

Leitura

Juiz de Fora, 17 de dezembro de 1995 - Ano I - Nº 05 - Encarte Tribuna de Minas

100 anos de Raios X



Uma das primeiras imagens obtidas por Röntgen com o uso de raios X: a mão de sua esposa, Ana Bertha Röntgen. Essa imagem foi obtida em 22 de dezembro de 1895 (Deutsches Museum, Munique)

Dos Raios X aos Quarks (UnB)

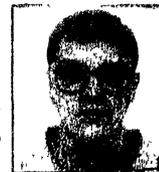
3 A descoberta dos Raios X

Patrick Suppes e J. Acácio



O artigo do cientista e filósofo Patrick Suppes, em parceria com José Acácio de Barros, físico e professor da UFJF, conta como a descoberta dos raios X desencadeou uma série de novas descobertas que mudou para sempre a maneira com que vemos e descrevemos a natureza.

As experiências de Becquerel, do casal Curie, Max Planck, Einstein, Newton - as contradições, parcerias e determinismo que mudaram todo o mundo da física.



R·E·S·E·N·H·A

Dos Raios X aos Quarks - físicos modernos e suas descobertas de Emilio Segrè

O físico e professor da UFJF, Paulo Barone, apresenta este livro de Emilio Segrè, ganhador do prêmio Nobel de Física em 1959, que conta a trajetória da física a partir do século XIX.

Página 10

6 Novos horizontes para a física do século XIX

José Leite Lopes



O pensamento científico e as grandes descobertas através dos séculos, desde Aristoteles até a ciência contemporânea. O professor emérito do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ) faz um apanhado de fatos com os principais personagens da história científica.

8 O Centenário da Radiologia: os Raios X e a Medicina

Itazil Benício dos Santos

O professor da UFBA e médico radiologista relata os experimentos do alemão Wilhem Conrad Roentgen que culminaram na descoberta dos raios X. Este foi o marco que revolucionou a física e a Medicina - que deu início a uma nova era, a do diagnóstico por imagem. O médico brasileiro Manoel de Abreu contribuiu com novos métodos para o diagnóstico precoce da tuberculose e do câncer do pulmão.

A Descoberta dos Raios X

Patrick Suppes e José Acácio de Barros



Patrick Suppes
Cientista e filósofo americano, professor Emérito da Universidade Stanford (EUA). Fundou o Instituto para Estudos Matemáticos nas Ciências Sociais, em Stanford

O mês passado marcou o centésimo aniversário de uma das mais importantes descobertas da física moderna. Na tarde de 8 de novembro de 1895 o físico alemão Wilhelm Röntgen suspeitou da existência de um novo fenômeno. Ao fazer experiências com raios catódicos, produzidos por uma descarga elétrica de alta tensão numa ampola na qual se retirou grande parte do ar, percebeu, por acaso, que uma folha de cartolina pintada de platino-cianato de bário emitia uma tênue luz branca. Durante as poucas semanas que se seguiram, Röntgen dedicou-se a investigações experimentais intensivas. Ele verificou que a luminosidade na cartolina persistia se ele a distanciava da am-

pola, e percebeu que obtinha luminosidade mesmo se virasse a cartolina de costas. Isto levou-o a testar se o tipo de fenômeno que ele observara emanando da ampola de raios catódicos também poderia penetrar outros objetos, verificando que cada material tinha uma transparência diferente. Ao experimentar com diferentes objetos, Röntgen descobriu que a sombra de sua mão produzida pelos raios X era fraca, mas que apareciam com clareza seus ossos. Estas investigações culminaram no dia 22 de dezembro de 1895 quando Röntgen levou sua esposa para o laboratório e fez fotografias de raios X de sua mão. A divulgação destes resultados foi em todos os senti-

meira comunicação da descoberta foi feita em 28 de dezembro para os editores da Sociedade de Física e Medicina de Würzburg, Alemanha, através de um artigo histórico intitulado "A Respeito de um Novo Tipo de Raios: Comunicação Preliminar." Em seu artigo Röntgen chama raios X as emanações do tubo de raios catódicos, uma vez que a origem destes raios lhe era completamente misteriosa e diferente da dos raios catódicos, descobertos por Lenard anteriormente. Algumas das fotos que Röntgen tirou foram expostas perante a Sociedade de Física de Berlim em 4 de janeiro de 1986. Já pelo quinto dia de janeiro a história já tinha sido descoberta pelos jornais de Viena e nos

dias seguintes espalhou-se mundo afora.

