

Os clichês fotográficos são assim testemunhas irrecusáveis da ação dos raios N sobre a faísca elétrica.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 30 de novembro de 1904

Meu caro amigo,

Não vos respondi mais cedo porque estava ocupado com experiências das quais queria comunicar-vos os resultados. Vós as encontrareis em uma folha anexa; de 37 experiências com uma lâmpada de Nernst, 4 foram ruins, das quais 3 deram imagens iguais e uma, imagens desiguais no sentido contrário ao sentido previsto. Essa proporção de boas experiências me parece satisfatória, se refletirmos que não se pode ser mestre absoluto da regulação do vibrador e da faísca; ela me pareceria mesmo se não se levar em conta duas ou três outras experiências da tabela nas quais o contraste foi pouco marcado⁷⁸.

Se a repetição de tais experiências fotográficas apresenta um interesse suficiente para que alguns membros da Academia queiram se deslocar para esse objetivo, eu estaria totalmente disposto a repeti-las diante deles: eles poderiam também executá-las eles próprios; se eles o desejassem, eu regularia a faísca (ou Gutton, ou Wirtz a regulariam) e eles próprios fariam a experiência fotográfica.

A fotografia me parece estabelecer o seguinte ponto: uma lâmpada de Nernst e algumas outras fontes emitem alguma coisa que atravessa a madeira, o alumínio etc., e aumenta a atividade fotográfica de uma pequena faísca elétrica. Isso já é um fato novo e importante, mas creio que é tudo o que pode ser estabelecido no momento de uma maneira positiva.

As experiências de controle das observações dos anteparos [uma palavra ilegível] permanecem aleatórias: certas séries deram resultados muito favoráveis; outras não tiveram sucesso, sobretu-

⁷⁸ Poincaré se referiu a esses experimentos de Blondlot em uma carta (sem data) que escreveu a Henri Becquerel. Jean-Louis Basdevant datou equivocadamente a carta de Poincaré como sendo de fevereiro de 1896! (Basdevant, 1996, p. 16). Em novembro de 1904 a comissão do Prêmio Leconte estava discutindo o relatório elaborado por Becquerel e que acabou sendo modificado por Poincaré.

do quando elas são prolongadas. Creio poder atribuir as dificuldades à fadiga, que não permite continuar esses testes mais do que alguns minutos e também às ações perturbadoras de origens muito diversas: (quase) todos os corpos agem mais ou menos sobre a tela: o algodão cardado, as caixas de madeira ou de papelão, o papel, agem quase tanto quanto as lágrimas batávicas ou o aço temperado quando são aí guardados: mesmo sabendo-o, não se pode distinguir uma caixa vazia de uma caixa contendo essas substâncias, pois ela age quase tanto quanto ela. Há complicações muito grandes e provavelmente algumas de origem desconhecida⁷⁹.

Se tais experiências de controle tiverem sucesso, elas serão uma prova, mas seu insucesso – provável – não será decisivo, em minha opinião. Quanto a mim, no dia em que eu não veja mais os raios N, eu o declararei abertamente, mas como eu os vejo com uma certeza completa (não sou o único), não posso senão declará-lo de modo igualmente aberto. Se houvesse o temor de que essa afirmação, de que eu não posso pelo momento sustentar provas positivas além das verificações parciais pela fotografia, pudesse em um grau qualquer ser inconveniente na boca de um correspondente da Academia, eu não hesitaria em fornecer minha demissão como correspondente, considerando que é um dever estrito dizer e fazer aquilo que se sabe ser a verdade.

Continuarei a estudar os raios N e fenômenos análogos, e publicarei os resultados às minhas custas *e sob minha única responsabilidade*, na qualidade de simples particular⁸⁰. Se alguns crêem que eu estou no caminho errado em física; pelo menos ninguém poderá dizer que eu abandonei meu dever. Isso é a única coisa que importa.

Vosso fielmente devotado

R. Blondlot

⁷⁹ Provavelmente Blondlot se referia neste parágrafo à possibilidade de fazer testes de controle, com os anteparos fosforescentes, semelhantes aos que foram propostos por Wood.

⁸⁰ Ou seja, Blondlot estava desistindo, nessa época, de publicar trabalhos na revista da Academia de Ciências de Paris, para evitar o mal-estar de alguns membros da Academia. De fato, ele nunca mais publicou na revista.

	Papel molhado	Sentido	Observações sobre o contraste das imagens
1	esquerda	previsto	muito marcado
2	direita	id. ⁸¹	marcado
3	direita	id.	marcado
4	esquerda	id.	muito marcado
5	esquerda	id.	muito marcado
6	direita	id.	marcado
7	direita	id.	muito marcado
8	esquerda	id.	muito marcado
9	esquerda	id.	marcado
10	direita	id.	marcado
11	direita	id.	marcado
12	esquerda	id.	marcado
13	direita	id.	muito marcado
14	esquerda	id.	certo, mas pouco marcado
15	esquerda	id.	certo, mas muito fraco
16	direita	duvidoso	
17	direita	id.	marcado
18	esquerda	id.	muito marcado
19	sem papel molhado; imagens iguais]		
20	esquerda	previsto	muito pouco marcado
21	esquerda	id.	muito marcado
22	direita	id.	marcado
23	direita	previsto	muito marcado
24	esquerda	duvidoso	
25	esquerda	previsto	muito marcado
26	esquerda	id.	muito marcado
27	direita	id.	muito marcado
28	direita	id.	marcado
29	esquerda	id.	muito marcado
30	direita	id.	certo, mas pouco marcado

Essas são as experiências citadas na minha nota do C. R.

⁸¹ Nesta tabela, que foi enviada por Blondlot a Poincaré como parte de sua carta, as indicações “id.” na terceira coluna significam “idem”, ou seja, que o resultado foi igual ao do experimento anterior.

