

Maria Raquel da Conceição Coelho Santiago

**MÁRIO SILVA
A OBRA DE UM PROFESSOR**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Física
apresentada na Universidade de Évora

Sob a orientação do Professor Doutor Augusto Fitas
(Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)

**ÉVORA
2001**

Maria Raquel da Conceição Coelho Santiago

**MÁRIO SILVA
A OBRA DE UM PROFESSOR**

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Física
apresentada na Universidade de Évora

Sob a orientação do Professor Doutor Augusto Fitas
(Esta dissertação não inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)



142581

ÉVORA
2001

“Verifica-se, na verdade, ao lançar os olhos para o panorama que nos oferece a ciência contemporânea, que, por cima de uma riqueza material considerável de novos factos, a anima sobretudo um novo espírito, visto que é nova a sua concepção da Realidade, nova igualmente a sua estrutura lógica e são novos os problemas epistemológicos que ela suscita e, mais do que isso, ela resolve.”

(Silva, Mário: Oração inaugural do ano 1942-1943 - *Oratio de Sapientiae*)

À Conceição Maria



Índice

Ponto Prévio	13
1. Introdução	15
1.1. Objectivo	15
1.2. As fontes	17
1.3. Anexos	18
2. Dos raios catódicos à constituição da matéria	19
2.1. Introdução	19
2.2. Os químicos, os físicos, a hipótese atómica e a molécula química	19
2.3. A molécula e a física estatística	22
2.4. O estudo das descargas eléctricas em gases	27
2.5. Os raios X	33
2.6. O electrão e o anúncio do primeiro modelo atómico	38
2.7. A Radioactividade	41
2.8. Thomson e uma linha de continuação do estudo das descargas em gases	43
3. O Ensino de Física na Universidade de Coimbra nos finais do Século XIX e princípio do século XX	47
3.1. Introdução	47
3.2. As reformas do gabinete de Física a partir de meados do século XIX: novos ensinos, novos instrumentos	47
3.3. O Gabinete de Física e os novos domínios da Física: a constituição da matéria	58
3.4. Conclusão	66

4. Mário Silva: dos anos da formação até à defesa da sua tese na Universidade de Paris	69
4.1 Introdução	69
4.2. Primeiros passos biográficos até à preparação de uma viagem	69
4.3. O Laboratório Curie e a sua iniciação científica	75
4.4. Os trabalhos científicos na Laboratório Curie	79
4.4.1. (1º Trabalho) «Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur»	83
4.4.2. (2º Trabalho) «Sur une nouvelle détermination de la période du polonium»	85
4.4.3. (3º Trabalho) «Sur la Déformation de la Courbe d'ionisation dans l'Argon pur par Addition d'Oxygène»	86
4.4.4. (4º Trabalho) «Sur l'Affinité de l'Oxygène pour les Electrons»	88
4.4.5. (5º Trabalho) «Electrons et ions positifs dans l'argon pur»	89
4.4.6. (Tese) «Recherches expérimentales sur l'électroaffinité des gaz»	91
4.5. O trabalho de Mário Silva e a comunidade científica internacional	95
4.6. O fim da estada parisiense e o regresso a Portugal	96
4.7. Conclusão	97
5. Mário Silva: do regresso de Paris até aos anos da perseguição	101
5.1. Introdução	101
5.2. A investigação na Laboratório de Física	102
5.2.1. (1º Trabalho) «Sur une méthode de détermination de la vie moyenne d'un ion négatif»	103
5.2.2. (2º Trabalho) «Sobre dois métodos de determinação da probabilidade-h-de thomson»	104
5.2.3. (3º Trabalho) «L'ionisation dans l'hydrogène très pur»	104
5.2.4. (4º Trabalho) «Sur la Charge Électrique du Recul Radioactif»	105
5.2.5. Outra actividade	106
5.3. O Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra	106
5.3.1. A Instalação do Rádio da Universidade de Coimbra	107
5.3.2. Conferências no Rádio da Universidade de Coimbra	110
5.4. O Professor	113
5.5. O Historiador da Ciência	117
5.5.1. Na História da Física em Portugal	117

5.5.2. Pensador de História e Filosofia da Ciência	120
5.5.3. O Publicista	121
5.6. Os anos da Guerra e a Física Teórica	123
5.7. O Cidadão	128
5.8. Conclusão	130
6. Epílogo	133
7. Bibliografia	139
7.1. Bibliografia Geral	139
7.2. Revistas e relatórios consultados	145
7.3. Bibliografia sobre Mário Silva	145
7.4. Bibliografia de Mário Silva	147
8. Anexos	151

Ponto Prévio

Nos primeiros anos da minha formação universitária – fins dos anos 70 – acontecimentos como: a existência de cartas de Marie Curie a um Professor de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra (então recentemente falecido, o Professor Doutor Mário Augusto da Silva), cuja existência era exibida na sala Madame Curie do Museu Nacional de Ciência e da Técnica na rua dos Coutinhos, em Coimbra, e a primeira radiografia ter sido feita em Portugal apenas 7 dias após a primeira notícia da descoberta dos raios X, despertaram em mim deslumbramento e muita curiosidade.

Dos contactos com a História da Ciência e de conversas com o Professor Doutor Augusto Fitas durante a parte curricular do Mestrado em Física, especialização em ensino da Física, na Universidade de Évora, adveio a motivação para a elaboração desta dissertação. Tornava-se assim possível procurar a relação entre aqueles acontecimentos e a actividade científica portuguesa e, é este o produto final desse trabalho.

Agradeço a todos os que contribuíram para a concretização deste trabalho, nomeadamente às pessoas ligadas ao Arquivo da Universidade de Coimbra, à Biblioteca do departamento de Física Universidade de Coimbra e ao Museu de Física da Faculdade de Ciências, assim' como aos Professores daquela Faculdade com quem mantive algumas conversas. Seja-me permitido destacar a Senhora Professora Doutora Alice Alves.

Agradeço ainda ao Professor Doutor António A. Passos Videira, responsável pelo Arquivo Guido Beck (Rio de Janeiro), pelo acesso à correspondência de Mário Silva com aquele Físico Austríaco e aos Professores da parte curricular do Curso de Mestrado em Física, na Universidade de Évora, pelos ensinamentos que prestaram;

Agradeço ao Senhor Professor Doutor Namorado Rosa que, a certa altura do percurso, me encorajou a continuar aqueles estudos;

Agradeço, em particular, ao Senhor Professor Doutor Augusto Fitas por me ter despertado e contagiado pelo gosto da História da Ciência, pela paciência e

compreensão, aliada ao rigor e à exigência, com que orientou todo o este trabalho, pela disponibilidade na revisão dos vários capítulos, o que muito contribuiu para melhorar a redacção desta tese.

Agradeço ainda aos meus pais por terem permitido tudo isto.

Uma palavra de agradecimento muito especial ao Francisco que soube estar presente, e ausente, nos momentos certos!

Introdução

Sumário; Objectivo; Fontes; Anexos.

1.1. Objectivo

Embora inicialmente esta dissertação tivesse como objecto o estudo de «*Os bolseiros da Junta de Educação Nacional e a investigação em Física no Portugal dos anos trinta*», rapidamente nos apercebemos da vastidão do tema, dentro do propósito da elaboração de uma dissertação de Mestrado. Daí que reduzissemos a extensão do trabalho, contemplando o estudo da obra de um dos primeiros cientistas portugueses a desenvolver um trabalho continuado num dos laboratórios europeus de maior renome na Física Experimental, o Instituto do Rádio em Paris. Daí que o tema da dissertação se tenha circunscrito ao trabalho da figura de Mário Silva.

Se a ideia que, de início, nos norteava era a análise da investigação em Física desenvolvida por este professor, num percurso que se iniciava em Paris no ano de 1926 e se prolongaria na sua presença no Laboratório de Física da Universidade de Coimbra, o desenrolar do nosso trabalho levou-nos a inflectir a direcção inicial. Uma inflexão que correspondeu a uma maior atenção à sua actividade como professor. Julgamos deste modo ter justificado «**MÁRIO SILVA, A OBRA DE UM PROFESSOR**».

A orientação da pesquisa de Mário Silva nos seus tempos do Laboratório Curie e aquela que procurou pôr em prática nos seus primeiros tempos de reinicio da sua actividade de docente em Coimbra, inscreve-se claramente no estudo das descargas eléctrica em gases e da sua aplicação à detecção da radiação. Assim, apresentamos no capítulo 2, de uma forma sucinta, e privilegiando o relato histórico-científico, alguns dos marcos importantes da Física que conduziram ao modelo atómico da matéria e, em particular, o papel aí desempenhado pelo estudo das descargas eléctricas em gases. Procura-se compreender, nas suas linhas gerais, a marcha dos conhecimentos científicos que perspectivam o contexto da investigação que, no final da década de vinte, Mário Silva desenvolve no Laboratório Curie. Abordam-se os tópicos seguintes: a necessidade de um modelo atómico-molecular na representação das transformações químicas, bem como a aplicação deste modelo à explicação mecanicista da natureza; o papel desempenhado pelo estudo das descargas eléctricas em gases na demonstração experimental da realidade atómica, o que é acompanhado de um modo paralelo pela descoberta da radioactividade; o prosseguimento experimental das descargas eléctricas

em gases como instrumento determinante para a compreensão das propriedades da matéria. É neste último tema que julgamos filiar-se directamente o trabalho experimental de Mário Silva.

No capítulo 3 procuraremos mostrar como o conhecimento das matérias abordadas anteriormente começaram a ser difundidos ou incorporados por uma parte do ensino universitário português, limitando-nos à Universidade de Coimbra e, em particular, ao grupo de professores da sua Faculdade de Filosofia que ministrava o ensino na área da Física e da Química. Enfatizámos algumas pistas históricas sobre as viagens científicas, tentando definir alguns traços que eventualmente nos conduzam à linha de pesquisa científica que a personagem central deste nosso estudo virá a desenvolver. A procura deste fio condutor histórico é muito difícil sobretudo pela ausência de qualquer trabalho de investigação associado ao ensino universitário português da época. Julgamos, contudo, que é possível identificar um certo esforço em estar a par com o que se fazia no estrangeiro no domínio da produção dos raios X e também no interesse pela radioactividade.

No capítulo 4 iniciamos propriamente o nosso trabalho sobre Mário Silva. A par da apresentação de alguns aspectos biográficos que consideramos importantes para a definição da sua escolha de uma carreira científica, detemo-nos em seguida no seu trabalho de investigação científica em Paris. Neste capítulo concentramos a nossa atenção nos trabalhos científicos desenvolvidos no Laboratório Curie, incluindo as suas repercussões na comunidade científica internacional, o que termina com a apresentação da sua tese de doutoramento na Universidade de Paris cuja discussão esteve e cargo de Marie Curie e Jean Perrin.

No capítulo 5 focalizamos a nossa atenção na actividade de Mário Silva após o seu regresso à Universidade de Coimbra até ao período em que é compulsivamente afastado da cátedra. A sua saída de Paris é forçada e, ao chegar a Coimbra, a sua actividade vai desenvolver-se, de imediato, em três frentes: a continuação da sua investigação, a Instalação do Instituto do Rádio em Coimbra e o ensino. A investigação vai ter uma duração muito curta e o Instituto do Rádio não passará de projecto que os poderes públicos rapidamente se encarregaram de inviabilizar; o ensino assumirá assim um papel preponderante em toda a sua actividade. O seu interesse pelo velho Gabinete de Physica da Universidade Pombalina leva-o, nos finais dos anos trinta, a desenvolver um

trabalho em História da Ciência, procurando recuperar a memória do primeiro Gabinete de Física Experimental, criado pela reforma de Pombal, constituindo o Museu Pombalino. E é já nos anos quarenta, reatando velhos contactos dos tempos de Paris, que acalenta a ideia de fixar em Coimbra algumas figuras importantes da Física contemporânea de então de modo a ensaiar o ensino da Física Teórica. Terminamos este capítulo com um apontamento sobre o cidadão Mário Silva, espécie de apogeu da sua actividade de professor, que terminaria com a sua demissão compulsiva em 1947. Um período em que a fúria e a injustiça do regime salazarista expulsou dos seus cargos vinte e um professores universitários de reconhecido prestígio, entre os quais Mário Silva. Estava-se então em pleno período do pós-guerra, o vazio que assim se criou nas Universidades portuguesas, como observou Rómulo de Carvalho (Carvalho, Rómulo; 1986), teve graves consequências no ensino e na formação universitária durante algumas décadas.

No capítulo 6 apresentamos uma síntese conclusiva final do trabalho onde muito difficilmente extrairemos conclusões.

1.2. As fontes

Em todo este trabalho, no que diz respeito à componente biográfica de Mário Silva, não desenvolvemos qualquer trabalho de pesquisa sobre novas fontes, baseámo-nos essencialmente nos trabalhos publicados por Mário Silva (Elogio da Ciência, livros e artigos científicos e artigos de Jornais e Revistas da época) e nos trabalhos publicados por outros autores, como: Caetano, E.: 1977; Correia, Fausto: 1976; Diniz, Cruz: 1976 e Nobre, João Paulo da Silva: 1997, além do processo de Mário Silva do Arquivo da Universidade. Esforçámo-nos por procurar a correspondência científica de Mário Silva, mas os resultados foram escassos. Encontramos apenas a sua correspondência com o Prof. Guido Beck citada em: Videira, António Augusto Passos, 1997, não conhecendo nós as cartas escritas por este fisico austríaco e endereçadas a Mário Silva, e com Rui Luís Gomes, desconhecendo também as cartas deste recebidas por Mário Silva. Apesar de terem sido feitos muitos esforços, não encontrámos outra correspondência científica, no entanto, estamos certos de ter existido correspondência com outros cientistas, em particular com:

-Salomon Rosenblum, referido por Mário Silva em vários documentos. Num deles pode ler-se:

«...Rosenblum comunicava-me o prosseguimento das suas investigações, das dificuldades encontradas e dos êxitos conseguidos...» (Silva, Mário; 1957).

-Marie Curie, cujos envelopes dirigidos a Mário Silva estiveram expostos na sala Madame Curie do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, nas instalações da rua dos Coutinhos, em Coimbra, nos finais dos anos 1970 e início dos 1980.

Pelos relatos da vivência de Mário Silva no Laboratório Curie, em Paris (e das relações ali firmadas) e da permanência em Coimbra, nos anos 1940, de alguns cientistas estrangeiros, somos conduzidos a admitir a existência de correspondência com os cientistas: Alphonse Proca, Marcel Laporte e Sergio Benedetti.

