

O rádio

POR

A. CARDOSO PEREIRA¹

Há uns 25 anos, em fins de 1895, era feita à Sociedade dos físicos e médicos de Wurzburg, Alemanha (Würzburger Physikalisch-Medizinische Gesellschaft), uma comunicação que tinha por título: «Ueber eine neue Art von Strahlen» (Sôbre uma nova espécie de radiações).

O A. desta comunicação era o professor de Física experimental na Universidade daquela cidade — GUILHERME CONRADO RÖNTGEN, já conhecido no meio científico por importantes trabalhos sôbre electricidade. Tinha êle então 50 anos. Da penúltima vez que estive na Alemanha, em 1905, era professor na Universidade de Munich, onde ainda vive.

A comunicação começava desta forma:

«Quando a descarga dum grande bobina de indução atravessa uma empola de Crookes ou um aparelho similar, observa-se que um papel revestido de platinocyaneto de baryo se torna fluorescente, mesmo quando o papel esteja 2 metros distante da bobina, a empola se ache coberta com cartão preto e se trabalhe numa sala completamente ás escuras».

Deixem-me precisar a significação da palavra *fluorescência*, empregada pelo sábio alemão.

A exemplo do professor NOGIER, de Lyon, direi que um corpo é *luminiscente* quando emite luz própria, sob a influência dos raios luminosos, do calor etc.

¹ Das *Lições de Química Geral*, professadas no Instituto Superior Técnico de Lisboa, durante o ano lectivo de 1919-20 e coligidas por Artur Saldanha Cardoso Pereira, aluno do mesmo Instituto, Lisboa, 1920, 1 vol. in-4.º lith., 736 pág., com dois quadros anexos.

A parte que extratamos foi, a nosso pedido, revista pelo professor. (*Nota da Redacção*).



MADAME CURIE

(22 Abril 1919)

Fotografía Franco, Madrid

Se a luz emitida pelo corpo *cessa* ao mesmo tempo que a acção da causa excitadora, o corpo chama-se *fluorescente*. Se a luz emitida pelo corpo *persiste* após a supressão da causa excitadora, diz-se que o corpo é *fosforescente*.

Exemplo dum corpo fluorescente: precisamente o platinocianeto de baryo, $BaPtCy_4,4Aq.$, de que falava RÖNTGEN.

São corpos fosforescentes, por exemplo, os sulfuretos de baryo, BaS ou de cálcio, CaS . Cristais destes corpos, expostos ao sol, emitem luz, ainda durante algum tempo, depois de guardados na obscuridade.

A palavra fosforescência tem, portanto, em física um sentido bem diferente do que tem em química. O fósforo ordinário é fosforescente, porque se oxida. O fósforo vermelho não é fosforescente, porque se não oxida. Em química a fosforescência é uma propriedade química; em física, uma propriedade física.

Consintam também que lhes lembre que a empola de Crookes é formada dum globo de vidro, no qual se faz o vacuo, de maneira a atingir apenas alguns milímetros de mercúrio. No momento da descarga (vej. fig. 1 e 2) partem em linha recta do cátodo para a superfície oposta, qualquer que seja a posição do ânodo, os chamados *raios catódicos*, invisíveis, mas que produzem

na superfície do vidro, além do mais, uma linda fluorescência esverdeada. É dêsse ponto, fluorescente, que partem os raios X, Já RÖNTGEN o demonstrara.

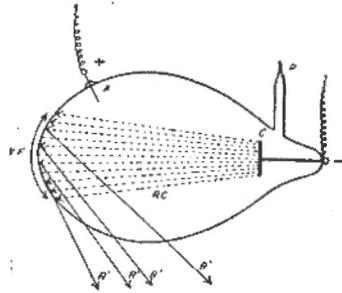


Fig. 1.

Esquema do primitivo aparelho para obter os raios Röntgen. — A = ânodo C = cátodo. RC = raios catódicos. R' = raios Röntgen. VF = vidro fluorescente. P = parte da empola fechada à lampada, depois de feito o vacuo.

Qualquer que seja a posição do ânodo, os raios catódicos partem do cátodo em linha recta.

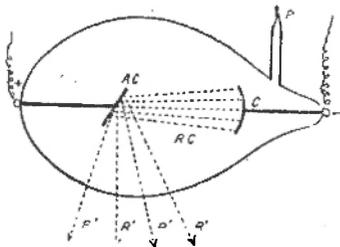


Fig. 2.

Esquema do aparelho actual para obter os raios Röntgen. — C = cátodo. RC = raios catódicos. AC = anticátodo metálico. R' = raios Röntgen. P = parte da empola fechada à lampada, depois de feito o vacuo.

Deixando, porém, incidir os raios catódicos sobre o vidro, este funde, ao fim dalgum tempo e, portanto, o aparelho fica inutilisado.

Hoje os raios X são obtidos em empolas munidas de um *anticátodo metálico*. Os raios catódicos, em vez de incidirem sobre o vidro, fusível, incidem sobre a superfície de um metal, com ponto de fusão elevado (a platina, cujo ponto de fusão é de 1775°).

Continuava RÖNTGEN:

«O mais importante desta observação é que se tem de concluir pela presença dum agente capaz de atravessar o cartão preto, que é absolutamente opaco aos raios ultravioletas, à luz do arco e à do sol. — Era interessante investigar se outros corpos se deixam atravessar pelo mesmo agente. E o que fiz, verificando que todos os corpos, com que experimentei, gosam da mesma propriedade, ainda que em gráu diferente. Por exemplo: o papel é muito transparente; um livro de mil páginas não é ainda capaz de reter êsse agente (o platinocyaneto de baryo colocado atraz dêsse livro, ainda se torna fluorescente; blôcos de madeira, espessos, ainda são transparentes; planchas de pinho, com 2 a 3 cent. de espessura, absorvem muito pouco; uma folha de alumínio, de 15 mm. de espessura, deixa ainda passar os raios X (é assim que por abreviatura designarei esses raios); collocando a mão sobre o papel com platinocyaneto de baryo, os ossos projectam uma sombra escura, emquanto que os tecidos moles desenham-se fracamente».