31	direita	duvidoso	
32	esquerda	ao con- trário	muito marcado
33	direita	previsto	marcado
34	esquerda	id.	muito marcado
35	direita	id.	muito marcado
36	esquerda	id.	muito marcado
37	direita	id.	muito marcado
lágrimas batávicas, anteparo de papel molhado um pouco transparente			
38	esquerda	id.	marcado
39	direita	id.	pouco marcado mas certo
40	direita	id.	marcado
duas limas, anteparo de chumbo			
41	direita	id.	marcado

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 1º de dezembro de 1904

Meu caro amigo,

Percebi que omiti responder-vos sobre o assunto da fotografia com a ajuda dos sulfetos. Eu, de fato, fiz antes tentativas que não deram resultado; talvez eu não tenha perseverado suficientemente. O decréscimo da fosforescência é uma grande dificuldade⁸². O Sr. Rothé tentou se libertar dela por um método engenhoso, mas não é afirmativo quanto aos resultados⁸³.

A ação dos raios N sobre o sulfeto parece progressiva, mas 75 segundos me parecem um tempo mais longo do que o que observei.

Creio que a vantagem da faísca sobre outros reagentes deve-se a que o próprio regime elétrico é modificado pelos raios N, um pouco como as oscilações hertzianas o são para a luz ultravioleta.

Cordialmente vosso,

R. Blondlot

⁸² No caso dos anteparos fosforescentes, uma grande dificuldade em fazer controle fotográfico da variação de luminosidade é que o brilho do sulfeto de cálcio vai diminuindo gradualmente, quando mantido no escuro. Seria difícil desenvolver um método para registrar as variações de brilho.

⁸³ Edmond Rothé era professor da Universidade de Grenoble. Publicou um artigo no qual afirmou poder registrar as variações de brilho.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 4 de dezembro de 1904

Meu caro amigo,

Respondendo a vossas questões.

1º Creio que alguém que não veja o aumento de brilho produzido pelos raios N sobre a pequena faísca não conseguiria regulá-la. Eis como nós nos portamos para essa regulação: as pontas sendo inicialmente colocadas em contato, elas são afastadas progressivamente com uma extrema lentidão; vê-se então o brilho da faísca aumentar inicialmente com a distância das pontas, depois diminuir em seguida. É no máximo que se deve parar; a faísca é então sensível ao olho, e própria para a fotografia, com a condição de que a corrente induzida seja bastante fraca e o vibrador funcione regularmente, o que é talvez a maior dificuldade. A sensibilidade para o olho é muito mais fácil de obter que a sensibilidade necessária para a fotografia, pois, para esta, a faísca deve ser extremamente fraca. A sensibilidade da faísca para os raios N é mais fácil de constatar que a das telas fosforescentes; Gutton nos compara a pessoas que fotografam um objeto que vêem muito longe, a fim de terem certeza de que esse objeto existe. Porém não é para nós mesmos que fotografamos.

2º Um físico *que não vê*, como dizeis, teria necessidade de aprender a fazer a fotografia e, para ter sucesso seguro, precisaria de tanto tempo quanto alguém incapaz de apreciar os intervalos musicais para chegar a tocar violão corretamente: equívale a dizer que isso me parece impossível.

Vamos deixar claro, essas experiências são um tipo de exibição de poder e estão no limite daquilo que pode ser feito.

3º Ser-me-ia impossível ir a Paris: minha saúde que, embora precária, havia melhorado durante esses últimos anos, sofreu o golpe dos graves aborrecimentos atuais: perdi o apetite, e o dia e a noite se passam para mim em um estado muito penoso.

Refleti que a fotografia por meio do sulfeto deve ser impossível ou, pelo menos, quase impossível. J. Becquerel constatou, de fato, que o brilho *verdadeiro* do sulfeto não aumenta, ou quase nada, pelos raios N, mas que o aumento aparente de brilho seria

devido aos raios N secundários emitidos pelo sulfeto e agindo sobre o olho. Assim, não se poderia esperar nada da fotografia com o sulfeto, por assim dizer.

Muito cordialmente vosso,

R. Blondlot

Carta de Potier⁸⁴ a Poincaré

2 de dezembro de 1904

Meu caro confrade,

Li na Revista Rosa⁸⁵ que atribuis vossa incapacidade de perceber as variações de brilho dos sulfetos a que não sois capaz de não acomodar. Mas não indicais precisamente em que sentido empregais essa palavra; ordinariamente se chama acomodação uma mudança na curvatura das faces do cristalino que permite ao olho ver nitidamente os pontos situados a distâncias diferentes, e mesmo se avalia numericamente essa capacidade de acomodação tomando a diferença dos inversos das distâncias extremas entre as quais o olho pode ver com nitidez; é esta faculdade que desaparece rapidamente com a idade e eu não poderia deixar de felicitar-vos por havê-la conservado; mas, tenha-se ou não permanecido jovem, uma gota de atropina no olho é suficiente para abolir essa faculdade durante um tempo suficiente para que se possa medir as curvaturas do cristalino que se tornam invariáveis. Ora, não consigo ver relação entre essa acomodação e a visibilidade dos anteparos de sulfeto. Pelo contrário, vejo uma relação muito estreita entre tudo o que se conta (“é como um véu que se rasga”) e a disposição anatômica bem conhecida da retina, em virtude da qual um objeto é visto com o máximo de nitidez quando sua imagem se projeta na mancha central ao mesmo tempo que parece menos luminoso nesta posição do que quando sua imagem se projeta fora da mancha⁸⁶. De modo que, quando o objeto é pouco iluminado, e que se quer dar conta exatamente de sua forma, o olho começa

⁸⁴ Adicionamos aqui esta carta de Alfred Potier, especialista em óptica, que escreveu a Poincaré a respeito da dificuldade de observação de objetos fracamente iluminados, como nos experimentos de Blondlot.

⁸⁵ A *Revue Scientifique* tinha uma capa cor-de-rosa, sendo por isso também conhecida por “Revista Rosa”.

⁸⁶ Potier comentou aqui sobre a diferença entre *nitidez*, que é obtida quando a imagem incide sobre a parte central da retina, com predominância de cones (sensíveis às cores) muito próximos, e *brilho*, que é obtida, no escuro, quando a imagem incide nos bastonetes da retina (insensíveis às cores, e mais espaçados).

por fixá-lo e projeta a imagem, de acordo com seu hábito, sobre a mancha central; mas então essa imagem perde seu brilho, o objeto parece desaparecer e o olho de desloca de modo que a imagem indo se produzir ao lado da mancha, o corpo se torna novamente visível, mas sem nitidez. Por isso o exercício que consiste em querer ver os detalhes de um objeto muito pouco iluminado é dos mais fatigantes.