Pelo exposto, lamentavelmente, não foi possível incluir neste trabalho o relato desta componente da vida científica de Mário Silva.

Foram também consultados os processos de vários professores quer da Faculdade de Filosofia quer da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, assim como as actas do Conselho da Faculdade de Filosofia e da Congregação da Faculdade de Ciências e o Relatórios desta última.

1.3. Anexos

Recolhemos toda a produção científica de Mário Silva e, dado o interesse que os trabalhos experimentais da electroafinidade dos gases tiveram na época (tendo sido um tópico da física da maior relevância para os estudos da radioactividade e fornecendo os conhecimentos necessários aos desenvolvimentos dos detectores, nomeadamente das câmaras de ionização) apresentamos estes trabalhos nos Anexos. Referimo-nos aos trabalhos científicos de Mário Silva efectuados no Laboratório Curie do Instituto do Rádio em Paris, anexos A1 a A6, e aos feitos no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências, em Coimbra, sem aparente interrupção temporal, designadamente os relativos ao estudo do mecanismo de formação de iões negativos em gases; anexos B1 a B6.

Apresentamos ainda o “rosto” algumas publicações de Mário Silva e dos seus livros científico-pedagógicos, anexos C1 a C5 e D1 a D6.

Diverso material referido ao longo do texto está igualmente coligido nos anexos, estes com a indicação do capítulo onde são citados. Anexos 3.1 a 3.6; 4.1 a 4.5 e 5.1 a 5.5.

2 - Dos raios catódicos à constituição da matéria

Sumário: Introdução; Os químicos, os físicos, a hipótese atómica e a molécula química; a molécula e a física estatística; O estudo das descargas eléctricas em gases; Os raios X; o electrão e o anúncio do primeiro modelo atómico; A Radioactividade; Thomson e uma linha de continuação do estudo das descargas eléctricas em gases.

2.1. Introdução

O objectivo deste capítulo é de uma forma sucinta, privilegiando o relato histórico-científico, expor alguns dos marcos importantes da Física que conduziram ao modelo atómico da matéria e, em particular, o papel ai desempenhado pelo estudo das descargas eléctricas em gases. A justificação deste objectivo reside em tentar compreender, nas suas linhas gerais, a marcha dos conhecimentos científicos que perspectivam o contexto da investigação que, no final da década de vinte, Mário Silva desenvolve no Laboratório Curie. Julgamos que a tarefa é demasiado complexa para o âmbito deste trabalho, contudo procurámos abordar os tópicos seguintes: a necessidade de um modelo atómico-molecular na representação das transformações químicas, bem como a aplicação deste modelo à explicação mecanicista da natureza; o papel desempenhado pelo estudo das descargas eléctricas em gases na demonstração experimental da realidade atómica, o que é acompanhado de um modo paralelo pela descoberta da radioactividade; o prosseguimento experimental das descargas eléctricas em gases como instrumento determinante para a compreensão das propriedades da matéria. É neste último tema que julgamos filiar-se directamente o trabalho experimental de Mário Silva.

2.2. Os químicos, os físicos, a hipótese atómica e a molécula química

Em 1804, John Dalton (1766-1844) formulou uma hipótese que identifica os corpos simples com os átomos. Estes átomos não são herdeiro dos átomos antigos, nem dos corpúsculos newtonianos, foram inventados, e depois explorados, noutro contexto. A sua química, apresenta um grande compromisso com o atomismo, pois foi inspirada ao ler os atomistas gregos e Newton, no entanto Dalton abandonou a busca newtoniana de mecanismos de força em favor de um sistema baseado nos *pesos* relativos dos átomos químicos (Bensaude-Vicent et al.; 1996, p.164). As origens da sua teoria atómica encontram-se, assim, nos seus estudos sobre a mistura de gases e a solubilidade destes em água, nos quais rejeitou o papel explicativo das forças de afinidade química e

sublinhou a importância dos pesos relativos das partículas finais das substâncias (Harman; 1982, p.121). A tentativa de calcular os pesos atómicos relativos fez com que o seu interesse se deslocasse gradualmente para a química e para os problemas da combinação química, detendo-se, então nestes estudos.

Para Dalton, qualquer elemento é formado por átomos idênticos, inalteráveis pelas reacções químicas, que apenas os agrupam de forma diferente. Cada tipo de átomo caracterizar-se-ia fundamentalmente pelo seu peso – e aqui situa-se a grande inovação. Para determinar esses pesos relativos Dalton usa a lei de Proust como base de uma nova hipótese atómica e sugere que, se dois corpos A e B se combinam, existe uma relação definida e simples, de números inteiros, entre os respectivos átomos e, por conseguinte, entre os diferentes pesos de A que se combina com o mesmo peso de B (Dalton, John; 1808).

Dalton usou a denominação de ‘átomo composto’ em vez de molécula e distinguiu-o de átomo. A teoria atómica química forneceu uma explicação para os índices analíticos da estequiometria, diferindo o ‘átomo’ de Dalton dos seus homónimos antigos, não só pela sua definição: não são unidades mínimas de composição da matéria, mas sim unidades mínimas de combinação; como pela sua função: não se trata de explicar o visível complicado pelo invisível simples, como dirá mais tarde físico francês Jean Perrin (1870-1942), mas sim de resolver problemas de linguagem, de fórmulas e de classificação (Bensaude-Vicent et al.; 1996, p.168). O átomo de Dalton difere também dos corpúsculos newtonianos, pois não pressupõem nem o vazio nem a atracção e não têm a ambição de explicar as propriedades dos corpos simples em termos de uma arquitectura complicada da qual os átomos seriam os constituintes últimos.

No início de Setembro de 1860, cento e quarenta químicos vindos de doze países¹, chegam a Karlsruhe, para discutir a notação atómica; o objectivo está claramente definido na circular redigida por August Kekulé (1829-1896) e A. Wurtz (1817-1884), onde se propõe a unificação da nomenclatura química e do seu significado (Bensaude-Vicent et al.; 1996, p. 195). O principal responsável pela viragem que decorreu do Congresso seria o jovem italiano Stanislao Cannizzaro (1826-1910), que se apercebera da importância dos trabalhos de Avogadro e, partindo daí, edificara um sistema coerente

¹ Áustria, Bélgica, França, Alemanha, Reino Unido, Itália, México, Polónia, Rússia, Espanha, Suécia e Suíça. (Pais, A.;1988, p. 45)

que parecia responder a tudo. Cannizzaro apresentou esse trabalho, que já tinha feito parte do programa do seu curso de química: *Sunto di corso di filosofia chimica, fatto nella Regia Università di Genova*, onde mostrou que Avogadro tinha encontrado um método para definir fórmulas moleculares e pesos atómicos relativos e reforçou o estatuto conceptual da teoria atómica química (Cannizzaro; 1857). Na altura houve uma reacção dos químicos contra tais ideias. Esta reacção dos químicos devia-se ao seu receio de perderem a sua especificidade profissional em relação à física (Ramunni; 1985), o que levou mesmo o químico alemão, Kekulé a sustentar, na palestra de abertura do congresso de Karlsruhe, a existência de dois tipos de moléculas e a falar sobre a diferença entre a molécula física e a molécula química e sobre a distinção entre estas e o átomo. (Pais, A.; 1988, p. 45).

Quer os físicos quer os químicos, podiam ter beneficiado mais, se tivessem prestado maior atenção ao comentário de Cannizzaro na discussão subsequente aquela comunicação de Kekulé, de que a distinção entre moléculas físicas e moléculas químicas não tinha uma base experimental e, portanto, era desnecessária. Embora o congresso tenha terminado sem se ter conseguido unanimidade, a argumentação de Cannizzaro convenceu a maioria dos participantes. Por toda a Europa, nas publicações e nos tratados, vai começar a definir-se a molécula e o átomo como Wurtz:

«átomo é a mais pequena massa capaz de existir em combinação» e «molécula é a mais pequena quantidade capaz de existir no estado livre» (Wurtz A.; 1869)

Havia, já uns anos em que o atomismo se tentava afirmar através do desenvolvimento da teoria cinético-molecular dos gases, uma aventura iniciada por J. P. Joule (1818-1889) e Clausius (1822-1888) que acabavam de se ilustrar na descoberta dos fundamentos da termodinâmica. Era um esforço corajoso entender a teoria do calor a partir do comportamento mecânico de uma realidade molecular subjacente ainda contestada e, embora não fosse a primeira teoria ‘cinética’ dos gases, o trabalho de Clausius foi o primeiro tratamento sistemático do assunto (Harman; 1982, p.129). Clausius argumentou que o calor devia atribuir-se ao movimento das partículas dos corpos a partir da equivalência do calor e do trabalho, afirmando que a distinção entre sólidos, líquidos e gases está relacionada com os diferentes tipos de movimentos moleculares (Clausius; 1857). Argumentando que a temperatura de um gás podia exprimir-se em termos da energia das suas moléculas, sublinha que o valor que dava à velocidade era uma velocidade média, e assim a velocidade de cada molécula individual

podia diferir deste valor médio. Este reconhecimento da relevância de um argumento probabilístico no tratamento teórico do movimento das moléculas de gás foi levado mais longe em trabalhos seguintes. Repare-se que ao tratar o movimento das moléculas de gás como um processo aleatório, Clausius usou um argumento probabilístico para discutir os encontros entre moléculas e, pensando nos gases constituídos por milhares de moléculas em agitação perpétua, colocou os fundamentos da teoria cinética dos gases, que viria a ser desenvolvida pelos físicos James Clark Maxwell (1831-1879) e L. Boltzmann (1844-1906).

2.3. A molécula e a física estatística

Maxwell partiu do pressuposto de que a maior parte das propriedades de um gás poderia ser calculada se, em lugar de determinar as posições e as velocidades de todas as moléculas, houvesse determinado o número médio de moléculas que têm um determinado valor dessas grandezas. Enquanto Clausius se limitara a obter a velocidade molecular média, Maxwell viu a necessidade de uma análise estatística da distribuição das velocidades e no tratamento que deu ao problema, no seu trabalho '*Illustrations of the dynamical theory of gases*', em 1860, as velocidades eram distribuídas pelas moléculas segundo uma função de distribuição (Harman; 1982, p. 130). Maxwell observou ainda que a teoria cinética dos gases dava provas de que as propriedades da matéria podiam ser explicadas por uma teoria de movimentos moleculares e era uma base para a formulação de modelos de estrutura molecular das substâncias. Além disso a espectroscopia indicou que as moléculas vibratórias eram a fonte dos espectros, o que podia também fornecer dados para a mesma teoria.

A obra de Maxwell sobre a teoria dos gases tinha uma ênfase dupla: tanto sobre as propriedades das moléculas como sobre a análise matemática dos movimentos moleculares. A assunção de base é que um gás se distribui uniformemente no espaço e que, consequentemente, o número médio de moléculas é igual em diferentes pontos do volume ocupado. Maxwell trouxe, então a maior sofisticação matemática à análise das variações da velocidade das moléculas num gás e os resultados matemáticos indicavam que a energia cinética das moléculas do gás se distribuía igualmente pelos movimentos mecânicos internos das moléculas. No entanto este ‘teorema da equipartição’, da igualização da energia, estava em conflito com as determinações experimentais dos calores específicos dos gases, o que implicava uma restrição aos movimentos internos

das moléculas. As limitações das propriedades mecânicas das moléculas requeridas para explicar a estrutura das moléculas de gás estavam em conflito com a evidência da espectroscopia e contradizia a suposição das restrições aos movimentos internos das moléculas. Portanto, havia inconsistências na própria teoria molecular dos gases, e conflitos entre a evidência tirada da teoria dos gases e da espectroscopia, e na formulação de modelos moleculares adequados às exigências da teoria e da experimentação (Harman; 1982, p. 134).

Maxwell compreendeu as implicações da espectroscopia na física molecular e que os modelos moleculares, suficientemente complexos para produzir as vibrações necessárias aos espectros, eram incompatíveis com o teorema da equipartição, o que implicava uma restrição na estrutura mecânica das moléculas. Inversamente, as estruturas moleculares que eram compatíveis com o teorema da equipartição eram demasiado simples para produzir as linhas observadas nos espectros dos elementos químicos.

Ao propor um modelo cinético molecular que dava boa conta das leis de carácter macroscópico dos gases, Maxwell fez um regresso aos modelos mecânicos em física – choques entre partículas – e avançava com um conceito molecular puramente mecânico – uma molécula é aquela pequena porção de substância que se desloca como uma unidade e interage com outras unidades iguais de acordo com o princípio de conservação da energia. O seu grau de descontinuidade não é estrutural, nem racional; é meramente dinâmico, pelo que não possui carácter absoluto, pois trata-se de uma descontinuidade definida em relação ao fenômeno.

Não obstante o sucesso alcançado, escapa ainda ao modelo de Maxwell a noção de entropia.

L. Boltzmann, em 1866, procurou, com base num modelo atómico da matéria, as relações entre a segunda lei da termodinâmica e a lei de acção mínima em mecânica (Harman; 1982, p. 141). Parte de uma visão atomista para os estados microscópicos dos sistemas definidos para cada molécula por uma posição e uma velocidade e considera que os sistemas evoluem para macroestados cada vez mais prováveis, isto é, mais desorganizados e uniformes a nível microscópico. A entropia é uma medida desse número de microestados. No início da década de 1870, Boltzmann tinha adoptado o ponto de vista de que a segunda lei da termodinâmica era um teorema estatístico, que

não podia ser derivado como uma lei estritamente dinâmica. A seguir ao estudo que fez da teoria dos gases de Maxwell, Boltzmann publicou uma série de trabalhos em que desenvolvia o tratamento que Maxwell dera à teoria estatística dos movimentos moleculares usando a lei de distribuição da velocidade para formular uma prova estatística da segunda lei da termodinâmica. Numa comunicação de grande importância sobre o equilíbrio térmico das moléculas de gás, publicado em 1872, apresentou uma prova geral da característica única da lei de distribuição de Maxwell, demonstrando que, qualquer que fosse o estado inicial de um gás, a lei de distribuição da velocidade de Maxwell descreveria o seu estado de equilíbrio (Harman; 1982, p. 142). Boltzmann também derivou uma fórmula que exprimia o aumento da entropia de um sistema isolado, sempre que ocorresse um processo irreversível. Este resultado, mais tarde chamado ‘teorema H’, empregava a lei de distribuição estatística dos movimentos moleculares para estabelecer o conceito do aumento irreversível da entropia. Boltzmann usou, portanto, uma análise estatística dos movimentos moleculares para estabelecer a segunda lei da termodinâmica. Todavia, não considera, desde logo a segunda lei da termodinâmica como uma lei essencialmente estatística da natureza. A sua formulação do teorema H sustentava que a entropia aumentaria necessariamente nos processos irreversíveis e o aumento da entropia era expresso como uma certeza e não como uma probabilidade. O problema em questão era a situação conceptual da irreversibilidade e a relação entre as leis da dinâmica e a irreversibilidade dos processos naturais, sustentada pela segunda lei da termodinâmica. Boltzmann confrontou o problema em resposta às críticas apresentadas por Josef Loschmidt (1821-1895). O argumento de Loschmidt, mais tarde chamado ‘paradoxo da irreversibilidade’, era que a irreversibilidade era uma característica contingente, e não necessária, do mundo natural. O movimento de um sistema de partículas em direcção a um estado de equilíbrio seria acompanhado por um aumento da entropia; como as equações do movimento das partículas não variavam com o tempo, a inversão de tempo destes movimentos do estado de equilíbrio para um estado menos uniforme seria acompanhado por uma diminuição da entropia. Boltzmann amplificou a declaração de Loschmidt sobre o assunto, para tentar clarificar as suas próprias ideias, sublinhando que o aumento irreversível da entropia não podia derivar das leis da mecânica, porque as equações do movimento das partículas não eram afectadas pela inversão do tempo.