E mais adiante dizia ainda RÖNTGEN:

«Um factó particularmente interessante é a sensibilidade das chapas fotograficas para estes raios X».

E ainda:

«A retina do olho humano é insensível a estes raios».

No ano seguinte, numa outra communicação, feita à Real Academia Prussiana das Sciências, RÖNTGEN mostraria que *não é absoluta* a insensibilidade da retina às novas radiações por êle descobertas.

Isso, porém, pouco importa; praticamente, os raios X são invisíveis.

O que importa muitissimo é o seguinte factó, já conhecido de RÖNTGEN ao tempo em que fizera a sua primeira communicação à

Sociedade de Wurzburg, mas só demonstrado, plenamente, num segundo trabalho comunicado à mesma Sociedade em 6 de Março do ano seguinte, em 1896, e que vinha a ser: — que os raios X descarregavam a distância os corpos electrizados.

Além doutras propriedades, magistralmente estudadas pelo físico alemão, os raios X eram, pois, invisíveis, penetrantes, decompunham o brometo das chapas e tornavam o ar bom conductor da electricidade.

Sinto que a escassês do tempo e a natureza do meu ensino — que tem de ser elementar — me não permitam ler e comentar essas memorias, de principio a fim. São modelos de trabalhos desta ordem, pela penetrante observação, ao serviço duma finíssima técnica, pela lucidês da exposição e firmeza das deducções. Encontram-nas os srs., acessivelmente, em inglês, num dos volumes dos *Scientific Memoirs*, da casa Harper, de Nova-Iork. A trad. fr. da primeira memoria, de Dezembro de 1895, foi publicada na *Revue Générale des Sciences*, dêsse ano.

Do pouco, porém, que li, podem os srs. calcular o assombro que teria produzido a descoberta de RÖNTGEN, »uma das mais importantes da física moderna«, como justamente a classifica o malogrado professor HARRY JONES, da Johns Hopkins University.

Dêsse assombro pode ter-se uma medida, lendo-se um artigo de Henrique Poincaré, publicado na *Revue Générale des Sciences*, a 30 de Janeiro de 1896 — um mês, portanto, depois da primeira comunicação de RÖNTGEN.

Henrique Poincarè — membro duma família illustre do mesmo nome — era um matemático insigne e um filósofo de nome. Morreu há uns 7 anos, membro do Instituto e Professor de Física matemática na Faculdade de Ciências de Paris.

Nesse artigo, Poincarè, depois de ter dado conta das extranhas propriedades dos raios X, não se pode conter e exclama:

«Não há dúvida que se trata dum agente novo, tão novo como era a electricidade no tempo de GILBERT e o galvanismo no tempo de VOLTA.

«Todas as vezes que uma revelação de tal ordem nos surpreende, desperta-se em nós o sentimento do misterio em que estamos envolvidos, sensação inquietante que se ia dissipando, à medida que se embotava a admiração pelas maravilhas doutrora.»

Pela minha parte, ao ter de lhes falar do rádio — cuja descoberta, como já lhes vou mostrar, descende da descoberta de RÖNTGEN — teria tentação de parafrasear estas palavras do grande e saudoso OLIVEIRA MARTINS, no prefácio dum livro profundamente pensado, como todos do inolvidável escritor :

«Para escrever êste livro (*Sistema dos mitos* — eu diria para fazer esta lição) eu queria dispôr duma pena (eu diria : duma palavra) que fosse como a vara das fadas, queria poder molhá-la (eu diria : que fôsse, a minha alma, impregnada) numa tinta semelhante aos filtros dos magos ou à soma da imortalidade dos deuses védicos. — Era mister que o leitor, acordado (eu diria : os meus ouvintes, acordados), se julgasse sonhando ; porque êste é o sonho ou a visão do espírito humano.»

Saberei, porém, conter-me. Os srs. assim o exigem, por certo, e, sobretudo, assim o exijo eu a mim mesmo.

*

Nesse mesmo artigo da *Revue Générale des Sciences*, que há pouco citei, escrevia POINCARÉ :

«RÖNTGEN pôde determinar o centro de emissão dos raios X.

Várias hipóteses, com efeito, se podiam aventar a êste respeito.

Podia-se supôr que o cátodo emitia, além dos raios catódicos, outros raios que, com propriedades diferentes, atravessariam o vidro da empola e se propagariam depois na atmosfera.

Não é assim que as coisas se passam ; o raio catódico ordinário, emanado do cátodo, incide sôbre a parede da empola, tornando-a fluorescente, isto é, do anticátodo saem raios visíveis (amarelo esverdeado), mas, além disso, raios de outra natureza, os raios X.

É fácil prová-lo experimentalmente.

Os raios X não são desviados por um magnete, enquanto que os raios catódicos são-no. Se, portanto, collocarmos um magnete no trajecto dos raios catódicos, as imagens fotográficas deformar-se-hão ; outro tanto não acontecerá, isto é, não se observará deslocamento das imagens, se o magnete fôr collocado no trajecto dos raios X».

E como na época se não sabia ainda que os raios X se geram em empolas com anticátodo metálico e, portanto, sem a produção da fluorescência do vidro, POINCARÉ continuava :

« Assim, é o vidro que emite raios RÖNTGEN e emite-os, porque se torna fluorescente. — Não poderemos nós perguntar : todos os corpos, cuja fluorescência é suficientemente intensa, emitirão raios X, além dos raios luminosos, *qualquer que seja a causa da fluorescência?* (o grifo é de POINCARÉ). Se assim fôsse, os fenômenos não teriam sempre uma causa eléctrica. Isto não é muito provável, mas é possível e, sem dúvida, fácil de verificar ».