Eis para mim o fenômeno mais incômodo, e é necessário um treino muito grande para conseguir manter o olho fixo nessas condições; adicionai a isso a sugestão e vereis que a questão não é simples.

Seria a esse último fenômeno que haveis aplicado a palavra acomodação? Isso não me pareceria de acordo com vossa habitual precisão.

Vosso muito devotado

A. Potier

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 18 de dezembro de 1904

Meu caro amigo,

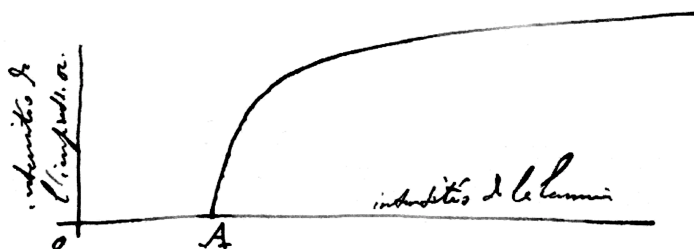
Embora eu não possa exprimir uma opinião devidamente motivada sobre as experiências do Sr. Bordier⁸⁷, apesar disso, eu não tenho grande confiança nelas. Se, como temo, elas não forem verificadas, será pior para os raios N, pois não se deixará de atribuir esse insucesso à inexistência desses raios. Por isso eu me dediquei a melhorar ainda mais a fotografia da pequena faísca. Para isso, intercalei no circuito induzido que inclui a faísca, um telefone com fio grosso e curto: desse modo pode-se, durante a própria experiência, assegurar-se se a faísca não se extinguiu e se ela foi regular⁸⁸; no caso contrário, a experiência seria rejeitada sem nem revelar a placa.

Anteontem tive a oportunidade de repetir essas experiências de fotografias de faíscas diante do Sr. P. [Pierre] Chappuis (que foi da agência internacional de Sèvres); elas tiveram completo sucesso; o que mais o surpreendeu foi que, recentemente, ele havia visto Lummer em Berlim, que fracassou constantemente. Essas experiências são difíceis porque é preciso trabalhar com uma faísca extremamente fraca e, apesar disso, de intensidade capaz de impressionar a chapa fotográfica. Creio que na vizinhança da menor intensidade capaz de impressionar a chapa fotográfica, ela é extremamente sensível às diferenças de intensidade e sou levado a pensar que se colocássemos em abscissa as intensidade de luz agin-

⁸⁷ Henri Bordier publicou um trabalho no qual afirmava ter conseguido fotografar as variações de brilho de telas fosforescentes, sob ação dos raios N (Bordier, 1904). Blondlot havia tentado e não havia obtido resultados; além disso, depois dos estudos de Jean Becquerel, passou a crer que os efeitos eram principalmente fisiológicos. Por isso, não acreditava que os resultados de Bordier pudessem ser reproduzidos.

⁸⁸ Como a faísca era alimentada por uma bobina de indução, a corrente era constituída por uma série de pulsos curtos. O telefone intercalado no circuito permitia ouvir uma espécie de chiado, enquanto a corrente estava passando, e silenciava quando a corrente fosse interrompida.

do sobre a placa e em ordenadas as impressões para um tempo de exposição determinado, teríamos uma curva da seguinte forma:



Essa é, afinal, a forma mais simples de curva passando pelo ponto A e tendo uma assíntota horizontal, condições dadas pela experiência. Essa forma de curva explicaria a sensibilidade muito grande do método fotográfico para faíscas muito fracas e a falta de sensibilidade para faíscas mais fortes.

Eu me protejo na fotografia de faíscas e creio que a posição é inatacável⁸⁹. Quanto a saber se é oportuno que o Sr. J. Becquerel se preste a experiências de controle, não posso emitir sobre isso nenhuma opinião, ele próprio é o melhor juiz.

Temo que experiências desse gênero acabem sempre por fracassar, se forem prolongadas e se aquele que as faz está fatigado ou indisposto, mas não quero fazer partilhar essa crença com ninguém.

Tenho a intenção de imprimir logo minhas pesquisas, às minhas próprias custas, assinadas simplesmente por meu nome⁹⁰, permanecendo fiel a dizer toda a verdade sem me deixar deter por nenhuma consideração e mesmo se eu deva me tornar em meus dias de velhice um “fora da lei” [“outlaw”, no original] científico.

Fielmente e cordialmente vosso,

R. Blondlot

⁸⁹ Os experimentos cada vez mais aperfeiçoados de Blondlot não foram mais criticados – mas também não foram mencionados ou aceitos.

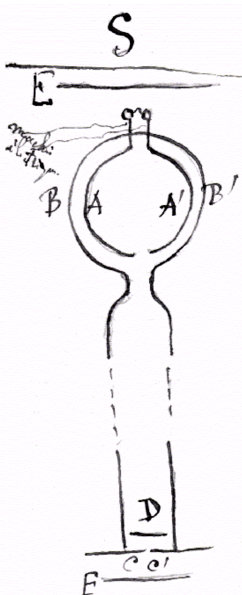
⁹⁰ Blondlot não realizou esse projeto.

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 2 de abril de 1905

Meu caro amigo,

Antes de vos responder, consegui repetir ainda uma vez as experiências sobre a ação dos raios N sobre a faísca primária de um excitador, ação que modifica ao mesmo tempo a faísca do ressoador. Desta vez utilizei uma máquina elétrica com o dispositivo abaixo.



O excitador AA' é ligado a uma máquina de Whimshurst e gera ondas Hertzianas no circuito BB'; tem-se assim, no micrômetro CC', uma pequena faísca; um anteparo de chumbo D protege a pequena faísca contra os raios ultravioleta e raios N que poderiam provir da faísca primária.