Num importante trabalho sobre a ligação entre a segunda lei da termodinâmica e a teoria da probabilidade, publicado em 1877, Boltzmann amplificou esta interpretação da entropia, enunciando a relação entre a entropia de um sistema e as configurações moleculares possíveis do sistema. Definiu a segunda lei da termodinâmica como uma lei estatística, sendo a entropia de um sistema uma medida da sua probabilidade. O aumento da entropia nos processos naturais correspondia à tendência dos sistemas para alcançar a distribuição molecular mais provável. A segunda lei da termodinâmica dizia assim, que a irreversibilidade dos processos naturais era consequência da tendência dos sistemas para alcançar o estado termodinâmico mais provável, o estado de equilíbrio térmico. O aumento irreversível da entropia na natureza caracterizava-se, portanto, como sendo uma lei irredutivelmente estatística.

Boltzmann mantinha a sua defesa intransigente da inteligibilidade da visão mecânica da natureza, propondo modelos da estrutura molecular, num esforço para apoiar a coerência conceitual da teoria cinética dos gases, que fornecia uma teoria de movimentos moleculares, paradigma para a visão mecânica da natureza. Ao estabelecer os conceitos de entropia e irreversibilidade através de uma teoria estatística dos movimentos moleculares, tentava interpretar a segunda lei da termodinâmica dentro da ontologia da visão mecânica da natureza.

O aparecimento da nova disciplina de ‘química-física’, na década de 1880, estava intimamente ligado ao desenvolvimento da termodinâmica química, e especialmente ao estudo da teoria das soluções. Jacobus Henricus van't Hoff (1852-1911) argumentou que havia uma analogia entre as soluções químicas diluídas e os gases, e desenvolveu uma abordagem termodinâmica da química das soluções. Svante Arrhenius (1859-1927) aplicou o conceito electroquímico da dissociação de certos compostos químicos em ‘iões’ carregados à teoria das soluções, relacionando o grau de dissociação com a diluição. Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) expandiu as mesmas ideias, e estes químicos desenvolveram uma teoria sistemática das soluções baseada nos conceitos de dissociação iônica e na analogia entre gases e soluções químicas, sublinhando a aplicação de conceitos termodinâmicos ao estudo dos processos químicos. Este programa de investigação formou a base da química-física.

Ostwald elaborou um programa termodinâmico até formar uma teoria geral da ‘energética’, procurando demonstrar que o uso de conceitos atomistas para explicar a



termodinâmica era um erro. Argumentou que a tarefa futura da ciência físico-química seria o desenvolvimento do conceito de energia. A energia era a única entidade real na natureza, e a matéria era um derivado, uma manifestação da disposição da energia. Ostwald opunha-se ao uso de conceitos atomistas na química, e rejeitava todos os conceitos associados, a teoria cinética dos gases e o programa de explicação mecânica na física. Embora Planck criticasse Boltzmann por ter fundamentado a entropia na teoria estatística dos movimentos moleculares, também rejeitou a opinião de Ostwald sobre o estatuto do conceito de energia. Ostwald considerava a entropia como uma quantidade que representava a dissipação da energia, mas Planck declarou que a segunda lei da termodinâmica não podia ser interpretada em termos do conceito de energia. Nos seus escritos sobre termodinâmica, Planck tinha tentado delinear a situação conceptual da entropia, sublinhando o significado crucial da irreversibilidade e a importância da entropia para dirigir os processos naturais, em vez de procurar uma interpretação da entropia segundo uma teoria dos movimentos moleculares. Em resposta aos argumentos de Ostwald, Planck sublinhou que qualquer tentativa para explicar a irreversibilidade teria de distinguir entre os valores da entropia dos estados inicial e final dos processos irreversíveis (Harman; 1982, p. 147).

Boltzmann e Planck concordavam em fazer notar o fracasso da ‘energética’ de Ostwald em dar uma explicação adequada para a importância fundamental da entropia, mas enquanto Boltzmann continuava a apresentar a sua interpretação da entropia e da irreversibilidade como conceitos essencialmente estatísticos, Planck criticava a interpretação probabilística da entropia. Nos seus escritos sobre a termodinâmica, na década de 1890, expôs a ideia de que a segunda lei da termodinâmica possuía uma certeza absoluta, evitando uma interpretação estatística da entropia, mas como resultado do seu estudo sobre a irreversibilidade dos processos de radiação (que levou à sua introdução da teoria quântica em 1900), Planck adoptou uma interpretação probabilística da entropia, acabando por abandonar o seu compromisso a favor da validade absoluta da segunda lei da termodinâmica e aceitando a percepção completamente estatística que Boltzmann tinha da referida lei.

Repare-se que no virar do século XIX os modelos cinéticos já não são apenas um simples modo de interpretar relações experimentais já conhecidas, estando associados á física de ponta, à exploração de um mundo de entidades discretas para além dos

fenómenos contínuos e observáveis. A radioactividade de Rutherford requer a cinética. Em 1887 Van't Hoff utilizou um modelo cinético para estudar a pressão osmótica e o químico sueco Svante Arrhenius interpretou a condutibilidade eléctrica das soluções salinas supondo que o sal em solução está de facto dissociado em dois tipos de partículas independentes, umas carregadas positivamente e outras negativamente - os iões. Os iões permitem assim unificar o campo da electroquímica com aquele, muito mais antigo, da química dos sais, dos ácidos e das bases. Na física, é na pesquisa sobre a descarga eléctrica em gases e no estudo de um outro fenómeno natural, a radioactividade, que a realidade do átomo se acabará por fundamentar e vão permitir que se diga como Jean Perrin:

«La théorie atomique a triomphé. Nombreux encore naguère, ses adversaires enfin conquis renoncent l'un après l'autre aux défiances qui longtemps furent légitimes et sans doute utiles»
(Perrin, 1948).

2.4. O estudo das descargas eléctricas em gases

Os trabalhos de descargas eléctricas em gases, a descrição das suas propriedades, a sua relação com a corrente eléctrica, juntamente com a radioactividade, constituem a base experimental da descoberta da complexidade da estrutura atómica.

As primeiras notícias de descargas eléctricas através de gases rarefeitos datam do século XVIII e as primeiras investigações quantitativas sobre este fenómeno ficaram a dever-se a Gottfried Heirich Grummert e William Watson (Dahl, P., 1997), escrevendo este

«It was a most delightful spectacle, when the room was darkened, to see the elctricity in its passage: to be able to observe not, as in the open air, its brushes or pencils of rays na inch or two in length, but here the coruscations were of the whole length of tube between the plates, that is to say, thirty-two inches» (Watson, W, 1750).

Um século volvido e Faraday (1791-1862) iniciou um conjunto de experiências no sentido de medir o poder indutor específico dos gases e estudou a descarga em gases rarefeitos. Em 1838, observou manchas fosforescentes a deslocarem-se nas paredes do vidro e verificou que à medida que diminuía a pressão do gás no tubo, alargava a zona luminosa de descarga até que, para um valor suficientemente baixo da pressão, a luminosidade enchia a totalidade do tubo onde se dava a descarga excepto numa região junto ao cátodo que é conhecida pela designação de «espaço obscuro de Faraday» (Pais, Abraham; 1988, p.79)

Se entre os dois acontecimentos referidos muito pouco se avança no estudo destes fenómenos, isso ficou a dever-se a três dificuldades essenciais que se manifestam nas condições em que as experiências decorrem: primeiro, os valores da diferença de potencial a estabelecer entre os eléctrodos (a constituição destes); segundo, o nível de pressão do gás no interior do tubo; terceiro, o material e as dimensões dos tubos de vidro (Pais, Abraham; 1988).

A primeira dificuldade, ou aquilo que era alcançado de um modo rudimentar através de uma associação de baterias, passa a ser conseguido, após 1850, pela aplicação de uma Bobina de Indução de Ruhmkorff², nome do homem que, pela primeira vez a construiu. Esta bobina é constituída por dois enrolamentos, o primário e o secundário, e um núcleo de ferro macio. Magnetiza-se o núcleo através de uma passagem de corrente continua no primário que é interrompida bruscamente por acção de um interruptor. O núcleo vai sofrer uma desmagnetização, o que provoca nos terminais do secundário o aparecimento de uma força electromotriz considerável. É este potencial eléctrico que passará a ser utilizado nas descargas.

A segunda dificuldade relaciona-se com o facto de as técnicas de obtenção do vazio até então utilizadas permitiam uma pressão à volta de 1mmHg, sendo necessário atingir pressões cuja ordem de grandeza é 0,01mmHg (Dahl, P.;1997 e Pais; 1988). A terceira dificuldade reside na forma dos tubos e, sobretudo na ligação dos eléctrodos ao vidro. Se a primeira dificuldade fora resolvida à custa de um aparelho eléctrico, as outras duas resolver-se-ão em conjunto à custa do engenho técnico de Heinrich Geissler (1824-1879)³. Em 1858, Julius Plücker (1801-1868), matemático e professor da Universidade de Bona que em 1847 se vira para a física experimental, utiliza a habilidade manual e os conhecimentos de Geissler, que lhe construía os tubos de gases rarefeitos para os seus estudos sobre descargas nos gases (tubos que o próprio Plücker, a partir de 1857, passou

² Henrique Daniel Ruhmkorff (1801-1877), mecânico alemão que se dedicou à construção de instrumentos electromagnéticos, galvanómetros e aparelhos de indução. Fundou em Paris, em 1839, uma fábrica de aparelhos electromagnéticos, que veio a ter grande nomeada. Em 1851 inventou uma bobina que lhe deu a celebridade e que ficou conhecida pelo nome de bobina de Ruhmkorff. Foi a bobina de Ruhmkorff que permitiu a Röntgen, em 1895, a descoberta dos raios X e sugeriu, a Hertz, em 1888, a sua demonstração das ondas electromagnéticas; a Marconi, em 1896, a transmissão de sinais de telegrafia sem fios; permitiu a Zeeman nesse mesmo ano, descobrir o efeito de Zeeman; a J. J. Thomson, em 1897, a determinação da relação e/m dos electrões.

³ Filho de um Soprador de Vidro, que ensinou o ofício ao filho, estabeleceu-se com uma pequena fábrica de aparelhos científicos em Bona. Tornou-se um prestigiado construtor de instrumentos e técnico que, em

a designar por ‘tubos de Geissler’), e identifica a fluorescência do vidro no local oposto a um dos eléctrodos, tendo sido o primeiro a fazê-lo.

Os tubos de Geissler eram constituídos por vidro muito fino e de diferentes formas (cilíndricos e elipsoidais abaulados esfericamente nas extremidades) e os eléctrodos de platina estavam «soldados» por fusão directa sobre o vidro (figura 2.1). Esta maneira de ligar os eléctrodos ao vidro permitia um melhor nível de vazio. Os tubos eram cheios de diferentes gases a baixa pressão. Para obter melhores condições de vácuo, Geissler aplicou aos tubos uma bomba de mercúrio criada por si.

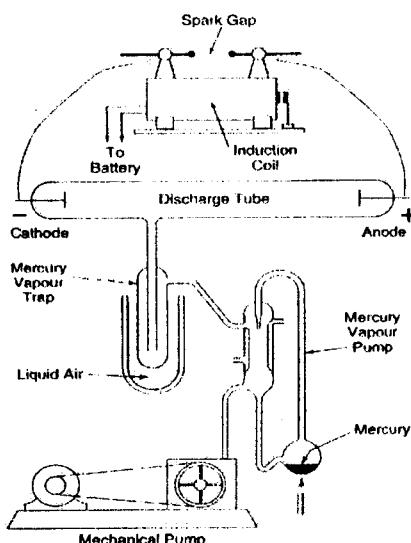


Figura 2.1

Munido deste aparato experimental, Plucker realizou inúmeras observações cujos resultados apresentou numa série de artigos (Pais, Abraham; 1988, p.79), onde mostrou que, à medida que a pressão baixava, o cátodo aparecia envolto por um halo luminoso, cuja cor dependia da natureza do gás, e era separado do cátodo por um espaço escuro que era tanto maior quanto maior era a rarefacção da atmosfera interior do tubo.

Johann Wilhelm Hittorf (1824-1914)⁴, discípulo de Plücker, progride nesta linha de investigação e mostrou que a região brilhante junto ao cátodo diminuía rapidamente com a pressão, e que, para uma dada pressão, esta região se afasta do cátodo à medida que a sua superfície diminui. Demonstrou ainda que a radiação, com ponto de partida no cátodo de um tubo de vácuo, produz fluorescência no local de incidência no vidro do

1858, construiu um tubo de vidro, no qual, depois de ter feito parcialmente o vácuo, provocava uma descarga eléctrica.

tubo, é desviada pelo campo de um imã e, qualquer que seja a sua natureza, propaga-se em linha recta do cátodo à parede do tubo (Dahl, P.; 1997, p.55).