POINCARÉ era um homem de ciência de primeira ordem, mas não era um experimentador. As suas palavras eram, portanto, um convite aos físicos ou, se quiserem, dir-se hia que êle os queria meter em brios.

Ora entre os « briosos » físicos experimentadores da época, o que mais de perto atacou a questão foi um, de nome HENRIQUE BECQUEREL, professor no Museum de Paris, investigador de grande envergadura, membro duma família distintíssima de físicos do mesmo nome. O avô, António Cesar (1788-1878) tinha sido um físico eminente; o pai de HENRIQUE, um dos filhos de António Cesar, tinha sustentado bem o pêso do nome, sucedera a António Cesar na cátedra do Museum e do Instituto. HENRIQUE morreu há uns 12 anos, mas a tradição gloriosa dos BECQUEREL ainda se não rompeu : o filho, JOÃO, é actualmente professor no Museum, ocupando a cadeira que o pai ilustrara e um primo dêste é um botânico distinto.

Como lhes disse, o primeiro trabalho de RÖNTGEN era de fins (Dezembro) de 1895.

Em Janeiro do ano seguinte (30 de Janeiro de 1896) via a luz o artigo citado de POINCARÉ.

Em sessão de 24 de Fevereiro dêsse ano, portanto um mês depois, um mês escasso, fazia BECQUEREL uma primeira comunicação muito sumária, como para tomar posição, mas muito importante, à Academia das Ciências de Paris, seguida doutra, oito dias depois (2 de Março) e ainda de outras, nesse ano e nos seguintes.

Como vêem, não são apenas *Die Todten* que *reiten schnell*, como se diz na Lenore. Os vivos também algumas vezes fazem

como os mortos... A carreira era e continuaria a ser vertiginosa.

¿ Qual era a matéria prima empregada por BECQUEREL ?

Naturalmente um corpo fluorescente, e naturalmente um corpo *muito* fluorescente. Era o sulfato duplo de uranilo e potássio, $(\text{UO}_2)\text{SO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{Aq.}$, cuja formula BECQUEREL escrevia assim $[\text{SO}_4(\text{UO})\text{K} + \text{H}_2\text{O}]$, porque nesse tempo era o radical urânilo considerado como monovalente ou, talvez melhor, ainda não estava bastante difundida a noção da verdadeira constituição d'êste radical.

O sulfato duplo de uranilo e potássio é um dos mais fluorescentes dos saes de uranio. Escolhera bem, portanto. Tinha, de resto, muito onde escolher, porque o pai trabalhara applicadamente com corpos desta natureza e na casa, no Museum, havia riqueza d'êsse material.

Dizia BECQUEREL na sua comunicação de 2 de Março de 1896 (o grifo é meu):

«Pode-se verificar muito simplesmente que as *radiações emitidas* pelo sulfato duplo de uranilo e potássio, quando exposto à luz difusa do dia, *atravessam* não só o papel negro, mas ainda diversos metais; por exemplo, uma placa de alumínio e uma delgada folha de cobre.»

Eis aqui uma experiência que fiz, diz BECQUEREL:

«Coloquei uma chapa Lumière, gelatino-brometo, num chassis opáco, de pano preto, fechado dum lado por uma placa de alumínio; *expondo o chassis ao sol*, mesmo durante um dia inteiro, a *chapa não fica velada*, mas colocando sôbre a lâmina de alumínio, exteriormente, uma lamela de sal de uranio e expondo tudo à luz do sol durante algumas horas, verifica-se que a *silhouette* da lamelinha se apresenta em negro sôbre a chapa fotográfica, quando esta fôr revelada pelos processos ordinários».

A hipótese de POINCARÉ *parecia*, pois, ter fundamento. Para êle a fluorescência produzida no vidro da empola de CROOKES pelos raios catódicos *seria* a causa próxima dos raios RÖNTGEN e, por outro lado, com o sal de uranio, *fluorescente*, não elètricamente, mas pela *acção da luz solar*, obtinha BECQUEREL radiações com caracteres singularmente análogos aos raios X (invisíveis, penetrantes e atacando a chapa fotográfica).

A querer-se generalizar por êstes factos, poderia, pois, dar-se razão a POINCARÉ e dizer que a *fluorescência*, *qualquer que fosse a causa excitadora* (electrica ou não), era capaz de dar origem a raios X, classificando como tais as radiações que apresentassem a tríade indicada (invisíveis, penetrantes e decompondo o brometo). Eram êsses os caracteres predominantes, *comuns* das radiações BECQUEREL e das radiações RÖNTGEN e que levavam a estabelecer aproximação entre as duas.

Repito: a hipótese POINCARÉ *parecia* ser verdadeira.

Quere dizer:

Causa excitadora → fluorescência → raios X
(eléctrica ou de outra
natureza)

Paraphraseando o conhecido ditado: ajuda-te que Deus te ajudará, bem poderíamos dizer:

Ajuda-te que o *acaso* te ajudará...

Foi o acaso — ou o deus-acaso, se quiserem — que serviu BECQUEREL, como já servira RÖNTGEN, ao que dizem. Ainda que, para se ser atendido por êsse deus, é preciso já ser-se um iniciado, como eram os dois investigadores. Debalde um moço de fretes imploraria os favores dessa divindade, em questão de Sciência...

O *caso* do *acaso* de BECQUEREL foi o seguinte, contado por êle à Academia das Ciências de Paris, nessa mesma sessão de 2 de Março de 1896.