Uma fonte S, lâmpada ou Sol, cujos raios luminosos são interceptados de uma maneira constante por anteparos de alumínio, madeira, papel, etc., envia os raios N sobre a faísca; com a ajuda

de um anteparo E recoberto de papel molhado, pode-se interceptar os raios N. Observa-se a pequena faísca através de um vidro despolido. Pode-se assim constatar que a ação dos raios sobre a faísca primária diminui a faísca secundária. Nessa última série de experiências, a ação se mostrou tão nítida, pelo menos, quanto nas precedentes (das quais uma foi feita por Gutton). A faísca primária não necessita de nenhuma regulação: basta que ela não ultrapasse 2 ou 3 milímetros; a regulação da faísca secundária consiste em dar ao micrômetro um distanciamento tal que a faísca seja bem regular ou, pelo menos, tão pouco irregular quanto possível. Apesar de tudo, a observação das variações da faísca secundária me parece mais difícil do que a da faísca que serve nas experiências fotográficas, por exemplo. Será ela mais acessível a todos os olhos? Eis o que eu não posso dizer. Em todo caso, o caráter comum a todas as variações de brilho de faíscas em geral, pelos raios N e ações análogas, é que essas variações permanecem visíveis através de uma cuba cheia de água pura, enquanto que as variações de brilho do sulfeto são quase inobserváveis nessas condições (como constatou J. Becquerel e como eu verifiquei um número muito grande de vezes). Esse caráter parece realmente indicar que a ação sobre a faísca é realmente um fenômeno físico, enquanto que as experiências com os sulfetos teriam um caráter fisiológico em grande parte.

As medidas eletrométricas se referiram à faísca *secundária*, exclusivamente. Tentei, sem sucesso, procurar uma variação da distância explosiva e, por isso, temo que o bolômetro ou um detetor de coesão [*cohéreur*] também não dariam nada⁹¹.

⁹¹ A “distância explosiva” é a máxima distância à qual aparece uma faísca entre dois eletrodos. Depende evidentemente da diferença de potencial, mas também de outros fatores e Blondlot procurou observar se era influenciada pelos raios N. O bolômetro era um aparelho muito utilizado para medir energia luminosa. Era constituído por fios de platina com superfície preta, cuja resistência elétrica era medida. O aquecimento dos fios podia ser notado pela variação dessa resistência. O detetor de coesão era um sistema constituído por um tubo contendo limalha de ferro. A resistência elétrica desse sistema é normalmente alta, mas quando o tubo é atravessado por ondas hertzianas, sua resistência diminui bruscamente, porque o pó de ferro adquire propriedades magnéticas e uma forte adesão entre as partículas.

A fotografia permanece, em minha opinião, o único modo de obter efeitos objetivos; acabo de fazer vinte delas que tiveram sucesso, todas, e estou muito contente porque os senhores J. Becquerel e Broca pretendem trabalhar nesta direção. Um único tipo de bobina de indução nos proporcionou bons resultados: é um aparelho que tem a marca εὐρηκα [*eureka*, em grego no original] e cujo vibrador oferece uma disposição bastante particular. Estou disposto a emprestar uma dessas bobinas aos senhores Becquerel e Broca.

Creio não vos haver dito ainda que, depois de um grande número de experiências, as radiações do aço temperado devem ser consideradas como um caso de emissão pesada e não como raios N.

Endereço-vos a expressão de minha cordial amizade.

R. Blondlot

Carta de Blondlot a Poincaré

Nancy, 7 de abril de 1905

Meu caro amigo,

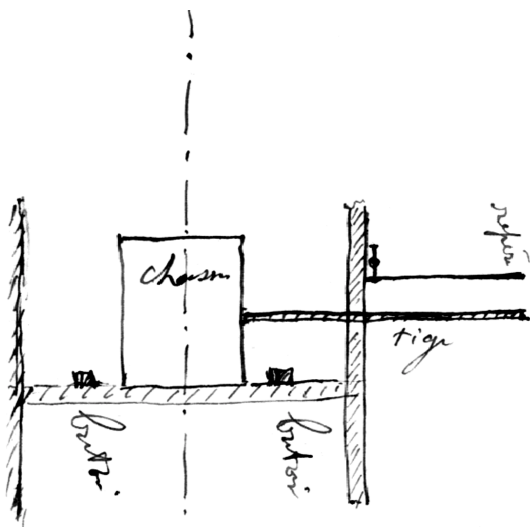
Retorno a um ponto importante de vossa carta. Dizeis: “Parece-me que, uma vez regulada a faísca, a operação poderia ser realizada por qualquer não-crente...” Há aí mais do que uma presunção, pois a prova já foi feita há muito tempo sem que tivesse sido procurada. De fato, Gutton que, em suas experiências fotográficas, fez um grande número de vezes a manipulação do chassi, disse-me que jamais regulou ele próprio a faísca. Eu nunca havia prestado atenção a essa circunstância, mas lembro-me agora perfeitamente que a regulação foi sempre feita por Wirtz ou por mim⁹².

Além disso, ocorre que o aparelho permanece regulado de um dia para outro, sem que haja necessidade de tocar nele para obter boas fotografias.

O telefone é um controle muito precioso; um aperfeiçoamento foi introduzido há vários meses na manipulação do chassi: sendo ele colocado primeiramente na posição simétrica, ele é inicialmente aberto, e é somente depois que se começam as exposições alternadas, que são terminadas trazendo novamente o chassi para a posição simétrica e fechando-o em seguida. Evitam-se assim os erros de duração de exposição que poderiam provir da abertura e do fechamento do chassi no início e ao final das exposições alternadas. A sensibilização inicial (aliás, insignificante) que pode ser produzida durante os dois intervalos de tempo muito curtos nos quais a placa está na posição simétrica é também simétrica e não introduz nenhuma perturbação.

O chassi é manipulado por meio de uma longa haste que sai lateralmente da caixa onde se faz a fotografia; um ponto de referência indica a posição média do chassi e há batentes que limitam o movimento do chassi nas posições alternadas.

⁹² O nome correto do assistente era Lucien Wirtz, mas Blondlot às vezes escrevia o nome com W.



Se os senhores Becquerel e Broca confiaram a um construtor a construção de seu aparelho, não posso deixar de temer as consequências do espírito de aperfeiçoamento que se encontra na maior parte desses profissionais. É preciso sobretudo evitar a multiplicação das peças coladas, ou parafusadas, ou comprimidas, pois tudo isso age sobre a faísca. Minhas observações estão completamente de acordo com as experiências que o Sr. Jaumann descreveu nos C. R., e que já são bastante antigas.

Muito cordialmente vosso,

R. Blondlot

Carta de Blondlot a Poincaré

[Sem data; final de 1905]⁹³

Meu caro amigo,

Permitais-me acrescentar minhas humildes, mas sinceras felicitações, à homenagem unânime dos sábios e dos não-sábios.