É difícil imaginar uma reação pública tão rápida e generalizada a uma descoberta científica como a que aconteceu com o raios X. E também não foi simplesmente uma questão de curiosidade científica. Dentro de poucos meses os raios X estavam sendo usados em pelo menos um hospital em Viena em conexão com operações cirúrgicas. O uso mundial dos raios X em procedimentos cirúrgicos espalhou-se rapidamente.

Existem dois pontos a se notar sobre esta descoberta magnífica. Primeiro, ela foi genuinamente feita por acaso. Röntgen não tinha começado uma série de experiências com a intenção de descobrir os

raios X. Ele em essência descobriu-os acidentalmente e só então procurou, com grande cuidado experimental, analisar suas propriedades físicas. Segundo, a aplicação dos raios X à medicina, especialmente em cirurgias, aconteceu não no espaço de alguns anos e sim no intervalo de poucos meses a partir de sua descoberta. É difícil pensar em qualquer seqüência comparável de eventos na história da ciência moderna.

Na verdade, as aplicações dos raios X na medicina foram tão rápidas que a comunidade científica teve pouco tempo para testá-los e verificar seus efeitos nocivos, que não eram conhecidos na época. O baixo custo de um aparelho de raios X, aliado ao desconhecimento dos perigos do novo raio, tornaram possível que em pouco tempo aparelhos de raios X estivessem espalhados por todo o mundo. No começo do século praticamente todo bom hospital já tinha um destes aparelhos, e muitos consultórios particulares também.

José Acácio de Barros
Físico, professor da UFJF e Doutor pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ)



Participantes do Conselho de Solvay, de 1911.
De pé, da esquerda para direita:
M. Planck (2º), M. de Broglie (6º),
E. Rutherford (12º), Einstein (14º).
Sentados, da direita para a esquerda:
H. Poincaré (1º) e M. Curie (2º), entre outros

Movéis
Itatiaia

Feitos para durar.

Avenida Padre Arnaldo Jansen, 1325
Tel.: (032) 532-1311 - Telex 323128
Fax.: (032) 532-4741 - Cx. Postal 141
CEP 36500-000 - UBA - MG

A·R·T·I·G·O

Nenhum cuidado quanto ao tempo de exposição era tomado. Com isto, a comunidade que mais sofreu foi a dos médicos, com histórias assustadoras sobre danos por radiação amplamente relatadas na literatura. É relatado o caso de uma médica, de São Francisco, Califórnia, EUA, que para mostrar a seus pacientes que os raios X não eram nocivos, tirava radiografias junto com eles. Ela morreu de várias queimaduras na pele causadas pela exposição à radiação e depois de ter um dos braços amputado. Um dos casos mais famosos foi o de um médico do Hospital Geral de Boston, EUA, que depois de se expor longamente à radiação X em várias seções com pacientes, morreu de câncer no pulmão depois de passar por 47 cirurgias tendo como única anestesia o éter.