Em 26 e 27 de Fevereiro dêsse ano preparava BECQUEREL as suas experiências (chassis, placa de alumínio, sal de uranio, como já disse) e dispunha-se a expôr ao sol o aparelho. E expôs, na realidade. Mas o sol estava muito esquivo nêsses dias. Apareceu só de vez em quando. Não há que admirar: era Fevereiro e em Paris. E BECQUEREL, como também POINCARÉ (POINCARÉ, em particular), como toda a gente, julgava que *sem* a fluorescência não era possível obter raios penetrantes. Portanto, como o sol tinha muito irregularmente tornado fluorescente o sal de uranilo e potássio (pois que apparecera intermitentemente, como disse), BECQUEREL julgava-se autorizado a presumir que a chapa não estaria muito bem impressionada, por ter sido irregular, inter-

mitente — insufficiente, numa palavra — a acção da luz solar, produtora da fluorescência do sal de urânio, fluorescência, por sua vez, ao que se julgava, geradora dos raios penetrantes.

BECQUEREL esperou mais uns dias pelo sol, guardando o aparelho (chassis com a chapa fotográfica, placa de alumínio e sal de uranio) numa gaveta.

Mas o sol não se resolvia a aparecer e BECQUEREL revelou as chapas, contando que as imagens fôsem muito fracas (*en m'attendant*», diz êle textualmente, *à trouver des images très faibles*). Ao contrário, porém, do que êle esperava, as *imagens da chapa eram duma grande intensidade!*

¡ Facto capital, memorável, êste, senhores!

Estava escrita a primeira linha duma das páginas mais brilhantes da história da física de todos os tempos. Era um novo e riquíssimo filão que se descobria — o da radioactividade, descoberta que haveria de exercer, como justamente escreveu M.^{me} CURIE no seu *Tratado*, uma influência considerável no progresso das Sciências.

Foi o deus-acaso, como viram, que favoreceu BECQUEREL, mas é a suprema glória dele ter-se tornado digno dêsse dom magnifico, divino, do ignoto deus, reconhecendo imediatamente a importância da descoberta. Nessa célebre comunicação à Academia das Sciências de Paris, em sessão de 2 de Março de 1896, BECQUEREL antecedia a descrição das experiências, a que há pouco me referi, dalgumas palavras, em que *insistia* sôbre a importância do facto novo que se salientava à sua observação, facto que, como vimos, aparecia ao invêz daquilo que se estaria disposto a supôr ou a prever.

Mas deixem-me gosar do prazer de citar textualmente. «J'insisterai particulièrement sur le fait suivant (impressão da chapa pelos cristais *não* expostos à luz e, portanto, não fluorescentes) *qui me paraît tout-à-fait important* (o grifo é meu) et en dehors des phénomènes que l'on pourrait s'attendre à obtenir...»

Eram penetrantes os raios uranicos, mas mais penetrante ainda a acuidade cerebral do descobridor!

Portanto, se o sol (e, por consequência, a fluorescência) não parecia ser de importância na gênese dessas radiações, pois que estas, como acabava de verificar BECQUEREL, *eram duma grande*

intensidade, não obstante a assistência irregular do sol, não seria possível obter o mesmo efeito na obscuridade, dispensando-se assim, completamente, a luz solar e, portanto, a fluorescência? BECQUEREL pensou que sim. Di-lo êle textualmente: «Je pensai que l'action avait dû continuer à l'obscurité.»

E apressou-se a experimentar, para verificar a justeza do seu pensamento.

Ao que parece, não confiando demasiado na força penetrante dos raios obtidos sem a acção da luz solar (quer dizer, sem fluorescência), BECQUEREL desejando, por isso, colocar-se nas melhores condições experimentais, colocou *directamente* a lamela do sal de uranio sôbre a chapa fotográfica, naturalmente operando na camara escura e, por outro lado, sem dúvida para poder apreciar a intensidade dos efeitos penetrantes, êle interpôs uma lâmina de vidro e outra de alumínio entre dois cristais diferentes e a superfície sensível da chapa.

Mas deixem-me ler-lhes, textualmente, as palavras de BECQUEREL. Valem bem a pênna. Oçam.

«Coloquei — diz BECQUEREL — no fundo duma caixa de cartão opaco uma chapa fotográfica e, sôbre a camada de gelatino-brometo desta, uma lamela de sal de uranio (lamela convexa que tocava apenas na camada sensível em alguns pontos). Ao lado, sôbre a mesma chapa, pus outra lamela do mesmo sal, interpondo, entre esta e a camada da gelatina, uma lâmina de vidro, delgada. Estas operações foram feitas na câmara escura. Fechei a caixa de cartão, meti-a numa outra e depois numa gaveta.

«Fiz o mesmo com o chassis fechado com uma placa de aluminio. Dentro do chassis, uma placa de fotografia e por fora uma lamela do mesmo sal de uranio. O conjunto coloquei-o numa caixa de cartão e finalmente meti tudo numa gaveta».

¿ Ora passadas 5 horas, BECQUEREL revelou as placas e o que é que observou?

Ambas as chapas estavam impressionadas, ainda que com alguma diferença de intensidade, diferença sensivelmente nula na 1.^a chapa (contacto directo e indirecto do sal com a camada sensível da chapa) e mais considerável na 2.^a chapa (lamina de aluminio).

Mas, repito, em ambas as chapas se viam as *silhouettes* das lamelas do cristal do sal de urânio.