Aqui, não estamos alegres; depois da perda de Bichat, eis que o nosso pobre Floquet, depois de ter estado gravemente doente de uma broncopneumonia seguida de um abscesso no ventre, parece não poder retomar suas forças.

Pelo contrário, as experiências vão muito bem: os fenômenos fundamentais dos raios N e da emissão pesada, a polarização da emissão de um tubo de Crookes se fotografam sem dificuldade e com uma certeza absoluta. Gutton fez por seu lado fotografias por um método um pouco diferente e com o mesmo sucesso.

⁹³ Este bilhete, escrito em um cartão de visita de Blondlot, não tem data. Porém, como menciona a morte de Ernest-Adolphe Bichat (ocorrida em 27 de julho de 1905), é posterior a essa data. Menciona também uma pesquisa feita por Camille Gutton, apresentada à Academia de Ciências no dia 15 de janeiro de 1906. Por isso, provavelmente a carta foi escrita entre essas duas datas (talvez em dezembro de 1905).

MASCART, Éleuthère Élie Nicolas. Sur les rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **142**: 122-124, 1906.

SESSÃO DE 15 DE JANEIRO DE 1906

[p. 122] FÍSICA. – *Sobre os raios N*.

Nota do Sr. **MASCART**.

A descoberta dos raios N pelo Sr. Blondlot provocou inicialmente numerosas experiências, publicadas talvez apressadamente demais, e depois levantou objeções que foram até o ponto de colocá-la em dúvida. Em observações tão delicadas, pode-se pensar que os resultados negativos não constituem argumentos científicos e podem ser atribuídos à insuficiência dos aparelhos ou à falta de preparação dos operadores⁹⁴.

Desde o início, tive a oportunidade de constatar alguns desses fenômenos⁹⁵, sem fazer medidas, e solicitei ao Sr. Blondlot, há alguns dias, que tivesse a bondade de repetir, com precauções particulares, a experiência de refração dos raios N emitidos por uma lâmpada Nernst por um prisma de alumínio.

O espectro de refração apresenta um certo número de máximos de intensidade, bastante largos aliás, por causa das condições da experiência, e que não comportam a precisão das medidas ópticas. [p. 123]

O anteparo que contém a linha de sulfeto, previamente iluminado, foi montado sobre o carro de uma máquina divisora; inscrevia-se o número marcado pelo índice sobre a régua cada vez que o observador parava o movimento sobre um máximo de intensida-

⁹⁴ Mascart se referiu aqui ao princípio metodológico de que a não-observação de um fenômeno não pode ser considerada como uma evidência forte de que ele não existe; mas sua observação é um forte indício de existência. Essa assimetria não foi levada em conta por muitas pessoas que escreveram sobre os raios N, no passado e no presente.

⁹⁵ Mascart havia visitado o laboratório de Blondlot, em Nancy, e confirmado seus experimentos; porém, durante o período da pesquisa de opinião da *Revue Scientifique*, não havia se pronunciado sobre o assunto – talvez por sua posição delicada, de Presidente da Academia de Ciências. No entanto, em 1906 resolveu publicar estes resultados experimentais favoráveis aos raios N.

de. Eis os resultados obtidos por quatro observadores diferentes em uma mesma região⁹⁶:

Blondlot	Gutton	Vitz	Mascart	Média
382,4	—	381	383,4	382,4
—	387,2	386,9	387	387,03
391,5	393	392	391	391,9
398,4	399	398,2	397	398,15

Em outra experiência, a máquina foi deslocada de modo que o movimento do carro fosse aproximadamente perpendicular aos raios refratados. Foi acertado que o operador faria inicialmente as localizações caminhando em um sentido, depois, após algumas voltas suplementares da manivela, voltaria em sentido contrário sobre o mesmo caminho. Em cada parada em um máximo, eu lia a divisão do índice sem conhecimento do observador.

O Sr. Blondlot obteve assim:

→	387,5	382,3	374	368,2	360,2	358	353,2
←	<u>386,1</u>	<u>381,2</u>	<u>374,3</u>	<u>368,2</u>	<u>360,2</u>	<u>358,2</u>	<u>353,2</u>
Média	386,8	381,75	374,15	368,2	360,2	358,1	353,2

A lâmpada Nernst tendo em seguida se apagado por ruptura do circuito, essa série foi interrompida; ela comportava por outro lado um número excessivo de leituras para pessoas com menos experiência.

O prisma foi regulado sensivelmente ao mínimo de desvio relativamente a uma nova posição da máquina, e a extensão da região explorada foi reduzida, para evitar a fadiga dos observadores.

As leituras foram, então:

Blondlot	→	375,6	370,4	363,4	356,2
"	←	<u>375,3</u>	<u>370,3</u>	<u>363,4</u>	<u>356,2</u>
Média		375,45	370,35	363,4	356,2

⁹⁶ É preciso lembrar que os experimentos eram feitos no escuro; assim, a pessoa que estava movimentando o detetor não podia ver qual era a posição do suporte, não podendo assim haver fraude.

Gutton	→	—	371,4	364,2	356,1
"	←	<u>374,8</u>	<u>367,4</u>	<u>361,3</u>	<u>356,6</u>
Média		374,8	369,4	362,75	256,35
Virtz	→	374,9	369,8	364,6	357,6
"	←	<u>374,6</u>	<u>371,6</u>	<u>364,3</u>	<u>358,2</u>
Média		374,75	370,7	364,45	257,9
[p. 124]					
Mascart	→	—	372	—	356
"	←	<u>376,5</u>	<u>370</u>	—	<u>356</u>
Média		376,5	371	—	256

Para dar uma idéia da exatidão das experiências, adicionarei que, no último caso, o desvio era vizinho de 30° e que 1 mm da escala correspondia a cerca de 4'. As condições eram da mesma ordem nas outras séries. As localizações do Sr. Blondlot, em particular, são sempre concordantes por menos de meio milímetro, salvo duas exceções, de modo que a posição de cada máximo era determinada a menos de 2' de erro, ou seja, 1/900 do desvio.

É apenas a título de indicação que reproduzo minhas observações pessoais, feitas de modo improvisado; na realidade é necessária uma excelente visão e um aprendizado especial. Abstenho-me de comentar sobre o conjunto dos resultados, deixando a cada um a tarefa de formar uma convicção⁹⁷.