A própria descoberta da radioatividade surgiu acidentalmente de experiências conectadas

Quem é J. Acácio de Barros

José Acácio de Barros é físico e professor da UFJF. Após o doutoramento, obtido em 1991, pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (RJ), trabalhou por três anos como pós-doutorando e Pesquisador Associado com Patrick Suppes, na Universidade Stanford (EUA). Seus interesses em pesquisa estendem-se desde os fundamentos da Mecânica Quântica até a Cosmologia, passando pela Lógica e pelos fundamentos da Matemática.

com fenômenos similares àqueles observados com os raios X. Vários físicos descobriram que corpos fosforescentes expostos à luz solar emitiam um tipo de radiação similar aos raios X. No começo de 1896, ao tentar uma experiência deste tipo, Henri Becquerel descobriu que espécies de urânio e potássio que estava usando emitiam radiação mesmo quando mantidas no escuro. Logo depois, ele descobriu que a emissão de radiação pelo urânio era

mais ou menos independente do estado de combinações químicas com outras substâncias e que não existia nenhuma ligação entre o fenômeno de radiação e fosforescência, o assunto inicial de suas investigações. Ele também encontrou que a radiação emitida era mais ou menos independente da temperatura do composto de urânio. Não muito depois, o próprio elemento rádio foi descoberto pelo casal Curie, e em poucos anos todo o mundo da física estava

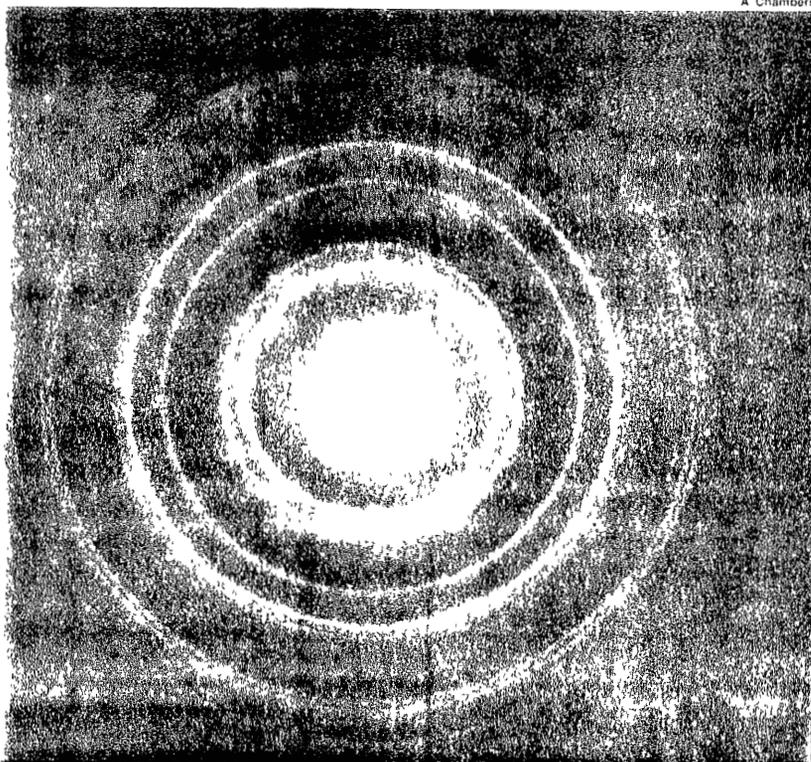
mudado para sempre. Uma série de descobertas importantes seguiram-se. Os átomos, que eram considerados indivisíveis, foram descobertos ser compostos de ao menos uma nova partícula, o elétron. Disto seguiu-se a descoberta do próton e, bem depois, do nêutron. Várias partículas nucleares e subnucleares que compõem a matéria foram descobertas e continuam a ser descobertas. Sabe-se hoje em dia que não só os átomos são compostos de partículas como o próton e o nêutron, mas os próprios prótons e nêutrons são compostos de outras partículas ainda menores, os *quarks* dos quais um exemplo é o quark top.