Em conclusão: ao contrário do que concluíra da primeira vez, BECQUEREL acabava de provar experimentalmente que a fluorescência não era, em nada, indispensável à produção dos fenómenos; pelo menos, o cristal do sal de urânio não precisava estar fluorescente, de ser excitado previamente, para produzir raios invisíveis, penetrantes e atacando a chapa fotográfica. *Por si mesmo, espontaneamente, produzia tais radiações.*

BECQUEREL não chegou *imediatamente* a esta conclusão. A ideia de que a fluorescência era indispensável à produção dos fenómenos, dessas extranhas radiações invisíveis, penetrantes e da acção foto-química, pezava de tal modo sobre os espíritos, sem exceptuar o próprio BECQUEREL, que este terminava a sua importantíssima comunicação de 2 de Março de 1896 por dizer que essas radiações poderiam ter como causa uma fluorescência que já não emitisse raios luminosos e, portanto, imperceptíveis aos nossos olhos. Quere dizer: nesta hipótese, propriamente, a fluorescência (BECQUEREL emprega a palavra fosforescência menos exactamente, creio eu, pelo que lhes disse no princípio da lição) já não era fluorescência, pois que esta é, precisamente, caracterizada por fenómenos luminosos. *Se já se não observavam* esses fenómenos luminosos, se a fluorescência do sal de uranio, empregado por BECQUEREL, desaparecia, como elle mesmo informa, ao fim de $\frac{1}{100}$ de segundo, qualquer de nós, simples mortais, diria que o sal na ocasião do emprêgo *já não era* fluorescente e, portanto e em conclusão, a fluorescência não colaborava em nada na produção dos fenómenos.

Ora é muito curioso ver BECQUEREL com um enorme receio de desobedecer aos ritos, aos dogmas (porque a sciência os tem, mil vezes mais prejudiciais que os das religiões), tentando fazer entrar os fenómenos no quadro dos fenómenos já conhecidos, de forma a evitar uma ofensa ao princípio, basilar, em filosofia natural, da conservação da energia! Quem sabe, dizia elle nessa mesma sessão, quem sabe se estes fenómenos não deverão ser aproximados destes outros, da *conservação indefinida*, em certos corpos, da energia que absorveram, que emitem, quando aquecidos? Que estudei, há anos, em 1891?

Está-se a ver, o grande experimentador, a recuar cheio de pavor perante esta tremenda conclusão que nós hoje somos forçados a tirar: que as radiações urânicas, como as do rádio, são espontâneas!

Aflições idênticas, haveria de ter, 9 anos mais tarde, PEDRO CURIE, ao descobrir, com LABORDE, a emissão calorífera espontânea dos sais de rádio.

As coisas, porém, apresentavam-se, de cada vez, com um aspecto mais extraordinário. Em sessão de 9 de Março de 1896 da Academia das Ciências de Paris dizia BECQUEREL: «É muito notável o facto da intensidade das radiações emitidas na obscuridade não diminuírem duma maneira sensível, desde 3 de Março, isto é, ao fim de 160 horas».

160 horas! ; Já era fluorescência escondida de mais — *prolongada*, como êle dizia!

Pouco tempo depois, nesse mesmo mês de Março de 1896, na sessão da Academia das Ciências de Paris, de 23, HENRIQUE BECQUEREL mencionava experiências interessantíssimas que eram mais um indício indubitável da nenhuma importância da fluorescência na produção dos extranhos fenómenos. Citava êle êste facto extremamente importante: que os sais verdes urânicos (que êle conhecia muito bem, por os ter utilizado, em tempo, numa outra orientação) que *não são fluorescentes* emitem as mesmas radiações invisíveis, penetrantes e foto-decomponentes, como os outros sais urânicos, *que são fluorescentes*.

Ainda mais.

BECQUEREL citava êste facto muitíssimo importante na espécie: o nitrato de urânio, fundido, ser ainda mais intensamente activo que o mesmo nitrato, sem ser fundido. Sabia-se já, com efeito, que êsse composto urânico, quando fundido na água de cristalização, deixava de ser fluorescente. Pois o facto do nitrato ficar por assim dizer despojado dessa propriedade física, a fluorescência, isso não impedia que êsse corpo emitisse os famosos raios BECQUEREL, com as propriedades já conhecidas e — o que era um cúmulo! — *mais intensamente* que o nitrato quando fluorescente, isto é, sem ser fundido!

Não obstante tudo isso, BECQUEREL ainda se não sentia com coragem de se divorciar da fluorescência.

Era um facto, agora já indiscutível, da dispensabilidade da fluorescência; quero dizer, da fluorescência visível, da fluorescência-fluorescência. Pois BECQUEREL ainda se não despegava da hipótese da fluorescência invisível, prolongada, a que êle já fazia alusão na sessão de 9 de Março!

Mas na sessão de 23 de Novembro do mesmo ano de 1896, porém, BECQUEREL não fala já de fluorescência prolongada. Já não tem remédio senão de confessar que «l'on n'a pu reconnaître encore où l'uranium emprunte l'énergie qu'il émet avec une si longue persistance.» É que agora, segundo observara BECQUEREL, já se não tratava de 160 horas, mas de meses, mesmo de anos!

Estava, portanto, demolida, de vez, a hipótese de POINCARÉ e ao mesmo tempo — o que é melhor, porque crear vale sempre mais que demolir — fazia-se uma descoberta de primeira ordem — a dos *raios urânicos*, assim chamados por BECQUEREL, modestamente, a princípio, mas que hoje tem, justamente, o nome do descobridor, como os raios X tem o nome de RÖNTGEN.

Além da espontaneidade (pelo menos aparente), estas radiações tinham de comum com os raios RÖNTGEN estas propriedades fundamentais:

1.º — atravessarem em certos casos todos os corpos sólidos, líquidos e gasosos;

2.º — atravessando os gases, tornarem-nos fortemente condutores da electricidade;

3.º — impressionarem as chapas fotográficas;

4.º — produziram a fluorescência (*não causados* pela fluorescência, mas *produzindo a fluorescência*);

5.º — finalmente, reconheceu-se, graças aos trabalhos de ELSTER e GETTEL, na Alemanha, de LORD KELVIN, em Inglaterra e RUTHERFORD, então professor na Universidade de Montreal (Canadá), hoje em Manchester, que ao contrário do que pensava, em parte, a princípio, BECQUEREL, os raios urânicos: não se reflectem, nem se refractam, nem se concentram, nem se polarizam.