⁹⁷ Embora Mascart não tenha exprimido suas conclusões, é evidente que ele publicou este artigo com o objetivo de impressionar os leitores favoravelmente com relação aos raios N, pela forte concordância entre as diversas medidas realizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ANÔNIMO]. Notes. *Nature* **69**: 182-183, 1903.
- ASHMORE, Malcolm. The theatre of the blind: starring a Promethean prankster, a phoney phenomenon, a prism, a pocket, and a piece of wood. *Social Studies of Science*, **23**: 67-106, 1993.
- ABBOT, C. G. The N rays of M. Blondlot. *Annual Report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution* **58**: 207-214, 1903.
- ASCOLI, Marcel. Une nouvelle espèce de radiations. Les rayons N. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* **15**: 226-242, 1904.
- BASDEVANT, Jean-Louis. *Henri Becquerel à l'aube du XX^{ème} siècle*. Paris: École Polytechnique, 1996.
- BECQUEREL, Jean. Action des anesthésiques sur les sources des rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1159, 1904 (a).
- , Sur le rôle des rayons N dans les changement de visibilité des surfaces faiblement éclairées. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1204-1206, 1904 (b).
- , Sur l'émission simultanée de rayons N et rayons N₁. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1332-1335, 1904 (c).
- , Action des anesthésiques sur les sources des rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1415-1418, 1904 (d).
- , Contributions à l'étude des rayons N et N₁. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1486-1489, 1904 (e).
- , Action du champ magnétique sur les rayons N et N₁. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1586-1587, 1904 (f).
- , Effets comparés des rayons β et des rayons N, ainsi que des rayons α et des rayons N₁, sur une surface phosphores-

- cente. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 40-42, 1904 (g).
- BECQUEREL, Jean. Sur la nature des rayons N et N_1 et sur la radioactivité des corps qui émettent ces radiations. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 264-267, 1904 (h).
- . Sur la réfraction des rayons N et N_1 . *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 267-270, 1904 (i).
- BECQUEREL, Jean & BROCA, André. Modifications de la radiation des centres nerveux sous l'action des anesthésiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1280-1282, 1904.
- BICHAT, Ernest. Sur le mécanisme de la transmission des rayons N par des fils de différentes substances. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 329-331, 1904.
- . Sur la transparence de certains corps pour les rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 548-550, 1904.
- BLONDLOT, René. *Rayons N*. Paris: Gauthier-Villars, 1904.
- . *N rays: a collection of papers communicated to the Academy of Sciences*. Trad. J. Garcin. London: Longmans, Green, 1905.
- . Détermination de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **113**: 628-631, 1891.
- . Détermination de la vitesse de propagation d'une perturbation électrique le long d'un fil de cuivre. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **117**: 543-546, 1893.
- . Action de raions X sur de très petites étincelles électriques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **134**: 1559-1560, 1902 (a).
- . Sur la vitesse de propagation des rayons X. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **135**: 666-670, 1902 (b).
- . Sur l'égalité de la vitesse de propagation des rayons X et de la vitesse de la lumière dans l'air. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **135**: 721-724, 1902 (c).
- . Observations et expériences complémentaires relatives à la détermination de la vitesse des rayons X. Sur la nature de ces rayons. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **135**: 763-

766, 1902 (d).

BLONDLOT, René. Sur la vitesse avec laquelle des différentes variétés de rayons X se propagent dans l'air et dans différents milieux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **135**: 1293-1295, 1902 (e).

----- . Sur la polarisation des rayons X. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 284-286, 1903 (a).

----- . Action d'un faisceau polarisé de radiations très refrangibles sur de très petites étincelles électriques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 487-489, 1903 (b).

----- . Sur une nouvelle espèce de lumière. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 735-738, 1903 (c).

----- . Sur l'existence, dans les radiations émises par un bec Auer, des rayons traversant les métaux, les bois, etc. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1120-1123, 1903 (d).

----- . Sur de nouvelles sources de radiations susceptibles de traverser les métaux, les bois, etc., et sur de nouvelles actions produites par ces radiations. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1227-1229, 1903 (e).

----- . Sur l'existence de radiations solaires capables de traverser les métaux, les bois, etc. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1421-1422, 1903 (f).

----- . Sur une nouvelle action produite par les rayons N et sur plusieurs fait relatifs à ces radiations. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 166-169, 1903 (g).

----- . Sur de nouvelles actions produites par les rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 684-686, 1903 (h).

----- . Sur l'emménagement des rayons N par certains corps. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 729-731, 1903 (i).

----- . Sur le renforcement qu'éprouve l'action exercée sur l'oeil par un faisceau de lumière, lorsque ce faisceau est accompagné de rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 831-833, 1903 (j).

----- . Sur la propriété d'émettre des rayons N que la compression confère à certains corps. *Comptes Rendus de*

- l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 962-964, 1903 (k).
- BLONDLOT, René. Sur la dispersion des rayons N et sur leur longueur d'onde. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 125-129, 1904 (a).
- . Enregistrement, au moyen de la photographie, de l'action produite par les rayons N sur une petite étincelle électrique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 453-456, 1904 (b).
- . Sur une nouvelle espèce des rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 545-547, 1904 (c).
- . Particularités que présente l'action exercée par les rayons N sur une surface faiblement éclairée. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 547-548, 1904 (d).
- . Actions comparées de la chaleur et des rayons N sur la phosphorescence. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 665, 1904 (e).
- . De l'action que les rayons N exercent sur l'intensité de la lumière émise par une petite étincelle électrique et par quelques autres sources lumineuses faibles. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1394-1395, 1904 (f).
- . Sur la propriété que possèdent un grand nombre de corps de projeter spontanément et continuellement une émission pesante. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1473-1476, 1904 (g).
- . Perfectionnements apportés au procédé photographique pour enregistrer l'action des rayons N sur une petite étincelle électrique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1675-1676, 1904. (h)
- . Actions des forces magnétiques et électrique sur l'émission pesante: entraînement de cette émission par l'air en mouvement. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1676-1679, 1904. (i)
- . Sur une méthode nouvelle pour trouver les rayons N et les agents analogues. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 114-115, 1904. (j)
- . Nouvelles expériences sur l'enregistrement photographique de l'action que les rayons N exercent sur une