Em 1876, Eugen Goldstein (1850-1930)⁵, um discípulo de Helmholtz, observou que ao interpor no percurso dos raios obtidos por Hittorf um corpo sólido, uma cruz de mica por exemplo, este obstáculo detém-no e projecta sobre a parede iluminada uma sombra também em forma de cruz, o que parecia confirmar o papel emissor do cátodo (como se o cátodo fosse uma fonte luminosa). Goldstein lançou então a ideia de uma «radiação catódica» e, devido à propagação rectilínea desta radiação, passou a designá-la por raios catódicos (Pais; 1988, p.80). Daí que

«despite the apparent distinction thereby implied between the manner in which the cathode rays are emitted from the cathode surface and that light from the surface of a filament, Golstein, Hittorf, and most of their German colleagues were persuaded from their shadow-casting properties, whether from a point source or from extended objects, that the rays consisted of some kind of electromagnetic wave in aether» (Dahl, P.; 1997, p.57)

Os sucessos obtidos pelos físicos experimentalistas da Alemanha difundem-se pelos meios científicos europeus, nomeadamente em Inglaterra onde os experimentadores da Royal Society procuram adquirir os novos instrumentos: os tubos de Geissler e as bobinas de Ruhmkorff.

Em Inglaterra é Sir William Crookes (1832-1919)⁶ que, no seguimento do trabalho de Faraday, fez muitas experiências, e mais precisas, e estabelece algumas das principais propriedades dos raios catódicos (Pais, Abrahan; 1988, p. 80). Os tubos foram aperfeiçoados e as técnicas de vácuo refinaram-se: mediante uma nova bomba de vácuo desenvolvida por Hermann Johann Philipp Sprengler⁷, passando a obter-se níveis de vácuo no intervalo de pressão 10^{-3} - 10^{-4} mmHg. Crookes desenvolveu algumas experiências notáveis que lhe permitiram concluir sobre a deflexão magnética dos raios.

Uma das suas experiências mais interessantes é obtida à custa de um pequeno molinete ultra-sensível colocado no tubo e que se punha em marcha sob a ação dos raios saídos do cátodo, com isto demonstrava definitivamente a existência de radiação

⁴ Obteve em 1846 o doutoramento em Bona, é professor química e física, a partir de 1847, da Academia Real de Munster.

⁵ Sob a direcção de Helmholtz obteve em 1881 o doutoramento em Berlim para, em seguida, ser colocado como físico no Observatório de Potsdam.

⁶ Físico e Químico Inglês que inventou o radiômetro e aperfeiçoou os tubos com o seu nome.

invisível proveniente do cátodo. Este aparato experimental vai sofrer várias modificações (o molinete funciona como ânodo) no sentido de entender a causa do movimento, a sua relação com a radiação. Este assunto foi objecto de controvérsia, contudo em 1879, perante a Royal Society, Crookes declarava

«The phenomena in these exhausted tubes reveal to physical science a new world - a world where matter may exist in a fourth state, where the corpuscular theory of light may be true, and where light does not always move in straight lines» (Crookes, W., 1879, *Chem. News*, v.40, 127, in Pais, Abrahan; 1988, p. 80).

Em Berlim, sob a orientação de Helmholtz, já Goldstein se aventurara nas experiências sobre raios catódicos e, agora, um novo discípulo daquele nome grande da física alemã, Hertz (1857-1896)⁸, vai procurar aprofundar a natureza dessa radiação. Nos seus trabalhos de 1883, a sua primeira ideia era provar que a natureza da radiação em causa não «era um comboio de cargas eléctricas» (Dahl, P.; 1997, p.80), mas, ao contrário, a sua natureza era contínua. Os raios pareciam ser um efeito secundário produzido pela corrente eléctrica no gás ou no vidro. Para Hertz, como para Goldstein, os raios não eram propriamente uma corrente eléctrica mas uma perturbação do éter no sentido preconizado pela teoria de Maxwell (Dahl, P; 1997, p.80). A deflexão magnética sofrida pelos raios não se encaixava bem na concepção de Hertz, no entanto ele procurou justificá-la. Estes trabalhos de Hertz parecem ter convencido Helmholtz que em Londres, perante um auditório de químicos, afirmava:

«If we accept the hypothesis that the elementary substances are composed of atoms, we cannot avoid concluding that electricity also, positive as well as negative, is divided into definite elementary quanta, which behave like atoms of electricity» (Helmholtz, H., 1881, *Chemical Society Journal*, 39, 277-304, in Dahl, P.; 1997, p.80)

Hertz, contrariamente ao que pensava Crookes sobre a natureza corpuscular dos raios catódicos, vai tentar provar que estes não podiam ser detidos por barreiras impenetráveis a partículas com as dimensões atómicas. As conclusões são um pouco surpreendentes: alguns materiais eram atravessados, outros não; materiais opacos à luz eram atravessados pelos raios, enquanto outros, transparentes, não o eram (Dahl, P.;

⁷ Construtor alemão de instrumentos que trabalhou durante algum tempo com Bunsen em Heidelberg, tendo-se, ainda muito novo, mudado para Inglaterra onde passou a colaborar com a Royal Society e a Universidade de Oxford.

⁸ Físico alemão que demonstrou experimentalmente, a existência das ondas electromagnéticas, em 1887. Os seus estudos foram a confirmação das previsões teóricas de Maxwell sobre a teoria electromagnética da luz.

1997, p.83). Estas conclusões levaram P. Lenard (1862-1947), assistente de Hertz, prosseguindo os trabalhos deste, a estudar o comportamento dos raios catódicos num meio diferente do da sua produção (Salgueiro, Lídia; 1996, p. 83). Lenard verificou que uma parte dos raios catódicos atravessava a janela do tubo, a «janela de Lenard», e espalhavam-se no ar à distância de alguns centímetros (raios Lenard), produzindo fluorescência em várias substâncias. Lenard estudou ainda a acção de um imã sobre os raios que saíam do tubo e observou que apenas uma parte destes raios era desviada e que originavam uma mancha fluorescente num alvo, o que permitia observar qualquer desvio. Este resultado parecia indicar a presença de dois tipos de radiações, um não desviado por campos magnéticos e outro desviado pelos referidos campos. Os estudos de Lenard sobre a transmissão dos raios no vazio e no ar, o seu comportamento perante o campo magnético e eléctrico, levaram-no a concluir, em 1894, pela natureza não corpuscular desta radiação.

Lenard fez ainda experiências utilizando placas fotográficas contidas numa caixa fechada e verificou que após irradiação com os pressupostos raios catódicos as placas ficavam impressionadas. Um exame mais atento tê-lo-ia levado à descoberta dos raios X.

Surge, em 1895 a propósito da natureza dos raios catódicos, uma curiosa controvérsia que mostra que factores de variá ordem estão presentes na criação e no desenvolvimento da Ciência. Hertz e a maioria dos físicos alemães como Goldstein, Wiedemann e Lenard viam os raios catódicos como ondas (que se propagavam no éter); enquanto os físicos ingleses, como Crookes e J. J. Thomson atribuíam uma natureza corpuscular aos mesmos raios.

~~Em 1894, J. J. Thomson, determina a velocidade dos raios catódicos, o que já Tait (na Escócia) e Goldstein (na Alemanha) tinham tentado determinar, partindo da conjectura:~~

«If we take the view that the cathode-rays are ethereal waves, we should aspect them to travel with a velocity comparable with that of light; while if the rays consist of molecular streams, the velocity of these rays will be the velocity of the molecules, which we should expect to be very small than that of light.» (Thomson, J.J., 1894).

Thomson obtém, como valor para a velocidade desta radiação, 200 kms^{-1} , um valor errado (duas ordens de grandeza inferior ao que mais tarde será determinado) mas

claramente inferior ao da velocidade da luz, o que contrariava as expectativas de Hertz e Lenard.

É Jean Perrin que, em 1895, no seu primeiro artigo de investigação que resultou de uma comunicação à Academia, reconhecendo as duas posições sobre a natureza desta radiação (radiação electromagnética de baixo comprimento de onda como defendia a escola alemã, ou corpúsculos carregados electricamente e animados de uma grande velocidade) vai mostrar experimentalmente que os raios catódicos têm carga negativa (Perrin, J.; 1895). O cerne da sua experiência resume-se em colocar no interior do tubo, junto ao ânodo, um cilíndrico metálico, ligado a um electroscópio, que vai funcionar como colector das cargas transportadas pelos raios catódicos. Perrin demonstrou ainda que os raios catódicos transportam cargas eléctricas negativas, que atravessam uma folha metálica, são atraídos por um corpo carregado positivamente e repelidos por um corpo carregado negativamente e emitiu uma hipótese que podemos chamar profética: se os projectéis catódicos são constituídos por iões formados depois da rotura de certas moléculas em regiões onde o campo eléctrico é intenso, estes iões devem transportar uma carga idêntica à transportada na electrólise. As experiências de Townsend (1868-1957) vieram, mais tarde, a verificar esta hipótese (Townsend; 1901).

Crookes já tinha admitido, com as suas experiências sobre raios catódicos, que eles eram constituídos por partículas materiais muito mais pequenas que os átomos e animadas de grandes velocidades. Antes dele, em 1874, J. Stoney (1826-1911) tinha emitido hipóteses análogas sobre estes corpúsculos a que tinha chamado electrões (Stoney, G. J.; 1868).

Impõe-se uma pausa para sublinhar dois pontos importantes: primeiro, as investigações conduzidas por Thomson, a par da descoberta de Perrin, ou a hipótese atómica dos raios catódicos, vão conduzir à descoberta da primeira partícula atómica; as descobertas de Lenard e a progressão da sua investigação através de Röntgen, conduzirão à descoberta dos Raios X, instrumento primordial na investigação da constituição atómica da matéria. Por ordem inversa abordaremos estas duas questões.

2.5. Os raios X

As experiências de Lenard sobre os raios catódicos interessaram Wilhelm Conard Röntgen (1845-1923), professor de física da Universidade de Würtzburg, que as procura repetir. No verão de 1895 montou um aparato destinado à investigação dos raios

catódicos; o equipamento consistia numa ampola de vácuo e uma potente bobina de Ruhmkorff. Depois de enviar a descarga eléctrica produzida pela potente bobina de indução para o seu tubo de Crookes, cuidadosamente envolvido em papel negro, Röntgen ficou surpreendido com a fluorescência de um ecrã de platino-cianeto de bário abandonado em cima da mesa e pela persistência dessa fluorescência quando o ecrã era afastado dois metros; distância superior àquela que os raios catódicos percorriam no ar. Röntgen teve a intuição que a emissão proveniente do tubo deveria ser análoga a uma luz. Não sendo raios catódicos, qual seria a explicação para aquela misteriosa luz?

A história pormenorizada desta descoberta foi relatada por H. J. Dam em Abril de 1896 que pediu a Röntgen para descrever a sua descoberta. Eis uma parte da descrição da experiência que então fez:

«No dia 8 de Novembro de 1895 estava a trabalhar com um tubo de raios catódicos completamente tapado com cartão preto, absolutamente opaco aos raios luminosos e às radiações ultravioletas. Perto estava um alvo, coberto com platino-cianeto de bário. Quando passou a corrente através do tubo de raios catódicos observei no alvo uma forte luminescência. O efeito só podia produzir-se pela passagem de luz através do cartão que cobria o tubo; no entanto o cartão protegia o tubo completamente, e portanto, não havia qualquer possibilidade de haver passagem de luz.» (Salgueiro, Lídia; 1996, p. 82-106)

Dam perguntou então a Röntgen o que tinha pensado após a observação desse facto ao que Röntgen respondeu:

«Eu não pensei, eu investiguei. Conclui que a luz vinha do tubo e originava fluorescência no papel. Fiz vários ensaios. Em alguns minutos não tinha qualquer dúvida sobre a conclusão a que havia chegado. Os raios vinham do tubo, que produzia uma luminescência sobre o papel. Tentei sucessivamente ir colocando o papel com platino-cianeto de bário a distâncias maiores, até 2 metros, e o efeito continuava a produzir-se. Parecia que pela primeira vez era detectada uma nova espécie de luz invisível. Era certamente qualquer coisa nova, qualquer coisa ainda não detectada.» (Salgueiro, Lídia; 1996, p. 82-106)

Entusiasmado com as questões em aberto Röntgen isola-se no seu laboratório e lança-se a um trabalho febril pois, para além da sua indesmentível paixão pela pesquisa científica, tinha consciência de que os raios que descobrira se produziam diariamente em muitos laboratórios em todo o mundo, pelo que havia o risco de outro cientista se adiantar sobre as suas descobertas. Consegue então explicar que a luz que tanto o intrigou era, afinal, produto da acção, sobre o material fluorescente, de um tipo de radiação até aí desconhecido. A origem dessa emissão situa-se no ponto de impacto do

feixe catódico com a parede do tubo que se torna fluorescente, no entanto, não conseguiu definir a natureza dos novos raios. Várias analogias, imediatamente verificadas, apoavam a hipótese de uma radiação análoga à luz: propagação rectilínea, variação da intensidade segundo o inverso do quadrado da distância, ausência de desvio pelo campo magnético, propriedades químicas destacando-se a formação de uma imagem latente na camada fotográfica. Pelo contrário essa emissão diferia estranhamente da luz pois a vista não a percebe, excita a fluorescência do platino-cianeto de bário, não produz efeito calorífico, não sofre reflexão, refracção, polarização ou concentração por uma lenticula, nem interferência.

No decurso das investigações realizadas por Röntgen, surgiu-lhe a ideia de que se os raios X podiam atravessar o vidro da ampola e o cartão preto que a revestia, também podiam passar através de outras substâncias. Experimentou, assim, outros materiais – madeira, vidro, metal, um livro, etc. Era natural que Röntgen experimentasse também a permeabilidade em si mesmo e fosse o primeiro a ter a visão radioscópica dos próprios ossos.

Entretanto Röntgen deparava-se com outro problema: o de documentar em definitivo as imagens que via no ecrã fluorescente. Como sabia que os raios catódicos impressionavam as películas fotográficas, não hesitou em tentar o mesmo processo. E foi assim que nasceu o método radiográfico. Ficaram célebres, por exemplo, as radiografias que obteve de uma porta de madeira pintada a alvaiade, de um fio metálico enrolado em torno de uma bobina, de uma bússola, de lâminas de metais diversos, e depois, a 22 de Dezembro de 1895, a da mão da sua mulher, Ana Berta. A radiografia da mão de Ana Berta, com o seu anel, veio a ser mundialmente famosa e foi o primeiro passo da maior revolução que a Medicina registou até essa data.