Mas essa propriedade de emitir raios BECQUEREL, com as propriedades fundamentais que acabei de indicar, seria privativa do urânio? Ou, pelo contrário, êsse privilegio estaria dividido por mais corpos?

Ninguém tinha formulado esta pergunta, nem mesmo o próprio BECQUEREL.

Fê-la uma mulher, de nome Maria Sklodowska, de nacionalidade polaca, filha dum professor de Varsóvia, casada, desde 1895, com um físico de Paris, de nome PEDRO CURIE.

Tinham-se encontrado, quando ambos seguiam os cursos e frequentavam os velhos laboratórios da velha Sorbonne, e êle ficára seduzido, no dizer dum biógrafo, pela viveza e pela audácia da sua companheira de estudo.

Viviam modestamente, num bairro excêntrico, habitando uma pequena casa em frente da porta de GENTILLY, com os magros vencimentos de professores. Ela, na Escola Normal de Sèvres; êle na Escola Municipal de Química e Física, na rua Lhomond.

Pela ciência, para a ciência — era toda a sua vida.

Foi em 1897, com 2 anos de casada, no ano seguinte ao da descoberta de BECQUEREL, que Maria Curie, com uma inteligência e uma pertinácia, raras, mesmo entre os homens, começou a fazer as suas investigações, de forma a poder responder, objectivamente, à pergunta que formulára, pergunta, na aparência, incolor, sem alcance, mas revelando já, em todo o caso, um temperamento acentuado de viva curiosidade intelectual.

No princípio do 2.º trimestre do ano seguinte, a 12 de Abril de 1898, comunicava M.^{me} Curie à Academia das Ciências de Paris, por intermédio de BECQUEREL, os resultados das suas investigações, numa nota a que puzera o título: *Rayons emis par les composés de l'uranium et du thorium.*

M.^{me} Curie, como era natural, examinára um grande número de corpos diversos: metais, sais, oxidos e minérios e dessas porfiadas investigações concluia que todos os compostos de urânio estudados eram activos, emitiam raios BECQUEREL e, facto importante, *em geral tanto mais activamente quanto maior era a percentagem do urânio nesses compostos.*

Facto importante, repito, porque a conclusão que se poderia tirar imediatamente era que a propriedade de emitir raios BECQUEREL dependia *unicamente* do termo comum — o urânio metálico. Era uma *propriedade atômica*, como hoje costumamos dizer correntemente, não sentindo já a ficção da hipótese e tomando-a, ingenuamente, como uma realidade.

Enquanto aos outros corpos por ela estudados eram todos, pelo menos, 100 vezes *menos* activos que o urânio.

Com uma excepção: os compostos do tório. Estes compostos eram fortemente activos; *o óxido de tório era mesmo mais activo que o urânio.*

O facto já tinha sido descoberto, sem ela o saber, algum tempo antes (4 de Fevereiro, data da publicação de Schmidt) por um sábio alemão, de nome GERHARD CARL SCHMIDT (há muitos Schmidt na Alemanha; é bom escrever o nome por extenso), hoje professor de física em Münster e, na época, privat-docent em Erlangen. É ela mesmo que o confessa, num livro monumental que 12 anos depois haveria de publicar: «Ce résultat (isto é, dos compostos do tório terem uma actividade comparável, mesmo superior à do urânio) a été d'abord annoncé par M. Schmidt». (*Traité*, t. I, p. 131). Já antes disso, em 1903, na sua tese de doutoramento, ela confessava, com a mesma lealdade: «M. Schmidt publia le premier que le thorium et ses composés possèdent également cette faculté.» (É evidente que M.^{me} CURIE se refere ás propriedades radio-activas). Alguns auctores franceses não lhe seguem o exemplo. Um deles, escrevia em 1913: «Le 12 avril 1898, M.^{me} CURIE... annonçait que le thorium et ses sels emettaient des rayons pénétrants. Schmidt confirmait ses conclusions». A verdade é que se deu precisamente o contrario. Ela é que redescobriu, *confirmou, sem o pretender, nem o saber*, o facto já conhecido do sábio alemão! M.^{me} CURIE não tem necessidade alguma que lhe falsifiquem os títulos à immortalidade! Tanto mais que este facto, novo, sem dúvida muito interessante, mas relativamente secundário, da radioactividade do tório, fica a perder de vista em importância ao lado deste outro — e esse, sem dúvida alguma, descoberto por M.^{me} CURIE — e a que ela se refere nessa mesma comunicação de 12 de Abril de 1896. Dêsse outro facto fundamental é que se pode dizer resultou a descoberta do rádio, como vamos ver.

M.^{me} CURIE, com efeito, verificára que certos minérios...

Mas eu prefiro ler-lhes, textualmente, as palavras da eminente investigadora:

«Les minéraux qui se sont montrés actifs contiennent tous des éléments actifs. Deux minéraux d'urane: la *pechblende*

(oxyde d'urane) et la chalcopite (phosphate de cuivre et d'uranile) sont beaucoup plus actifs que l'uranium lui-même». (O grifo é meu).

E conclue logo, M.^{me} CURIE, finamente, penetrantemente :

«Ce fait est très remarquable et porte à croire que ces minéraux peuvent contenir un élément beaucoup plus actif que l'uranium».

Para dar mais visos de verdade à sua hipótese — cuja perfeita justeza só se poderia aferir, evidentemente, isolando o elemento em questão — M.^{me} CURIE fez uma experiência que bem se poderia classificar de *experimentum crucis*.

Se, como ela supunha, aqueles minérios de uranio continham *um elemento novo*, cuja actividade se sobrepunha à do urânio, se se preparassem esses minérios, *partindo de produtos puros*, a radioactividade do minério (ou antes, do composto assim preparado) *deveria ser inferior à do produto natural*.