- petite étincelle électrique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 843-846, 1904 (k).
- BLONDLOT, René. Nouvelles expériences sur l'enregistrement photographique de l'action que les rayons N exercent sur une petite étincelle électrique. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 731-732, 1904 (l).
- . Nouvelles expériences sur l'enregistrement, au moyen de la photographie, de l'action exercée par les rayons N sur une étincelle électrique. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* **16**: 727-728, 1905.
- BORDIER, H. Expérience permettant de déceler les rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 972-974, 1904.
- . *Les rayons N et les rayons N₁*. Paris: J. B. Baillière et fils, 1905.
- BROWN, S. G. M. Blondlot's n-ray experiments. *Nature* **69**: 296, 1904.
- BURKE, John Butler. The Blondlot n-rays. *Nature* **69**: 365, 1904 (a).
- . The Blondlot n-rays. *Nature* **70**: 198, 1904 (b).
- CHANOZ, M. & PERRIGOT, M. A propos d'une prétendue démonstration de l'existence des rayons N par la photographie d'écrans au sulfure de calcium isolé. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **140**: 86-87, 1905.
- CHARPENTIER, Augustin. Émission de rayons N (rayons de Blondlot) para l'organisme humain, spécialement par les muscles et par les nerfs. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 1049-1051, 1903 (a).
- . Nouveaux faits sur les rayons N d'origine physiologique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **137**: 1277-1280, 1903 (b).
- CHARPENTIER, Augustin. Caractères différentiels des radiations physiologiques suivant leur origine musculaire ou nerveuse. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 45-46, 1904 (a).
- . Sur l'action physiologique des rayons N et des radioations conduites. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**:

- 270-272, 1904 (b).
- , Émission de rayons N après la mort. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 1351-1352, 1904 (c).
- FIRTH, Ian. N-rays: ghost of scandal past. *New Scientist* **44**: 642-643, 1969.
- GLASSER, Otto. *Wilhelm Conrad Röntgen and the early history of the Röntgen rays*. London: John Bale, Sons & Danielsson, 1933.
- GOUGH, J. B. Blondlot, René-Prosper. Vol. 1, pp. 202-203, in: GILLIESPIE, Charles Coulston (ed.). *Dictionary of Scientific Biography*. 16 vols. New York: Charles Scribner's Sons, 1970.
- GUTTON, Camille. Expériences photographiques sur l'action des rayons N sur une étincelle oscillante. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **142**: 145-149, 1906.
- , Expériences photographiques sur l'action des rayons N sur une étincelle oscillante. *Revue Scientifique* **5**: 118-120, 1906.
- HACKETT, F.-E. The photometry of N-rays. *Transactions of the Royal Dublin Society* [série 2] **8**: 127-138, 1904.
- HINES, Terence. *Pseudoscience and the paranormal*. Amherst, NY: Prometheus Books, 1998.
- INDORATO, Luigi; MASOTTO, Guido. Poincaré's role in the Crémieu-Pender controversy over electric convection. *Annals of Science* **46**: 117-163, 1989.
- JAUNCEY, G. E. M. The birth and early infancy of X-rays. *American Journal of Physics* **13**: 362-379, 1945.
- KLOTZ, Irving M. The N-ray affair. *Scientific American* **242** (5): 122-131, 1980.
- LAGEMANN, Robert T. New light on old rays: N rays. *American Journal of Physics* **45**: 281-284, 1977.
- LANGMUIR, Irving. Pathological science. *Physics Today* **42** (10): 36-48, 1989.
- LECORNU, Léon. Nécrologie [de M. Blondlot]. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **191**: 1033-1034, 1930.
- LE ROUX, F.-P. Sur l'hétérogénéité des radiations émises par les tubes de Crookes et sur leur transformations par les écrans. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris* **122**: 924-926, 1896.
- LODGE, Oliver. The discovery of radioactivity, and its influence

- on the course of physical science (Becquerel memorial lecture). *Journal of the Chemical Society* **101**: 2005-2042, 1912.
- LUMMER, Otto. Beitrag zur Klärung der neuesten Versuche von R. Blondlot über die N Strahlen. *Verhandlungen der Deutschen physikalischen Gesellschaft* **5** (23): 416-422, 1903.
- . Blondlot's N-ray experiments. *Nature* **69**: 378-380, 1904.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **7**: 27-45, 1990.
- . Investigando o invisível: as pesquisas sobre raios X logo após a sua descoberta por Röntgen. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência* (17): 81-102, 1997.
- . A descoberta dos raios X: o primeiro comunicado de Röntgen. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **20** (4): 373-391, 1998 (a).
- . Jevons e o papel da analogia na arte da descoberta experimental: o caso da descoberta dos raios X e sua investigação pré-teórica. *Episteme, Filosofia e História das Ciências em Revista* **3** (6): 222-249, 1998 (b).
- . Los errores experimentales de Henri Becquerel. Pp. 267-274, *in*: GARCÍA, Pío, MENNA, Sergio H. & RODRÍGUEZ, Víctor (eds.). *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las X Jornadas. Facultad de Filosofía y Humanidades*. Vol. 6. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2000.
- . La naturaleza de la pseudociencia: algunas consideraciones sobre el estudio de fenómenos inexistentes. Pp. 317-328, *in*: CARACCILO, Ricardo & LETZEN, Diego (eds.). *Epistemología e Historia de la Ciencia. Selección de Trabajos de las XI Jornadas. Facultad de Filosofía y Humanidades*. Vol. 7. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2001.
- . Blondlot y los "rayos N": un episodio en la historia de la física y sus lecciones metodológicas. Pp. 331-339, *in*: LORENZANO, Pablo & TULA MOLINA, Fernando (eds.). *Filosofía e Historia de la Ciencia en el Cono Sur*. Quilmes: Universidad de Quilmes, 2002.
- . Hipóteses e interpretação experimental: a conjectura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Becquerel e