Do ponto de vista das teorias vigentes, vários problemas foram descobertos no final do século XIX, começo do século XX. A teoria que descrevia as radiações eletromagnéticas, das quais um exemplo são as ondas de rádio e de TV ou a própria luz, mostrou-se incapaz de explicar certos fenômenos. Em 1900 Max Planck mostrou que mudando-se as bases da física e considerando matéria e energia

como o m o quantizadas, i.e. não contínuas, poderia resolver-se os problemas da teoria anterior, obtendo uma concordância excelente

As aplicações dos raios X na medicina foram tão rápidas que os cientistas não tiveram tempo de testar seus efeitos nocivos

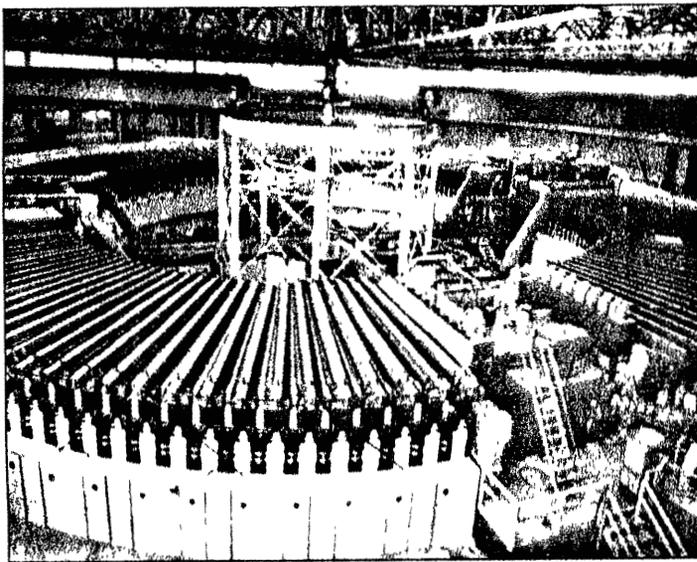
com os resultados experimentais. Em 1906 Einstein mostrou que a idéia de Planck poderia ser usada para explicar o efeito fotoelétrico, verificado experimentalmente, mas que para isso a maneira com a qual entendíamos a luz teria que ser mudada. Segundo Einstein não podemos pensar na luz como ondas eletromagnéticas mas teríamos que pensá-la como composta de pequenas partículas, os *fótons*. Estas especulações levaram a aparentes paradoxos, como por exemplo considerar que a luz comportava-se ora como partícula ora como onda. Mas esta dualidade onda/partícula não restringiu-se à luz. Louis de Broglie, um físico francês imaginou que, assim como os fótons eram partículas



A. Chambers

Difração do elétron com 100 keV. Os elétrons, seu comprimento de onda é do pelo tamanho de De Broglie e de $3,7 \times 10^{-12}$ m.

A·R·T·I·G·O



Doi: R. F. dos Santos (UFJF)

O bévatron do Laboratório Lawrence de Berkeley durante o período de construção. Aceleradores como este esmagam partículas umas contra as outras possibilitando às pessoas estudar a estrutura microscópica da matéria.

que se comportavam como ondas, porque então não considerarmos as outras partículas elementares, como o elétron, também como ondas. De Broglie postulou então que partículas, como por exemplo os elétrons, seriam também ondas, o que foi verificado experimentalmente através de experiências de difração de elétrons por redes cristalinas.

Uma das consequências principais destas descobertas foi a realização de que a física clássica, representada em sua essência pela mecânica de Isaac Newton, era incapaz de descrever o mundo das partículas que compõe a matéria -elétrons, prótons, nêutrons, etc - e da radioatividade. Era necessário introduzir novos conceitos e admitir novas hipóteses. A principal destas hipóteses era aceitar que no mundo microscópico dos átomos o determinismo de Newton, simbolizado pela inteligência divina e superior de Laplace, não mais valia, e que as leis que governam as partículas muito

pequenas são essencialmente probabilísticas. O resultado foi o abandono da mecânica newtoniana e a adoção de uma maneira completamente diferente de ver o mundo: a mecânica quântica.