; Ora assim aconteceu, na realidade!

M.^{me} CURIE preparou um desses compostos, o fosfato duplo de uranilo e de cobre, $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10\text{Aq.}$, seguindo um velho processo de DEBRAY, indicado em 1860 numa memória publicada por este químico nos *Annales de Chimie et de Physique*, com o título: *Memoire sur la production d'un certain nombre de phosphates et d'arseniates cristallisés*.

Esse processo é descripto por DEBRAY, textualmente, da seguinte forma:

«On obtient ce sel (o fosfato duplo de uranilo e cobre) en mélangeant des dissolutions d'azotate d'urane et le phosphate de cuivre obtenu, en faisant digérer du carbonate de cuivre avec de l'acide phosphorique. Au bout de quelque temps, surtout si l'on chauffe vers 50 ou 60° il se produit dans la liqueur de petites paillettes cristallines de couleur vert pâle, qui ont la composition de la chalcopite».

; Pois bem! Esta chalcopite (ou torbernite) artificial, como era de esperar, se a hipótese de M.^{me} CURIE fôsse verdadeira, tinha uma radioactividade *normal*, dada a sua composição: era 2 vezes e $\frac{1}{2}$ menos activa que o urânio.

Antes de proseguir, peço-lhes para repararem que M.^{me} CURIE falla, na conclusão desta sua nota de 12 de Abril de 1898, de

pechblenda e de chalcólite (ou torbernite), mas, de minérios de urânio, não foram os únicos que analisára. Diz expressamente que também analisára a carnotite (vanadato de urânio e de potássio) e autunite (fosfato de urânio e cálcio). A carnotite, mesmo, era quasi tão activa como uma das pechblendas que analisára (a de Pribram). Emquanto à autunite era um pouco mais activa que o urânio metálico, mas aproximadamente um terço menos que a pechblenda de Johanngeorgenstadt (das 4 pechblendas, a mais activa).

Julgo que vou de encontro aos seus desejos, dando-lhes algumas informações sobre estes 4 minérios de urânio, tanto mais que nós temos, no subsolo de Portugal, os dois fosfatos, a torbernite e a autunite, sendo mesmo o segundo, a autunite, empregada precisamente na extracção do rádio, como já lhes vou dizer.

Começaremos pela *pechblenda* (também chamada *uraninite*). *Pechblenda*? De *blenda*, já lhes falei: é o sulfureto de zinco, um dos minérios mais importantes deste metal.

E *pech*?

A palavra é alemã (significando *pez*) e assim se conserva por toda a parte, excepto em Inglaterra, onde se diz *pitchblende* (*pech* = *pitch* = *pez*). Nós, se quizessemos imitar os ingleses, traduzindo a palavra *pech*, deveríamos dizer: *pezblenda*, como em França se deveria dizer: *poizblende*, mas não dizemos, como em França também se não diz. Em Portugal é de costumeira dizer *pechblenda*, ao que parece imitando, como em geral acontece, os franceses que dizem *pechblende*.

¿ Mas por que razão *pech* (*pez*), em alemão?

Em alemão, porque o minério existe abundantemente (ou pelo menos, ao que dizem, existiu) em terras que nem sempre são alemãs, mas onde se fala o alemão.

E *pez*, porque o minério se apresenta em massas mamilonadas, de côr negra, côr de pez, podendo, aliás, ser de côr acinzentada também.

É, com efeito, em Joachimsthal (ou *tal*, sem *h*, à moderna = vale de Joaquim), na Bobemia, onde a metalurgia do urânio (e doutros metais) existe desde o século xv, florescente sobretudo no século xvi, é, repito, em Joachimstal que existe o jazigo mais importante de pechblenda.

Foi manipulando minério de Joachimstal, como direi, que os Curie, de colaboração com Bémont, chefe dos trabalhos práticos de Química da Escola Municipal de Química e Física da cidade de Paris, onde Pedro Curie era professor, como já disse, conseguiram isolar, primeiro o polónio e, depois, o rádio.

Não foi, porém, o minério de Joachimstal que se mostrou mais activo nas análises feitas por M.^{me} CURIE, e cujos resultados ela comunicara à Academia das Ciências de Paris, na nota de 12 de Abril de 1898, a que há pouco me referi, mas sim o de Johanngeorgenstadt, na Saxónia, perto da fronteira germano-boémia e onde se faz também actualmente a extracção do bismuto.

Ainda na Saxónia há a pechblenda em Annaberg, onde outrora era importante (no século XVI) a extracção do cobalto, estanho, bismuto e o níquel e também em Marienberg, onde se faz a metalurgia da prata.

Na Bohemia não é Joachimstal o único jazigo de pechblenda que existe.

Há-a também ao sul de Praga, em Pribram (pronunciar, pouco mais ou menos, *pechibram*), onde se faz a extracção da prata e do chumbo.

Na Europa creio que em mais parte alguma se tem encontrado a pechblenda em quantidade apreciável, a não ser em Redruth, no condado da Cornualha (Inglaterra), onde se tem feito sempre a extracção do cobre e do chumbo. Também M.^{me} CURIE analisou uma amostra de pechblenda da Cornualha.

Foram, portanto, quatro as amostras de pechblenda, de diferente origem, analisadas por M.^{me} CURIE, em 1897-98. Por ordem decrescente de actividade: Johanngeorgenstadt, Joachimstal, Pribram e Cornualha.

Quimicamente a pechblenda pode ser considerada como derivada do ácido urânico $\text{H}_6 \left[\overset{\text{VI}}{\text{UO}_6} \right]$, onde, em 2 mol., o hidrogénio seria substituído, na maior parte, por urânio tetravalente e em menor quantidade por chumbo. A formula da pechblenda seria, pois, $(\overset{\text{IV}}{\text{U}}, \text{Pb}_2)_3 (\overset{\text{VI}}{\text{UO}_6})_2$.