- Thompson. *Ciência & Educação* **10** (3): 501-516, 2004.
- MASCART, E. Sur les rayons N. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **142**: 122-124, 1906.
- MCKENDRICK, John G. & COLQUHOUN, Walter. The Blondlot or n-rays. *Nature* **69**: 534, 1904.
- MEYER, Édouard. Émission des rayons N par les végétaux. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 101-102, 1904 (a).
- . Émission de rayons N par les végétaux maintenus à l'obscurité. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **138**: 272-274, 1904 (b).
- NYE, Mary Jo. Gustave Le Bon's black light: a study in physics and philosophy in France at the turn of the century. *Historical Studies in the Physical Sciences* **4**: 163-195, 1974.
- . N-rays: an episode in the history and psychology of science. *Historical Studies in the Physical Sciences* **11**: 125-156, 1981.
- PIÉRON, Henri.⁹⁸ Les effets sensoriels des rayons N. *Revue Scientifique* [série 5] **1**: 731, 1904 (a).
- . La subjectivité dans l'observation des rayons N. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 152-153, 1904 (b).
- . Du rôle des phénomènes calorifiques et électriques dans les variations de phosphorescence attribuées aux rayons N. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 338-339, 1904 (c).
- . Les rayons N existent-ils? *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 545-552, 1904 (d).
- . (ed.). Enquête. Les rayons N existent-ils? *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 590-591, 620-625, 656-660, 682-686, 718-722, 752-754, 1904 (e).
- . La solution du problème de l'existence des rayons N. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 706-709, 1904 (f).
- . Les expériences de M. Bordier prouvent-elles l'existence des rayons N?. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 783-785, 1904 (g).
- . Grandeur et décadence des rayons N – histoire d'une croyance. *Année Psychologique* **13**: 143-169, 1907.
-

⁹⁸ Estamos incluindo aqui vários artigos que foram publicados anonimamente (ou assinados “La Revue Scientifique” ou assinados “P.”) na *Revue Scientifique* e parecem ter sido de autoria de Henri Piéron.

- POINCARÉ, Henri. *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes*. Paris: G. Carré et C. Naud, 1899.
- , Prix Leconte. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 1120-1122, 1904.
- RÖNTGEN, Wilhelm Conrad. Über eine neue Art von Strahlen (Vorläufige Mittheilung). *Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg* (9): 132-141, 1895.⁹⁹
- , Über eine neue Art von Strahlen (II Mittheilung). *Sitzungsberichte der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg* (1): 11-16; (2): 17-19, 1896.¹⁰⁰
- , Weitere Beobachtungen über die Eigenschaften der X-Strahlen. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* **23**: 576-592, 1897.¹⁰¹
- ROSMORDUC, Jean. Une erreur scientifique au début du siècle: les rayons N. *Revue d'Histoire des Sciences et de leurs Applications* **25**: 13-25, 1972.
- RUBENS, Heinrich. Die optischen und elektrischen Eigenschaften der Metalle¹⁰². *Physikalische Zeitschrift* **4**: 727-733, 1903.
- SAGNAC, Georges. La longueur d'onde des rayons N déterminée par la diffraction. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **136**: 1435-1437, 1903.
- SALVIONI, Enrico. Sui raggi N di Blondlot. *Atti della reale*

⁹⁹ Publicado sob forma de separata com o título: *Eine neue Art von Strahlen*. Würzburg: Verlag und Druck der Stahel'schen K. Hof- und Universitäts-Buch- and Kunsthdlgung, 1895. Reproduzido também em: *Annalen der Physik und Chemie* [3] **64** (1): 1-11, 1898. Traduções em inglês: On a new kind of rays. Trad. Arthur Stanton. *Nature* **53** (1369): 274-276, 1896; On a new form of radiation. *The Electrician* **36** (13): 415-417, 1896. Tradução em francês: Une nouvelle espèce de rayons. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* **7**: 59-63, 1896.

¹⁰⁰ Publicado sob forma de separata com o título: *Eine neue Art von Strahlen. II. Mittheilung* Würzburg: Verlag und Druck der Stahel'schen K. Hof- und Universitäts- Buch- and Kunsthdlgung, 1896. Reproduzido também em: *Annalen der Physik und Chemie* [3] **64** (1): 12-17, 1898.

¹⁰¹ Reproduzido em: *Annalen der Physik und Chemie* [3] **64** (1): 18-37, 1898.

¹⁰² Ao final do artigo propriamente dito há um apêndice: "Diskussion zu den beiden vorstehenden Vorträgen von Rubens".

- Accademia dei Lincei* **13**: 610-616, 1904 (a).
- , Fenomeni subbiettivi nelle esperienze sui raggi N. *Atti della Reale Accademia dei Lincei* **13**: 703-706, 1904 (b).
- , La question de la nature des rayons N. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 73-78, 1904 (c).
- SARTON, George. The discovery of X-rays. *Isis* **26**: 349-369, 1937.
- SCHENK, C. C. Blondlot's N-rays. *Nature* **69**: 486-487, 1904.
- SEABROOK, W. *Doctor Wood: modern wizard of the laboratory*. New York: Harcourt, Brace & Co., 1941.
- STRADLING, George Flowers. A resumé of the literature of the N rays, the N₁ rays, the physiological rays and the heavy emission, with a bibliography. *Journal of the Franklin Institute* **164**: 57-74, 113-130, 177-199, 1907.
- SWINTON, A. A. C. Bondot's N-ray experiments. *Nature* **69**: 272, 1904.
- THUILLIER, Pierre. La triste histoire des rayons N. *La Recherche* **95**: 1093-1101, 1978.
- TOMMASINA, Th. Constatation d'une radioactivité propre aux êtres vivants, végétaux et animaux. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 730-731, 1904.
- TOULOUSE, Édouard. Les rayons N existent-ils? *Revue Scientifique* [5] **2**: 545-552, 1904.
- WATSON, E. C. The discovery of X-rays. *American Journal of Physics* **13**: 281-291, 1945.
- WEART, Spencer. A little more light on N rays. *American Journal of Physics* **46**: 306, 1978.
- WEISS, G. & BULL, L. Sur l'enregistrement des rayons N par la photographie. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* **139**: 1028-1029, 1904.
- WHEATON, Bruce R. *The tiger and the shark. Empirical roots of wave-particle dualism*. London: Cambridge University Press, 1983.
- WOOD, Robert W. The N-rays. *Nature* **70**: 530-531, 1904 (a).
- , La question de l'existence des rayons N. *Revue Scientifique* [série 5] **2**: 536-538, 1904 (b).
- ZAHN, H. [Blondlotsche Strahlen]. *Physikalische Zeitschrift* **4**: 868-870, 1903.