Uma vez concluída a investigação original, havia que anunciá-la ao mundo científico com toda a rapidez⁹. É então publicada na revista *Sitzungsberichte* da

⁹ A mais prestigiada revista alemã de Física, os *Annalen der Physik und Chemie*, acolheria seguramente o trabalho de Röntgen (onde já tinha publicado numerosos artigos) mas os prazos de publicação eram dilatados. Por isso Röntgen opta por dirigir-se à Sociedade de Física e Medicina de Wurzburg (*Physikalisch-Medicinischen Gesellschaft*), da qual era membro há 25 anos, na intenção de apresentar uma comunicação oral que seria depois publicada nos Anais da Sociedade. Porém, quando, em 28 de Dezembro de 1895, se dirigiu ao Presidente da Sociedade, verificou que só no dia 23 de Janeiro seguinte teria oportunidade de fazer a comunicação oral. Röntgen desejava que a descoberta fosse registada como tendo ocorrido em 1895. Assim, atento certamente à magnitude da descoberta, o presidente daquela sociedade concordou em publicar logo o texto.

Physikalisch-Medicinichen Gesellschaft de Würzburg, com data de fim de Dezembro de 1895 e com o título: “*Sobre de uma nova espécie de raios*” onde expunha sumariamente o problema físico dos raios X e descrevia, não sem estupefacção, as radiografias do esqueleto da mão. As provas tipográficas são-lhe entregues a 1 de Janeiro de 1896 e, de imediato, Röntgen envia cópias e radiografias a alguns físicos e médicos da Europa, e um americano, com os quais há muito mantinha correspondência. Estes escreveram ou telegrafaram aos seus colegas e amigos. Um deles, de Viena, promove logo uma pequena reunião com colaboradores e amigos, a quem mostra o material recebido de Röntgen. Entre estes estava o filho do Director do jornal Die Presse. É assim que em Viena, e através do aludido jornal, a notícia surge publicada pela primeira vez, a 5 de Janeiro de 1896. O efeito produzido é o de uma bomba. A repercussão do artigo na revista Sitzungsberichte foi imediata e universal. A publicação da descoberta na imprensa ocorreu ainda em Janeiro de 1896: no dia 6 em Inglaterra, a 7 na América, a 13 em França e no dia 27 em Portugal. Deu-se pois, um facto único na história das Ciências. Antes das austeras publicações científicas darem notícia ao mundo da Ciência, que só começou a 23 de Janeiro de 1896 com a reprodução do memorando de Röntgen nas revistas científicas mundiais, ela chega com rapidez alucinante a todos os cantos do Globo...¹⁰

Röntgen fez a sua primeira comunicação em 23 de Janeiro de 1896 na Physikalisch-Medicinichen Gesellschaft, presidida, nesse dia, pelo fisiologista Koelliker. Depois de uma brilhante demonstração, que entusiasmou a assistência, Röntgen pediu a Koelliker a permissão de fotografar a sua mão. Koelliker acedeu prontamente e Röntgen fez passar um feixe da Raios X através da mão do Professor. A obtenção da radiografia da sua mão provocou tremendo aplauso da assistência e foi o momento de real importância histórica¹¹. Sobre a origem e natureza desta radiação Röntgen expusera:

¹⁰O primeiro comentário publicado no jornal inglês, *Nature*, apareceu em 16 de Janeiro de 1896, com referências cépticas e reservadas. No entanto os cientistas que haviam recebido as cópias e estavam plenamente convencidos.

¹¹Em Março de 1896 Röntgen fez a sua segunda comunicação à Physikalisch-Medicinichen Gesellschaft, que foi publicada na revista Sitzungsberichte, em 1896, com a fotografia da mão do Prof. Koelliker. Fez ainda uma terceira comunicação. Em 1 de Janeiro de 1898 apareceu uma reimpressão na revista Annalen com data de Dezembro de 1895. A mesma revista continha uma reimpressão da segunda e terceira publicações de Röntgen.

«... Se se fazem passar as descargas de uma forte bobina de Ruhmkorff através de um tubo vazio de Hittorff, num tubo suficientemente vazio de ar de Lenard ou de Crookes, ou um aparelho análogo, e se cobre o tubo com uma manga de cartão fino e negro bastante justa, vê-se um alvo de papel, colocado próximo do aparelho, na obscuridade completa, recoberto de platinocianeto de bário, brilhar vivamente e tornar-se fluorescente (...) o que impressiona neste fenómeno é que o cartão preto, absolutamente impenetrável aos raios visíveis ultravioletas do espectro, deixa passar um agente capaz de provocar uma viva fluorescência (...) Depressa se descobre que todos os corpos são transparentes para este agente, mas em graus muito diversos (...) Existe ainda uma diferença muito notável entre os raios catódicos e os raios X que reside no facto de me ter sido absolutamente impossível, apesar de todos os esforços, obter um desvio qualquer dos raios X por meio de um imã, mesmo empregando campos magnéticos muito intensos (...)» (in Gibert, Armando; 1982, p.74).

Röntgen foi o primeiro galardoado com o Prémio Nobel da Física, recebeu-o em 1901.

Um mundo de pesquisas até então inconcebíveis acabava de se revelar aos físicos, aos médicos, aos biólogos, aos engenheiros e aos técnicos. A partir desse momento, não houve dia que não trouxesse vários estudos novos, no entanto e apesar de, em todo o mundo, se terem iniciado, desde logo, inúmeras experiências com os raios X, foi preciso esperar quase vinte anos até que, em 1912, Max von Laue (1879-1960), utilizando cristais, mostrou a difração dos raios X, demonstrando assim a natureza ondulatória dos novos raios, muito semelhantes à luz visível, mas com comprimento de onda mil vezes mais pequeno¹². Por este trabalho foi atribuído a Max von Laue o Prémio Nobel da Física em 1914 (Gibert, Armando; 1982, p.80).

Sir William Bragg (1879-1960) e o seu filho W. L. Bragg (1890-1971) prosseguiram os trabalhos de Max von Laue, tendo, contudo em vista, utilizar os raios X como incomparável meio de estudar as formas cristalinas, trabalho que lhe valeu o Prémio Nobel da Física em 1915. Em 1914, Moseley (1860-1942) estabeleceu uma lei que vem relacionar os raios X com a natureza atómica da matéria. Pode dizer-se que

«outras descobertas (...) contribuíram ainda para fazer dos raios X um muito fértil agente nas investigações da natureza mais íntima da matéria». (Gibert, Armando; 1982, p.80)

¹² O trabalho de von Laue era de grandes consequências, porque ampliava consideravelmente a escala das ondas. Esta escala estivera limitada às radiações visíveis; depois estendera-se ao ultra-violeta e ao infra-vermelho; Hertz acrescentara-lhe em seguida as ondas eléctricas; com Röntgen e Laue, recebia uma nova extensão, desta vez do lado do infinitamente pequeno. Existiam ainda lacunas: a ligação entre as ondas eléctricas e infra-vermelhas só deveria ser realizada em 1923, pelos americanos Ernest-Fox-Nichols

2.6. O electrão e o anúncio do primeiro modelo atómico

Como resultado do estudo sobre descargas eléctricas em gases a baixas pressões J. J. Thomson já publicara, em 1894, um artigo onde mostrou que a velocidade de propagação dos raios catódicos era consideravelmente mais pequena que a velocidade da luz, o que corroboraria a sua natureza corpuscular. É na tentativa de determinar a velocidade desta radiação que se procura esclarecer as características essenciais desta radiação.

Em 7 de Janeiro de 1897, E. Wiechert (1864-1928), no decorrer de uma lição, apresentou as conclusões, retiradas das suas observações experimentais, sobre a natureza dos raios catódicos:

«It showed we are not dealing with the atoms known from chemistry, because the mass of the moving particles turned out to be 2000-4000 times smaller than the one of the hydrogen atoms, the lightest of the known chemical elements» (in Pais, Abrahan; 1988, p. 82)

Perante a sua audiência apresentou a sua demonstração experimental, onde um tubo de raios catódicos estava colocado num campo magnético H cuja direcção era perpendicular à direcção de propagação dos raios. Os raios sofriam um encurvamento segundo uma trajectória em que $mv = eHr/c$ onde r é o raio de curvatura da trajectória e v a velocidade dos raios, admite-se que $v > v_0$. É imediato que desta expressão se retira o valor e/m e Wiechert admitiu que a energia cinética da radiação catódica teria que obedecer a $mv^2 \leq 2eV$, em que V seria a diferença de potencial aplicada aos eléctrodos, logo $\frac{v_0 c}{Hr} \leq \frac{e}{m} \leq \frac{2Vc^2}{Hr^2}$. As grandezas H , V e r determinam-se experimentalmente, logo a razão e/m poderá ser conhecida desde que se saiba v_0 . Chegado a este ponto, pouco mais se poderia adiantar.

E a contribuição dos físicos alemães na determinação das características corpusculares dos raios catódicos não se fica por aqui, em Abril de 1897 Kaufmann publicou um artigo sobre a determinação da razão e/m dos raios catódicos. Admitiu que, num sistema de coordenadas $oxyz$, o feixe mover-se-iam segundo ox , o campo magnético H teria a direcção oy , logo os raios sofreriam um desvio segundo oz . equação

(1870-1924) e James D. Tear e a do ultra-violeta aos raios X só em 1920 e em 1928, pelos franceses F. Holweck (1890-1941, assassinado em Paris pelos Nazis) e Jean Thibaud (1901-1960).

do movimento é dada por $m \frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{e}{c} Hv$, admitindo ainda, tal como o fizera Wiechert,

que $mv^2 = 2eV$, obtinha para solução $z = H \frac{x_0^2}{2c} \sqrt{\frac{e}{2mV}}$. O valor x_0 correspondia ao

comprimento percorrido pelos raios na direcção ox . Experimentalmente Kaufmann mostrou que $z \propto V^{-1/2}$ e era independente da natureza do gás, daí que a razão e/m fosse uma constante e igual para todos os gases, conclusão que bastante o intrigou:

« This assumption is physically hard to interpret; for if one makes the most plausible assumption that the moving particles are ions then c/m should have a different value for each gaz (...) Thus I believe to be justified in concluding that the hypothesis of cathode rays as emitted particles is by itself inadequate for a satisfactory explanation of the regularities I have observed».

É a 8 de Fevereiro de 1897 que J.J. Thomson traz de novo à Cambridge Philosophical Society uma comunicação sobre as suas experiências de detecção da carga eléctrica e da medida do desvio magnético daqueles raios, contudo é a 30 de Abril de 1897, numa conferência na Royal Institution, que anuncia os resultados preliminares para a relação e/m dos raios catódicos. Discutindo os resultados experimentais obtidos por outros cientistas, em particular os de Lenard,

«We see that though the densities and the coefficients of absorption vary enormously, yet the ratio of the two varies very little, and the results justify, I think, Lenard's conclusion that the distance through which these rays travel only depends on the density of the substance (...)

Thus, from Lenard's experiments on the absorption of the rays outside the tube, it follows the hypothesis that the cathode rays are charged particles moving with high velocities, that the size of the carriers must be small compared with the dimensions of ordinary atoms or molecules (...)» (in Dahl, P.; 1997, p.163).

Nesta experiência, os raios catódicos penetram num colector metálico que está ligado a um electrómetro, o que permite medir a carga eléctrica depositada pela radiação catódica, no interior do qual se encontra um termopar que recebe a radiação, o que permite medir, na forma de calor, a energia cinética. Assim a energia cinética é dada por

$$W = \frac{1}{2} Nmv^2, \text{ em que } N \text{ é o número de partículas que chocam com o termopar e cuja}$$

carga total, medida no electrómetro, é $Q=Ne$, donde $\frac{W}{Q} = \frac{1}{2} \frac{m}{e} v^2$. Caso se determine v ,

conhecer-se-á de imediato a razão e/m . À semelhança do que fez Wiechert e Kaufmann, sujeitou o feixe à acção de um campo magnético, de tal modo que o raio de curvatura da

trajectória, determinado experimentalmente, é dado por $r = \frac{mv}{eH}$. Então $\frac{e}{m} = \frac{2W}{Qr^2H^2}$,

obtendo-se para a razão $\frac{e}{m} = 0,62 \times 10^7 \text{ emu} \cdot \text{g}^{-1}$. Concluindo:

«This is very small compared with the value 10^{-4} for the ratio of the mass of an atom of hydrogen to the charge carried by it (...)» (Thomson, J. J., 1897).

Em 7 de Agosto de 1897, Thomson entregou o seu artigo sobre as propriedades corpusculares dos raios catódicos à revista *Philosophical Magazine*, tendo sido publicado em Outubro. Neste artigo, a par do método anteriormente descrito na determinação da razão e/m , Thomson introduz um outro método e compara os resultados obtidos por diferentes vias. Este último método fazia uso de um campo eléctrico e um campo magnético cruzados, os seus valores eram tais que a soma das duas forças era nula, isto é, a força eléctrica $F_e = eE$ deverá ser igual à força de Lorentz, $F_m = Hev$, o que permite concluir sobre o valor da velocidade $v = E/H$. Tal como anteriormente a deflexão magnética permite conhecer o raio de curvatura da trajectória

$r = \frac{mv}{eH}$, logo $\frac{e}{m} = \frac{E}{H^2r}$ em que E , H , r são determinados experimentalmente. E após

apresentar a lista dos resultados, Thomson conclui sobre este último método

«is much less laborious and probably more accurate than the former» (...) » (in Dahl, P.; 1997, p.172).

Foi assim identificado experimentalmente o electrão embora Thomson tivesse preferido usar o termo “corpúsculo” em vez daquela designação¹³.

Segundo Thomson o átomo não é uma unidade de matéria indivisível mas é constituído por partículas elementares, por “átomos primordiais”. É neste contexto que introduz o termo “corpúsculo”. Nas suas palavras:

«nos tubos de gases rarefeitos as moléculas do gás são dissociadas e quebradas não em átomos químicos ordinários mas nestes átomos primordiais que chamarei, para abreviar, corpúsculos». (Benoit Lelong; 1997)

Em 1898, Thomson publicou os resultados experimentais para o valor da carga e , obtido por um método recentemente descoberto pelo seu colaborador, C. T. R. Wilson

¹³ Segundo Benoit Lelong (Benoit Lelong, 1997) os historiadores não estão de acordo com a data em que Thomson consentiu empregar o termo “electrão” em vez de “corpúsculo”. Terá sido em 1913 segundo Falconer, e 1937 segundo Fesser.

(1869-1959)¹⁴. Este método baseava-se no facto de partículas electricamente carregadas constituírem núcleos de condensação do vapor de água supersaturada. A medida de *e* feita por Thomson é uma das primeiras aplicações da técnica da câmara de nevoeiro de Wilson, sendo o resultado encontrado 30% mais elevado do que o valor que actualmente lhe é atribuído (Heilbron, J. L.; 1981). Thomson recebe o Prémio Nobel da Física de 1906.