Certamente o abandono das idéias newtonianas foi duramente combatido por muitos físicos ilustres da época, incluindo o próprio Einstein, que ironicamente deu o pontapé inicial para a mecânica quântica ao propor a existência dos fótons. Ao ir contra as idéias probabilísticas propostas pela então Escola de Copenhague, Einstein declarou que não poderia acreditar "num Deus que jogue dados." Einstein começou então um programa de pesquisa para refutar a necessidade de uma descrição não determinística da natureza. A busca por tais teorias ficou conhecida como uma procura por *variáveis ocultas*. O termo *variáveis ocultas* descreve o que se deseja. A idéia é que por trás das probabilidades encontradas em mecânica quântica

estejam variáveis causais e determinísticas que dariam conta dos fenômenos probabilísticos encontrados na Natureza pela física do mundo microscópico. As análises das teorias de variáveis ocultas tem uma história complicada na física moderna que começou com alguns trabalhos do famoso matemático J.

von Neumann

Numa série de trabalhos iniciados por John Bell em 1965, a impossibilidade da existência de variáveis ocultas foi demonstrada e verificada experimentalmente. Bell partiu de um paradoxo inicialmente proposto por Einstein, Podolski, e Rosen em 1935, onde eles questionaram se a descrição da Natureza dada pela mecânica quântica era completa. Se insistirmos numa teoria de variáveis ocultas, que remova esta incompletude e satisfaz as condições naturais de causalidade e localidade, então Bell mostrou que para um simples sistema de duas partículas estas condições não podem ser satisfeitas. Não pode haver uma teoria de variáveis escondidas para este sistema de duas partículas que resulte nas mesmas probabilidades que a mecânica quântica. Em sua análise Bell foi capaz de derivar uma desigualdade matemática que tornou-se conhecida como "desigualdade de Bell." A existência de variáveis ocultas implicava em satisfazer estas desigualdades, mas as desigualdades não são satisfeitas pela mecânica quântica.

Quem é Patrick Suppes

O cientista e filósofo americano Patrick Suppes, Professor Emérito da Universidade Stanford (EUA), onde ocupa a cadeira Lucie Stern, é considerado um dos principais filósofos da ciência em seu país. Foi agraciado com a Medalha Nacional de Ciências (EUA), em 1990, e presidiu a União Internacional de História e Filosofia da Ciência, em 1976-78. Suas contribuições abrangem a probabilidade e a estatística, a psicologia matemática e experimental, os fundamentos da física, a teoria da educação, a filosofia da linguagem, a teoria da medida e a filosofia da ciência. No final da década de 1950, fundou o renomado Instituto para Estudos Matemáticos nas Ciências Sociais, em Stanford. O Professor Suppes é também pioneiro na educação auxiliada por computadores. Em cada uma dessas áreas, Suppes introduziu idéias seminais, que em alguns casos levaram a definir a direção da pesquisa no campo. Suppes publicou mais de 400 trabalhos científicos, escreveu 20 livros e editou outros 20. Em 1994, a editora holandesa Kluwer publicou uma coleção de três volumes em sua homenagem, intitulada *Patrick Suppes: Scientific Philosopher*.

Dados experimentais obtidos por Alain Aspect, da França, na década de 1980, estão de acordo com a mecânica quântica e violam as restrições requeridas pelas teorias de variáveis ocultas

Acreditamos ser razoável dizer que o resultado desta seqüência de trabalhos tanto teóricos quanto experimentais e prover a confirmação conceitualmente mais satisfatória do caráter definitivamente estatístico da mecânica quântica até hoje. Além disso, do ponto de vista filosófico eles provêm um tremendo golpe

contra as idéias Laplaceanas e Kantianas (embutidas parcialmente no programa de Einstein) do determinismo como elemento regulador do comportamento do universo.

A descoberta dos raios X levou a uma catenanação de descobertas que mudou a maneira com que vemos e descrevemos a Natureza. O curso da física nos últimos cem anos teria sido completamente diferente sem estas descobertas. O centésimo aniversário dos raios X e sem dúvida um evento que vale a pena ser celebrado.