Mas esta formula está longe de representar a composição real da pechblenda, pois que se encontra sempre ferro, bismuto

etc. e elementos das chamadas terras raras (cerio, lantânio, etc.), especialmente o tório. É o que acontece na variedade norueguesa da pechblenda, a *broggerite* (em homenagem a Waldemar Christoffer Brogger, geólogo e mineralogista norueguês, contemporâneo) que contém ThO, em cerca de 6 0/0 e a *cleveite* (em homenagem a Per Theodor Cleve, químico sueco, contemporâneo), que podem até servir como minério de tório.

De passagem lembrarei que foi na cleveite que RAMSAY, em 1895, revelou, a primeira vez sobre a terra, o helio, gás de tanta importância tecnológica hoje, como veremos, quando estudarmos o ar, descoberto no sol por JANSSEN, em 1884, pela análise spectral e mais tarde por LOCKYER (astrónomo inglês recentemente falecido) e FRANKLAND. Observarei ainda que a cleveite contém também argo e, outras variedades, azoto (0,13 — 2,62 0/0).

Raras vezes, na pechblenda, as combinações oxigenadas do urânio excedem 80 0/0.

Outro minério de urânio: a *carnotite*, assim chamada por FRIEDEL, em homenagem a ADOLPHO CARNOT, professor e químico francês, engenheiro de minas (e não em homenagem a SADI-CARNOT, presidente da República Francesa, como diz um jornal americano). Tendo recebido da América em 1899 um minério de composição desconhecida, analisou-o FRIEDEL, de colaboração com COMENGE e achou que se tratava dum vanadato duplo de urânio e de potássio, $K(UO_2)_2(VO_4)_2.3Aq.$

Segundo as investigações de M.^{lle} GLEDITSCH (1909) a carnotite teria, por tonelada, 5 mgr. de rádio.

A carnotite é largamente utilizada na América para a extracção do rádio.

¿ Existe em Portugal a carnotite? Diz o ilustre professor d'este Instituto Sr. Prof. Dr. Bensaúde, numa interessantíssima comunicação à Sociedade Portuguesa das Ciências Naturais (sessão de 20 de Fevereiro de 1918), que é muito duvidoso que esta espécie exista no nosso subsolo. Fazendo a revisão das colecções mineralógicas d'este Instituto e da Faculdade de Ciências, verificou o Sr. Prof. Dr. Bensaúde que os exemplares dessa colecção designados como carnotite não pertencem a esta espécie. Desejaria que os srs. lêsem, a êste propósito, não só êsse trabalho do Sr. Prof. Bensaúde, como ainda os dos Srs. Professores



Placa comemorativa, á entrada da Escola Municipal de Física e Química da cidade de Paris

Pereira Forjaz e Costanzo, citados pelo Sr. Dr. Bensaúde (*Bulletin de la Société Portugaise des Sciences Naturelles*, tom. VIII, p. 154).

A *antunite* (também chamada *uranite* ou *calco-uranite*) distingue-se, logo à primeira vista, da *torbernite*, pela côr: a *torbernite* é verde esmeralda, enquanto que a *antunite* é amarela, de enxôfre. Quimicamente distingue-se a *antunite* da *torbernite* (de que vamos já falar) por conter cálcio no lugar do cobre, $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8 \text{Aq.}$ (algumas *antunites* contém 10 ou 12 Aq., sem que se saiba bem ao certo a que se devem estas excepções).

Não obstante a sua fraca radioactividade é precisamente a *antunite* da mina da Urgeiriça que é manipulada para a extracção do rádio na fábrica do Barracão, sob a direcção do meu illustre amigo e colega neste Instituto, o sr. Prof. Ch. Lepièrre. É uma das fábricas de maior produção da Europa (200 a 300 mgr. por mês).

O nome de *antunite* deriva de Antun, cidade francesa, por ser perto de Antun, que se encontra o minério.

Outro minério de urânio, a que já aludi, também um fosfato e também existente em Portugal: a *torbernite* (ou *chalcolite*), $\text{Cu}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 10 \text{Aq.}$

Andei muito tempo sem saber donde derivava a palavra *torbernite*. Sem se saber muito grego era fácil descobrir a etimologia de *chalcolite* (*chalkós*, cobre e *lithos*, pedra). Mas *torbernite*? Dêste, como de muitos outros embaraços de idêntica natureza, me livrou generosamente o sr. Prof. Dr. Bensaúde.

Torbernite, disse-me S. Ex.^a, foi o nome posto a êste minério, em homenagem a *Torbern* BERGMANN, o célebre químico sueco (1735-1784), um dos mestres e amigo do grande e desditoso SCHEELÉ.

A *torbernite* é duas vezes mais activa que a *antunite*.

Portanto: os minérios de rádio são minérios de urânio.

¿ Mas minérios de rádio, sem urânio, há ?

Muito se tem falado desses minérios, mas, ao que parece, o único real, é uma certa *piromorfite*, de Issy-L'Évêque, em França, estudada por DANNE.

Para isolar o rádio utilisou-se M.^{me} CURIE, não da *antunite* que ela tinha em casa, isto é, em França, mas da *pechblenda*, de

Joachimstal. A antunite, muito menos activa que a pechblenda, não lhe convinha, evidentemente. Esse novo corpo (hipotético, na ocasião) deveria existir em muito pequena quantidade — na realidade, como depois se viu, ainda em muito menor quantidade que ela imaginava. Era, pois, natural ir procurá-lo precisamente onde se deveria encontrar em maior abundancia; ou, por outras palavras, no minério mais fortemente activo.

Examinemos juntos essa obra gigantesca.

(Continua).