2.7. A Radioactividade

A descoberta da radioactividade natural em 1896 por Antoine Henri Becquerel (1852-1909), foi uma consequência da descoberta dos raios X por Röntgen. O facto dos raios X partirem da zona fluorescente da parede de vidro da ampola de Crookes levou Henri Poincaré (1854-1912) a sugerir que se averiguasse se a fluorescência não seria sempre acompanhada de raios X (Gregoire, Raymond; 1948)¹⁵. Ao fazer experiências nesse sentido, com sais de urânio fluorescente, H. Becquerel verificou, em 1896, que esses sais emitem efectivamente uma radiação mas que esta não era proveniente da fluorescência, pois os compostos de urânio, colocados na obscuridade impressionavam chapas fotográficas embrulhadas em papel negro. Chamou a esses raios, raios urânicos. A comunicação conclusiva de Henri Becquerel à Academia das Ciências foi em 2 de Março de 1896, da qual transcrevemos um extracto

«(...) J'insisterai particulièrement sur le fait suivant qui me paraît tout à fait important et en dehors des phénomènes que l'on pouvait s'attendre à observer: les mêmes lamelles cristallines placées en regard de plaques photographiques, dans les mêmes conditions et au travers des mêmes écrans, mais à l'abri de l'excitation des radiations lumineuses incidentes et maintenus à l'obscurité, produisent encore les mêmes impressions photographiques(...)» (Becquerel, H.; 1896)

A emissão de radiações novas pelo urânio metálico chamada “radiação urânicas” ou “radiação de Becquerel” é o “primeiro exemplo” de um metal que apresenta um fenómeno do tipo de uma fosforecência invisível. Apresenta-se semelhante aos raios X emitidos pelo tubo de Crookes, em particular pelas suas propriedades ionizantes, mas difere deles por uma energia incomparavelmente mais elevada.

Becquerel mediu a absorção da radiação emitida, em várias substâncias, tendo concluído que os referidos raios não eram homogéneos; observou que as radiações

¹⁴ Wilson recebeu o Prémio Nobel da Física em 1923.

¹⁵ Raymond Gregoire foi Maitre de Conférences Adjoint à la Faculté des Sciences de Paris

emitidas pelos sais de urânio produziam a descarga de corpos ionizados e ionizavam o ar. Posteriormente, verificou que o urânio metálico originava os mesmos fenómenos com grande intensidade. Além disso previu que estas propriedades se deviam manifestar noutras substâncias (Gregoire, Raymond; 1948).

Marie Curie (1867-1934) escolheu para assunto da sua tese de doutoramento essa singular emissão de radiação invisível pelo urânio e, passou a investigar a existência de outros corpos dotados da mesma propriedade. Verificou (Curie Pierre, et al.; 1898) que um certo minério de pechblenda era, também fonte de uma irradiação análoga à do urânio, mas quatro vezes mais forte. Marie Curie e Pierre Curie (1856-1906), reuniram os seus esforços, imaginaram processos novos da “química do imponderável” controlada pelo grau de ionização dos produtos separados e concentrados e mandaram vir da Boémia algumas toneladas de pecheblenda. A 18 de Junho e 26 de Dezembro de 1898 anunciaram à academia de Ciências de Paris as descobertas sucessivas do polónio e do rádio, este milhões de vezes mais activo que o urânio. Marie Curie cria nessa ocasião o termo “radioactividade” para definir “a espontaneidade da emissão e o seu carácter atómico”.

Real mas invisível, o rádio será imediatamente identificado pelas raias do seu espectro de emissão, pelas suas propriedades químicas de alcalino-terroso, e em 1902, pela sua massa atómica. A 5 de Setembro de 1910, Marie Curie e André Debierne (1874-?) apresentam o rádio isolado em estado metálico.

Em 1903 Marie Curie edifica a teoria completa das transformações radioactivas segundo a qual os corpos radioactivos se sucedem uns aos outros; permanecem em equilíbrio quando a produção é igual à destruição espontânea e apresentam as suas individualidades químicas e radioactivas quando estão isolados. Ernest Rutherford (1871-1937) separou as três famílias radioactivas cujos chefes de fila são o actínio, o tório e o urânio, situou o rádio na família do urânio e os termos finais de cada uma das três famílias é o chumbo ou o bismuto. A radioactividade é própria dos elementos cujas massas atómicas são muito elevadas.

Os físicos iam encontrar novas surpresas ao submeterem a radiação urânica à análise física, no caso simplesmente ao campo magnético. H. Becquerel verificou que, sob a acção de um magneto, a irradiação se partia em três ramos: um desviado para a direita, outro desviado para a esquerda e o terceiro não desviado. No ano seguinte

Becquerel descobre que um dos ramos da emissão se comporta de forma análoga aos raios catódicos e demonstra, mais tarde juntamente com Pierre Curie, que se trata de um feixe de electrões de energia anormalmente elevada. É o “feixe beta”. A 9 de Abril de 1900, Paul Villard (1860-1933) descobre que a porção não desviada, consistia, não em corpúsculos mas em ondas electromagnéticas de alta energia. Rutherford e Becquerel mostram que o restante feixe tem uma carga positiva, Rutherford chama-lhe “feixe alfa”, e em 1906, demonstra definitivamente que a partícula alfa, com a sua carga positiva, é constituída pelo hélio sob a forma de átomos ionizados, ou seja, de núcleos.

A atomicidade da matéria não podia oferecer dúvidas!

A emissão radioactiva é uma emissão permanente de radiações electromagnéticas, de electrões, de núcleos de hélio, todos dotados de uma energia variável mas sempre considerável, que só poderia ser proveniente da própria matéria na ausência de qualquer dependência de uma fonte exterior. A radioactividade comporta igualmente uma transformação da matéria. Sendo incompatível com as leis conhecidas da energética, o fenómeno radioactivo só podia ser proveniente dumha modificação espontânea do próprio núcleo do átomo, de uma transformação atómica que implicasse a substituição em filiação de um a outro elemento.

Então os antiatomistas, de um modo geral, converteram-se à visão atómica. Ostwald cedeu em 1908. Referindo-se às experiências sobre o movimento browniano e sobre o electrão, afirmou, no prefácio da 4^a edição do *Grundriss der Allgemeinen Chemie*, a sua conversão à visão atómica (Ostwald; 1908).

Mach nunca aceitou a doutrina atómica, embora tenha afirmado, quando lhe foram mostradas, em Viena, as cintilações produzidas por partículas alfa, «*agora acredo nos átomos*», no texto sobre óptica, escrito depois de deixar Viena, mostra que esta crença não foi duradoura (Mach, E.; 1910).

2.8. Thomson e uma linha de continuação do estudo das descargas eléctricas em gases

O estudo das descargas eléctricas em gases são o grande tema de investigação que proporcionam, directa ou indirectamente, a descoberta dos raios X e do fenómeno da radioactividade, permitindo pela primeira vez a caracterização da primeira partícula fundamental. Pode dizer-se que as descargas eléctricas em gases, os raios X e a

radioactividade são os instrumentos essenciais na compreensão da constituição da matéria e no estudo das suas propriedades elementares.

Durante o período entre 1900 e 1906, Thomson desenvolve teoricamente o seu modelo atómico e prepara o seu importante tratado *Conducting Electric through Gases*. A partir desta data a sua grande preocupação passará a ser a natureza da electricidade positiva contida no seu modelo atómico. Em 1886 Eugene Goldstein descobriu os raios-canais ou raios positivos, radiação obtida num tubo de descarga na zona posterior ao cátodo e resultante da sua travessia por furos feitos neste eléctrodo. Esta radiação, electricamente positiva atrai a atenção de Thomson que se concentra no seu estudo,

«He now regarded the rays as the most promising subjects for investigating the nature of positive electricity» (Dahl, P.;1997, p. 269).

O estudo deste tipo de radiação já mostrara quão complicado era o seu comportamento na zona posterior do cátodo: parte da radiação era desviada por um campo magnético, outra parte não o era, isto é, os primeiros mantinham a sua carga electricamente positiva enquanto que os segundos a perdiam; todavia, num tubo longo, mais adiante no seu percurso, um campo magnético voltava a desviar os raios neutros, ou seja, os que tinham perdido a carga positiva voltavam a readquiri-la. Thomson procura mitigar estas dificuldades introduzindo várias modificações técnicas no aparato tradicional: tubos mais longos; em vez de orifícios no cátodo foram usadas agulhas hipodérmicas (tubos com alguns centímetros de comprimento e diâmetro interno de uma décima de milímetro) que eram atravessadas pela radiação. À saída destes últimos tubos a pressão era da ordem das milésimas de milímetro de mercúrio, o que reduzia o fenómeno de perda e aquisição de carga desta radiação. A introdução de um campo magnético e de um campo eléctrico poderia vir a permitir o estudo da razão e/m destes raios tal como o fizera para os raios catódicos propriamente ditos.

Mercê de aparatoss devidamente apropriados, Thomson determina as trajectórias das radiações obtidas em atmosferas de diferentes gases o que lhe permite determinar as características de diferentes iões de diferentes substâncias químicas, chegando mesmo a separar diferentes isótopos. Nas palavras de um seu biógrafo,

The great merit of Thomson's experiments on positive rays is that they gave a new method of separating different kinds of atoms and molecules and determining atomic and molecular weights, entirely independent of those traditional methods which had been developed by chemistry. The result was that new kinds of atomic groupings were revealed which were not able to survive long

enough for the traditional method to be applied. They also gave much direct information about the electric charges, positive and negative, which atoms and atom-groups can take up (...) Further and most important of all, they gave the clue to the existence of sub-species or isotopes of the ordinary non radioactive atoms which the traditional methods of chemistry had, up to that time, wholly failed to reveal. (Rayleigh; 1969, p.175)

É já no fim da sua carreira de experimentalista que Thomson, e dentro da linha de investigação a que tinha sido conduzido pela pesquisa dos raios canais, estuda a mobilidade dos iões negativos no ar. Com base nestes trabalhos desenvolve a teoria das acções químicas, escrevendo em 1923 a obra *The Electron in Chemistry* (Heilbron; 1980) e produzindo um dos artigos (Thomson; 1924) que, a exemplo do anteriormente citado (Thomson; 1915), virão a servir de base ao trabalho de tese de Mário Silva. Esta pesquisa desenvolvida pelo descobridor do electrão não é habitualmente referida nos estudos que estão feitos sobre a sua obra, de tal modo que um dos seus biógrafos mais citados escreve

With the investigation on positive rays the most important part of Thomson's career as an experimentalist was over. (Rayleigh; 1969, p.175).

3 - O Ensino de Física na Universidade de Coimbra nos finais do Século XIX e princípio do Século XX

Sumário deste capítulo: Introdução; As reformas do Gabinete de Física a partir do século XIX: novos ensinos, novos instrumentos; O Gabinete de Física e os novos domínios da Física: a constituição da matéria; Conclusão.

3.1. Introdução

No capítulo precedente procurámos mostrar como a emergência de novas matérias da Física foram abrindo caminho às concepções científicas modernas sobre a constituição da matéria, um caminho sinuoso, nem sempre bem compreendido, que abarca o debate filosófico, a construção de novos modelos teóricos e o refinamento de novas técnicas experimentais. No capítulo presente procuraremos reflectir, reconstituindo algumas pistas históricas, como esses novos conhecimentos começaram a ser difundidos ou incorporados por uma parte da comunidade científica portuguesa. Limitar-nos-emos ao caso da Universidade de Coimbra e, em particular, ao grupo de professores da sua Faculdade de Filosofia que ministrava o ensino na área da Física e da Química. Começaremos por referir, em primeiro lugar, os esforços conducentes a algumas «reformas do Gabinete de Física a partir de meados do século XIX: novos ensinos, novos instrumentos», para depois avançarmos, temática e cronologicamente, para «O Gabinete de Física e os novos domínios da Física: a constituição da matéria», para, no fim, ensaiarmos algumas «conclusões». Não pretendemos fazer um estudo completo do ensino da Física naquela instituição durante o período referido em epígrafe, mas ensaiamos a tentativa de encontrar os traços de uma pista, eventualmente ténue, que nos conduza à linha de pesquisa científica que a personagem central deste nosso estudo virá a desenvolver.

3.2. As reformas do gabinete de Física a partir de meados do século XIX: novos ensinos, novos instrumentos

A *Physica Experimental* era uma das quatro cadeiras do novo curso *Philosophico*¹, introduzido com a reforma pombalina de 1772 da Universidade de Coimbra que

¹ Sendo as outras cadeiras: *Philosophia Racional*, *Historia Natural*, e *Chimica Theorica e Practica*. Havia quatro lentes catedráticos e dois lentes substitutos para servirem no impedimento dos primeiros.

permitiu criar o ensino de *Philosophia Experimental*² (Carvalho, Joaquim Augusto Simões de; 1872). É daqui que nasce o Gabinete de Física, sustentáculo de todo o ensino desta disciplina ao longo do século XIX e primeira década do século XX. Foram as necessidades de profundas mudanças impostas pelas condições económicas, sociais e políticas da época que empurraram o Marquês de Pombal para a grande reforma da Universidade Portuguesa, e do ensino em geral. Serão, no futuro, alterações importantes nestas mesmas condições do Portugal novecentista que ditarão as necessidades de introduzir novas reformas no ensino.

É com o liberalismo, adepto da nova ideia de «instrução pública» (Torgal, Luís Reis; 1993) que o ensino, em particular o ensino superior, sofrerá reestruturações inovadoras. Para além do aparecimento do ensino médio oficial, ou a criação dos liceus por acção de Passos Manuel, surgem novos estabelecimentos de ensino superior. Embora não se crie uma outra universidade, criam-se escolas universitárias novas em Lisboa e no Porto: as Escolas Médico-Cirúrgicas de ambas as cidades, a Escola Politécnica na primeira e a Academia Politécnica na segunda. As duas últimas instituições nomeadas, embora mais vocacionadas para ministrar o ensino preparatório necessário às Academias Militares e para a formação de engenheiros (Carvalho, Rómulo; 1986) ensinarão matérias científicas comuns às faculdades de Filosofia e de Matemática da Universidade de Coimbra. A partir de 1837 o ensino superior das diversas disciplinas pertencentes às ciências da natureza, bem como da matemática e astronomia, já não é ministrado unicamente na Universidade de Coimbra.

É neste contexto de mudança que se comprehende que o Conselho da Faculdade de *Philosophia* tenha apresentado ao Governo (Actas do Conselho da Faculdade de *Philosophia*)³ várias petições no sentido de mostrar a necessidade de ampliar e melhorar o ensino, formulando os respectivos projectos de reformas científicas. Mas, o Estado não atendeu à maior parte destas propostas e, durante a primeira metade do século XIX, o ensino da Faculdade de *Philosophia* sofreu apenas alterações curriculares pontuais (em cartas régias de 24 de Janeiro de 1791, de 21 de Janeiro de 1801, de 7 de Junho de 1826, por portaria de 24 de Outubro de 1840 e por decreto de 21 de Novembro de 1848;

² A organização destes estudos está formulada nos *Estatutos*, parte 3^a e respectivos títulos e capítulos. A Física Universitária da Reforma Pombalina era estudada em duas Faculdades: A Física Matemática na Faculdade de Matemática e a Física Experimental na Faculdade de Filosofia.

³ Actas do Conselho da Faculdade de *Philosophia*, doravante utilizaremos a sigla ACFP.

in ACFP) e o ensino de Physica permaneceu conforme foi criado pela reforma de Pombal. Uma nova reforma da Universidade, durante a monarquia, não voltou a acontecer; as novas propostas dos políticos da «instrução pública» assentavam na criação de novas escolas superiores que visavam «fundamentalmente, uma educação prática e a formação de técnicos» (Torgal, Luís Reis; 1993, p.646).

O Fontismo que marcou o terceiro quartel do século e o seu afã desenvolvimentista, as novas estradas, os caminhos de ferro, o fomento industrial e agrícola, colocaram outras exigências à sociedade portuguesa, e uma delas foi, certamente, a preparação de técnicos qualificados. A resposta às tentativas de modernização técnica da economia portuguesa, obrigou à criação de um ensino técnico e agrícola médio, uma actualização dos ensinos científicos de acordo com o que já se fazia em países mais desenvolvidos. É com este espírito que se cria na capital mais um estabelecimento de ensino superior, o Instituto de Agronomia e Veterinária, e que a Universidade de Coimbra (a única universidade do país), ou, pelo menos, parte dela, reclama pela modernização dos seus ensinos. O atraso português era conhecido e fazia-se sentir sobretudo nos domínios científicos e tecnológicos, o que, a título de mero indicador, é evidenciado por, na única universidade portuguesa,

«de 1850 a 1890 de seis reitores só um pertenceu às «faculdades naturais (como se chamavam estatutariamente as Faculdades de Medicina, Matemática e Filosofia)» (Torgal, Luís Reis; 1993, p.635).

Em 1851 o Conselho da Faculdade de Filosofia insistiu na necessidade de uma reforma e propôs ao Governo um novo plano de estudos, ampliando e desenvolvendo o quadro de Faculdade, dividindo a cadeira de física em dois cursos, juntando a análise química com a metalurgia numa só cadeira, e restabelecendo noutra o curso de tecnologia. Apenas dez anos mais tarde, em carta de lei de 21 de Fevereiro de 1861, foi criada a cadeira de Física dos Fluidos Imponderáveis, vendo-se assim *Curso Philosophico*, contemplado com duas cadeiras anuais de Física - *Physica Experimental* e *Física dos Fluidos Imponderáveis* (Acta de 17 de Abril de 1861, in ACFP) - por portaria do Ministério do Reino de 9 de Outubro de 1861, que foi apresentada ao Conselho da Faculdade a 17 do mesmo mês. Note-se que apenas parte da reforma pedida foi atendida, e depressa se revelou inadequada ao ritmo do desenvolvimento científico. O paralelismo que era desejável manter entre o progresso das Ciências, as novas aplicações técnicas e a modernização do ensino, impunha o aumento dos

programas, a consequente tendência para a introdução de novas disciplinas de especialidade e a necessidade de actualização dos docentes. Citando um Lente Catedrático daquela Faculdade, o Dr. Joaquim Augusto Simões de Carvalho (1822-1902) que, em 1872, escrevia:

«Quem reflectisse na profusão e opulencia que preside hoje á organização d'estes estudos nos paizes mais cultos, não podia deixar de estranhar que, na única Universidade Portuguesa, a Faculdade de Philosophia fosse a menos considerada, e ocupasse logar inferior em relação ás outras facultades pelo numero dos seus professores e de suas aulas. A physica constitui uma scencia vastissima, e de tanta dificuldade e transcendencia, que se torna impossível abranger o seu estudo num só anno. A mecanica, a meteorologia, a acustica, o calor, a electricidade, o magnetismo e a optica têm feito progressos verdadeiramente prodigiosos, e cada um destes ramos era digno de um curso especial pelas muitas theorias que comprehende, pelas numerosas e delicadas observações e experiencias que exige, pela analyse mathematica de que não pode prescindir, e pelas mais belas applicações scientificas e industriaes» (Carvalho, Joaquim Augusto Simões de; 1872, p. 56).

Como medida de actualização científica, insistiu-se nas viagens científicas que já as cartas régias de 1 de Abril de 1801 e de 27 de Junho de 1806 ordenavam⁴, mas, agora, fora do país. Assim, em acta do Conselho daquela Faculdade, de 18 de Junho de 1857, lê-se:

«... ponderando-se a conveniencia de enviar um ou mais vogaes do Conselho a estudar nos paizes estrangeiros a parte pratica dos ramos mais importantes das sciencias physicas e naturaes, decidiu-se encarregar d'esta comissão o dr. Mathias de Carvalho...»

E nas actas de 11 de Outubro e 5 de Dezembro do mesmo ano, com a preocupação de levar à prática o que fora decidido, o mesmo Conselho dá a conhecer que

«...foi aprovada uma representação ao governo sobre viagens científicas fóra do reino...» e «...foi lido e aprovado o programa de estudos de Chimica e Physica, a que deve satisfazer o vogal dr. Mathias de Carvalho, na sua viagem a paizes estrangeiros» (In ACFP).

Da sua viagem a Londres, Bruxelas e Paris, Mathias de Carvalho de Vasconcelos (1832-1910), refere o Observatório de Greenwich, em Londres, nas suas palavras:

«...consegui visitar o grande Observatório de Greenwich, cuja simplicidade forma um contraste verdadeiramente encantador com os excelentes instrumentos, que o mesmo estabelecimento possue, e bom emprego que d'elles se faz.» (Carvalho, Matias de; 1858a)

⁴ A carta régia de 1 de Abril de 1801 encarrega o Conselho da Faculdade da organização dos planos de viagens e “expedições philosophicas” pelas diversas províncias e distritos do Reino. A de 27 de Junho de 1806 ordena que, sem demora se dê princípio ás viagens e “expedições philosophicas” já ordenadas em 1801.

e o Observatório Real de Bruxelas, considerado um dos de primeira ordem na Europa. A convite do Director deste Observatório, Mr. A. Quetelet, o Dr. Mathias de Carvalho teve a oportunidade de participar nos trabalhos de observação do eclipse de 15 de Março de 1858, sendo o objectivo do seu estudo fazer as observações magnéticas nos dias 13, 14 e 15 de Março (Carvalho, Matias de; 1858a; Carvalho, Matias de; 1858b). E acrescenta:

«...nestes dois estabelecimentos ficaram firmadas as relações com o Conselho da Faculdade de Philosophia, e com eles poderemos permutar os nossos trabalhos...» (Carvalho, Matias de; 1858a).

Dos contactos que estabelecerá em Paris, entre os quais com o Químico Wurtz, o Dr. Mathias de Carvalho ia dando conta ao Conselho da Faculdade:

«foi presente um officio (...) informando o Conselho das tendencias e direcção actual dos estudos philosophicos em França; lembrando a urgente necessidade de enriquecer os gabinetes da Faculdade com o material exigido pelos progressos das sciencias, e apontando algumas das mais importantes aquisições que convém fazer...» (acta de 27 de Outubro de 1858, in ACFP)

Como consequência destes contactos, os compêndios das duas cadeiras de Química foram, em 1866, substituídos pelos Cours de Chimie de Wurtz (Acta de 1 de Junho de 1866, in ACFP).

As habilitações especiais que Mathias de Carvalho adquiriu em análise química (Carvalho, Matias de; 1858b) valeram-lhe a nomeação de Director da casa da moeda em Lisboa (Carvalho, Joaquim Augusto Simões de (1872), p. 51).

E as viagens sucedem-se. Mais tarde, em 1860, o Lente Jachinto António de Sousa (1818-1880) visitou instituições em Madrid, Paris, Bruxelas, Londres, Greenwich e Kiev, elaborando um interessante relatório, publicado em 1862, onde apresentou, não só um estudo feito no Observatório de Kiev, como também a descrição dos principais estabelecimentos científicos daquelas cidades. Durante a sua estada em Paris, António de Sousa contactou com J. Jamin, Professor do Curso de Física na Escola Politécnica, ficando assim ao corrente do curso ali professado. Num discurso que proferiu a 1 de Novembro de 1877, já como Director do Gabinete de Física, mostra como a viagem feita tivera repercussões no seu ensino:

«... Esperando poder (...) dar ao ensino da parte da Physica a meu cargo um conveniente desenvolvimento secundado por suficientes meios de acção, rejeitei os compêndios até então adoptados, Pelletan, Beudan, Ganot, Deguin, Desains, etc., (...) e escolhi, para texto das lições, o

Curso de Física professado na Escola Polytechnica de Paris por Jamin. Este mesmo livro foi adoptado na outra cadeira de Physica.» (Villa-Maior, Visconde de; 1877⁵).

A escolha do Curso de Jamin aconteceu, em 1860, na primeira cadeira e, em 1861, na segunda cadeira.

Durante os anos 1866 e 1867, António dos Santos Viegas (1837-1914) fez várias viagens científicas a vários países da Europa - França, Alemanha, Itália, Inglaterra e Bélgica - onde contactou com reputados Cientistas e Professores de Física Experimental. A Itália foi estudar o Observatório de Roma e o uso dos instrumentos para a observação de Eclipses. Especializou-se em técnicas experimentais de análise espectral, o que lhe permitiu, mais tarde, colaborar com o Observatório Astronómico, realizando observações magnéticas e espectrais durante a ocorrência de eclipses (Carvalho, Joaquim Augusto Simões de; 1872, p. 52). Os seus contactos em Paris (P. Desains, na Sorbone; Bertin, no Colégio de França; E. Becquerel, no Conservatório de Artes e Ofícios e J. Jamin na Escola Politécnica) e a frequência de cursos de Física daqueles Cientistas, proporcionaram-lhe a possibilidade de assistir a várias demonstrações experimentais, travando conhecimento com técnicas de experimentação e instrumentação recentemente criadas.

Em Paris grande parte da actividade demonstrativa recaía sobre os preparadores e ajudantes, e algumas experiências mais delicadas recorria-se até aos próprios construtores dos instrumentos. Como preparadores da Sorbonne, distinguiram-se os nomes de Bourbouse, Ruhmkorff, Koenig e Bianchi, (este era o preparador do curso de Física do Professor Ed. Becquerel)⁶. Procurando observar de muito perto a actividade laboratorial, o Dr. Santos Viegas assistiu a sessões de ensaio do construtor Duboscq e acompanhou Bourbouze (Carvalho, Joaquim Augusto Simões de; 1872, p. 53), preparador que gozava de excelente reputação junto da comunidade científica de Paris, no Laboratório da Sorbonne, onde além de assistir às sessões de preparação das

⁵ Esta obra foi apresentada, em 1878, em versão francesa, na Exposição Universal de Paris.

⁶ Vários professores franceses foram também magníficos criadores de instrumentos destinados à Física Experimental, é o caso dos Professores: Jamin; Bertin e V. Regnault. Este último projectou-se na Europa como excelente experimentador e projectista de instrumentos científicos, referenciados na mais diversa bibliografia. O Gabinete de Física de Coimbra foi equipado com vários exemplares de instrumentos concebidos por Regnault.

experiências que iriam ser feitas em aulas e conferências científicas⁷, realizou variados trabalhos dos cursos de Física.

Nos países visitados, em especial em França, Alemanha, Inglaterra e Bélgica, Santos Viegas preocupou-se em contactar com os melhores construtores de instrumentos, tendo daí resultado importantes aquisições para o Gabinete de Física. Mostra-se, nos anexos 3.1 e 3.2, cópias de facturas de instrumentos vindos de Paris, em 15 de Julho de 1869, e de Leipzig, em Junho de 1872, provenientes dos construtores, Ruhmkorff e Emil Stohrer, respectivamente.

Destas viagens, e um pouco em jeito de balanço, socorrendo-nos das palavras que em 1877 o Dr. Jacinto António de Sousa, Director do Gabinete de Física, proferiu, podemos concluir:

«Felizmente o Gabinete de Physica, desde que fui encarregado da sua direcção, com a coadjuvação de um collega que residia em Paris, o Dr. Mathias de Carvalho, por occasião das minhas viagens e das do meu collega, O Dr. António dos Santos Viegas, tem podido enriquecer-se com excellentes collecções de instrumentos para estudo e demonstrações. D'este modo, o que antes era um museu para a historia de alguns ramos da antiga Physica é hoje um Gabinete de Physica entre os melhores da Europa, que se mantém á altura da sciencia, com as novas aquisições feitas todos os anos» (Sousa, Jacinto António de; 1878).

Deste reforço em equipamento dá conta o mesmo director do Gabinete de Física:

«Nestes ultimos anos a dotação especial, (...) tem facilitado a aquisição de muitos aparelhos modernos, construidos pelos mais habéis e acreditados fabricantes de França, Alemanha e Inglaterra. Não podemos enumerar aqui todos os aparelhos de recente invenção (...), faremos apenas uma resenha dos mais modernos e interessantes:

- *Machina de introdução electro-magnetica, de extraordinárias dimensões, construida em Paris por Ruhmkorff. É o maior dos aparelhos deste género, que foram expostos em 1867. O fio induzido tem de comprimento 100 kilometros; produz faiscas de 50 centimetros.*
- *Machina de Holtz, construção tambem de Ruhmkorff. Maxima distancia explosiva --15 centimetros.*
- *Bussola de tangentes do professor Werber, de Goettingen, pelo mesmo construtor.*
- *Apparelho para demonstrar as leis da indução electro-dynamica, magnetica e electro-magnetica, do mesmo.*
- *Roda interruptora de Massone e Brequet, pelo mesmo.*
- *Bussola de tangentes, do professor Wudemann, de Brunswick, construida por Sanerwald, de Berlim.*

⁷ Na Sorbonne existiam as chamadas “Soirées Scientifiques de la Sorbonne” que gozavam do grande prestígio.

- *Rheostato: nova modifcação do apparelho do professor Kirchhoff, executada expressamente para o gabinete de Coimbra por Sanerwald.*
- *Caixa de resistencias graduadas até 10.000 unidades, construida no estabelecimento de telegraphos de Halske e Siemeds, de Berlim.*
- *Pequeno condensador, novo modelo, construido na Instituto de physica de Viena d'Austria.*
- *Numerosa collecção dos novos tubos, fabricados em Bonn por Geissler: uns com gazes puros, para analyse espectral; outros privados de ar, para mostrar a resistencia que o vasio oppõe á propagação da electricidade; e alguns dispostos para mostrar a phosphorescencia do mercurio no vacuo.*
- *Collecção selecta dos novos apparelhos de acustica, de Koenig, comprehendendo: a sereia dupla do professor Helmohltz, de Heidelberg; o phonographo; tubos com chamas manometricas e espelho gyrante, para mostrar a composição das vibrações; apparelho de resoadores combinados com as chamas manométricas, para a decomposição do timbre; diapasões e resoadores para o timbre das vogaes, segundo Helmohltz; collecção de placas para elucidar a nova theoria de Wheatstone; apparelho de Melde para as vibrações das cordas; etc.*
- *Bomba de mercurio, sistema de Geissler, construida em Paris por Alvergnat Fr.*
- *Thermometro de ar, modifcação do professor Jolly, construido pelo machinista da universidade de Munich.*
- (...)
- *Prisma oco de nova construção, por Steinheil, de Munich.*
- *Numerosa coleccão de substancias phosphorescentes e fluorescentes, preparadas para repetir as experiencias de Becquerel e de Stokes.*
- *Um grande circulo de refracção, accomodado aos principaes princípios de optica, está encommendado em Goettingen, na officina do dr. Meyerstein, machinista da Universidade hanoveriana. E o construtor Schubart, de Marburgo, empregado actualmente na Universidade de Gand, acha-se encarregado de construir um electrometro condensador do professor Kohlausch, e varios apparelhos ópticos para as experiencias de Plateau e de Busold.» (Souza, Jachinto António de; 1870).*

Talvez possamos considerar excessiva a expressão de o Gabinete de Física ser considerado «um Gabinete de Physica entre os melhores da Europa», contudo parece importante realçar o facto de «as viagens científicas» permitirem um apetrechamento instrumental actualizado, isto é, os aparelhos novos que permitiram as descobertas mais recentes começaram a chegar à Universidade de Coimbra. Alguns dos aparatos enumerados, por exemplo, *aparelho de Ruhmkorff, numerosa collecção de tubos Geissler com gazes puros, Bomba de mercúrio, para analyse espectral, substancias phosphorescentes e fluorescentes,* permitiam que algumas das modernas experiências de descargas eléctricas em meios gasosos rarefeitos fossem feitas.

A aquisição deste equipamento, que hoje constitui a numerosa colecção⁸ incluída no espólio do Museu de Física da Universidade de Coimbra, propiciou o desenvolvimento do ensino de novas técnicas experimentais e mostra (tendo presente os instrumentos adquiridos a partir da década de 1850, em especial nos princípios de década de 1870) que os professores de Física Experimental de Coimbra manifestavam interesse no estudo (ou só na demonstração?) experimental das descargas eléctricas em gases e dos espectros de emissão, domínios que na época podemos considerar na fronteira dos novos conhecimentos.

Embora não tenhamos conhecimento de qualquer actividade de investigação, o novo apetrechamento do Gabinete de Física teve outros reflexos importantes. Assim os cursos de Física passaram a conter experiências demonstrativas das diversas áreas da Física (pesagem e determinação de densidades, medidas de tempo, pressão, calor, elasticidade e som, capilaridade e atrito, luz, magnetismo e electricidade) inspiradas nos livros de Frederico Kohlrausch de título: "Leitfaden der praktischen physik" (Kohlrausch, Frederico; 1869), e de Henri Buignet "Manipulations de Physique- cours de travaux pratiques" (Buignet, Henri; 1877). Chamamos a atenção para o facto de a primeira obra mencionada ter sido traduzida pelo Dr. Henrique Teixeira Bastos (1861-1943) que, em 1902, a edita com o título «Pequeno Guia de Physica Pratica» (Henrique Teixeira Bastos; 1902).

Refira-se os nomes dos Professores Jacinto António de Sousa, António dos Santos Viegas, António Meireles Garrido (1856-1895) e Teixeira Bastos como principais impulsionadores do desenvolvimento do ensino da Física Experimental na segunda metade do século XIX, em Coimbra.

Apesar das sucessivas propostas de alteração no Plano de Estudos de Faculdade de Philosophia, ao longo do século XIX, a introdução de mais uma cadeira de Física, em 1861, foi a única modificação introduzida até à extinção desta Faculdade, isto é, até à criação da Faculdade de Ciências em 12 de Maio de 1911. Durante esse período, de meio século, as lições das cadeiras de Física - Física (1^a parte) - 3^a cadeira do Curso - e Física (2^a parte) - 5^a cadeira do Curso da Faculdade de Philosophia da Universidade

⁸ Colecção muito completa em todos os domínios da Física, acompanhou o desenvolvimento científico até ao advento da Física Quântica e pode ser considerada representativa do avanço tecnológico que a Física teve no século XIX. (Universidade de Coimbra – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Museu de Física; 1997).

Portuguesa, ocupavam um ano lectivo cada, tinham duração de duas horas semanais e ministravam-se em dias alternados, começando em meados de Outubro e terminava no fim de Maio ou princípios de Junho. Os respectivos programas (Viegas, A. S.: 1889 e Garrido, António de Meirelles: 1889, in Martins, Décio R.: 1991, p.35), reflectem as influências das escolas francesas, em especial da Escola Politécnica onde se seguia o curso do Professor Jamin tal como o apresentava nos seus manuais. Estes livros eram os adoptados em Coimbra a partir do ano de 1860 e 1861 nas cadeiras, respectivamente, de Física (1^a parte) e Física (2^a parte).

A cadeira de Física (1^a parte) começava com uma Introdução à Física, noções de Mecânica e Gravidade, seguindo-se o estudo do Equilíbrio e Movimento dos Líquidos, a Pneumática e finalmente o Calor. A outra cadeira, Física (2^a parte), iniciava-se com o estudo da Electricidade Estática e Electromagnetismo, passando depois à Electro-dynamica e Acústica, detendo-se principalmente na teoria geral do movimento vibratório, após o que finalizava com a Óptica.

Sobre as metodologias usadas conhece-se a do Professor Jacinto de Sousa que, em cada lição, fazia a explicação, acompanhada das respectivas demonstrações experimentais dos temas sobre os quais, na aula anterior, chamara a atenção dos alunos, referindo-se concisamente ao livro de texto. Fornecia notas manuscritas das omissões e citava as memórias ou livros que deveriam ser consultados para um estudo complementar (Villa-Maior, Visconde de; 1877, p 318.). É sua a descrição seguinte:

«Há, porém, trabalhos práticos incompatíveis com o tempo de aula, e é de grande utilidade que os alunos executein medidas exactas, por si mesmos, e se habituem a manipular com instrumentos em processos mais ou menos complicados. Em consequência, suprimi as antigas dissertações sobre altas questões, às quaes muitas vezes a sciencia não respondia, e, dividindo o curso em turmas de três alumnos, distribuo, por cada uma, durante o anno três trabalhos dos mais importantes para serem executados, no Laboratório de Physica, com auxílio do Guarda demonstrador» (Sousa, Jacinto António de; 1878).

Ficámos também a saber que os estudantes redigiam um relatório onde se apreciava o estado dos aparelhos utilizados, o processo seguido, se expunham os cálculos e respectivas correcções, e, finalmente, se apresentavam os resultados obtidos que eram comparados com os resultados existentes na bibliografia relacionada com o assunto em estudo.

Desta prática, que não sabemos se estava generalizada a toda a Faculdade, podemos constatar que o ensino da Física começava a perder o seu carácter discursivo e demasiado expositivo, começando a recorrer-se à demonstração experimental e ensaiando um ensino prático realizado pelos próprios estudantes. A responsabilidade de executar as experiências, de manipular os aparelhos, de discutir os resultados, podendo mesmo experimentar novos ensaios, exigida aos estudantes contribuía certamente para uma melhor preparação técnico-científica de acordo com as novas exigências.

As viagens científicas dos Lentes da Faculdade de Filosofia, na segunda metade do século XIX, a países onde o desenvolvimento científico se encontrava mais avançado (os destinos têm um denominador comum, Bélgica, França e Inglaterra) foram um factor importante numa melhoria significativa, não só no apetrechamento do Gabinete de Física, com também no ensino da Física Experimental.

Por certo que, através destes contactos, os Professores daquele Gabinete tiveram um maior acesso aos meios em que circulava a informação científica, manuais, revistas e palestras, e tentaram importá-los para a Universidade de Coimbra. Foi o que aconteceu quando, por exemplo, juntamente com o ofício enviado ao Conselho da Faculdade pelo Dr. Mathias de Carvalho, em 1859, chegou também um catálogo de publicações importantes que algumas instituições científicas estrangeiras ofereceram à Universidade. Destas destacamos: vários tomos das memórias da Academia Real da Bélgica, do Boletim da Academia Real das Ciências da Bélgica, Anuários da mesma Academia, Anais do Observatório Real de Bruxelas, mais de quarenta volumes de variados ramos de Ciências Físicas, Químicas e Naturais, na maior parte da Bélgica (Acta da Conselho da Faculdade de Filosofia de 12 de Maio de 1859). Entretanto iam chegando a Coimbra remessas de publicações da Academia de Ciências de Paris e a recepção regular de varias publicações periódicas estrangeiras tornou-se um hábito⁹. Apresentamos uma lista destas publicações¹⁰ no Quadro 3-I.

A existência destas revistas no Gabinete de Física da Faculdade de Filosofia da Universidade de Coimbra permite-nos concluir que era perfeitamente possível, à exígua comunidade científica coimbrã, conhecer os resultados novos e muitas das importantes

⁹ Apresentamos no anexo 3.3 a despesa com a assinatura do *Journal de Physique Théorique et Appliquée*, referente ao ano 1882.

¹⁰ Segundo o ficheiro do Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

descobertas científicas que ocorriam contemporaneamente. As diferentes contribuições que permitiram o conhecimento da estrutura da matéria, à medida que eram apresentadas à comunidade científica (os trabalhos de Dulong e Petit, Clausius, Plucker, Hittorf, Hertz, J. J. Thomson, Röntgen, H. Becquerel, Pierre e Marie Curie, J. Perrin, entre outros), estavam disponíveis, em Coimbra, para quem quisesse conhecê-las.

Quadro 3-1

Data de início da existência em Coimbra	Data do início da publicação	Publicação	País
1789	1789	Annales de Chimie	França
1816	1816	Annales de Chimie et de Physique	França
1896		American Journal of Scientific	EUA
1896		Arch des Phys et Nat de Genève	Suíça
1900	1900	Annalen der Physik	Alemanha
1908		American Journal Magazine	EUA
1896	1870	Atti della Real Accademia dei Lincei	Itália
1908	1908	Bulletin de l'Institut de Physique de l'Université	Bélgica
1873	1835	Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris	França
1896	1793	Journal de Physique	França
1872	1872	Journal de Physique Théorique et Appliquée	França
1825	1825	Journal of the Franklin Institute	EUA
1903	1903	Journal de Chimie Physique et de Physique-Chimie Biologique	França
1904		Journal de Physique théorique et Expérimentale	França
1896		Nature	Inglaterra
1893	1798	Philosophical Magazine	Inglaterra
1892	1800	Proceedings of the Royal Society	Inglaterra
1890		Physik. Zeitschrift	Alemanha
1900	1843	Proceedings Cambridge Philosophical Society	Inglaterra
1904	1904	Radioaktivitat und Elektronik	Alemanha
1896	1893	Rendicont della Reall Accademia dei Lincei	Itália
1891	1889	Revue Generale des Sciences	França
1896		Science	EUA
1896	1894	Science Progress	Inglaterra
1896	1845	Scientific American	EUA
1878		Wiedemann's Annalen	Alemanha

3.3. O Gabinete de Física e os novos domínios da Física: a constituição da matéria

Vejamos agora, já regressados das viagens e munidos de informação recente, quais as consequências das novas descobertas, das novas teorias na actividade dos mestres da Faculdade de Filosofia que estavam mais ligados à Física.

Em Fevereiro de 1885, o Doutor em Philosophia, Henrique Teixeira Bastos, apresentou a dissertação de concurso, apresentada à Faculdade, com o título *Theoria eletromagnética da luz* (Bastos, Henrique Teixeira; 1885). Neste trabalho Teixeira Bastos diz ter-se baseado nos tratados de electricidade de Maxwell e Gordon (Maxwell, J. C.: 1873 e Gordon, J. E. H.: 1881), nas lições sobre electricidade e magnetismo de Mascart e Joubert (Mascart, E. e J. Joubert; 1886) e no livro de O. Tumlirz (Tumlirz, O.; 1883).

Em Fevereiro de 1896 o mesmo professor publicou um artigo com o título: *Raios X de Röntgen* (Bastos, Henrique Teixeira; 1896a), onde anunciou as descobertas mais recentes sobre os raios de Röntgen, apresentando os resultados que ele próprio obtivera, a 3 de Fevereiro, no Gabinete de Física Experimental de Coimbra. Teixeira Bastos produziu raios X e realizou as primeiras radiografias, apenas sete dias após a primeira notícia¹¹ e cinco dias após aquela em que são dados os detalhes da experiência de Röntgen¹². Nas suas palavras:

«... uma grande bobina dc Ruhmkorff era excitada por seis elementos Bunsen, e a descarga era recebida num tubo dc Crookes. A uns dez centímetros do tubo, involvida em papel preto, collocava-se a placa photográfica (Scheussner), normalmente aos raios cathódicos. Sobre a placa assentava o objecto da experiência. Obtiveram-se bons resultados, com exposições não inferiores a vinte minutos, nas photographias de uma chave e de um dedo cortado de um cadáver (o primeiro ensaio feito), de uma mão viva, de uma caixa de pesos e de uma sardinha» (Bastos, Henrique Teixeira; 1896a).

O Gabinete de Física Experimental da Universidade de Coimbra acompanhou, desde o início, a evolução das recentes descobertas e Teixeira Bastos publicou um segundo artigo: *Raios X de Röntgen - novas experiências* (Bastos, Henrique Teixeira; 1896b), onde refere as experiências mais actuais realizadas por cientistas europeus e americanos e cita artigos de: *Compte rendues de l'Academie de Sciences de Paris*; *Nature*; *Electrician e Scientific American*; menciona um trabalho do laboratório Edison, nos Estados Unidos, sobre o uso dos raios X no diagnóstico cirúrgico (Bastos, Henrique Teixeira; 1896b) e chama a atenção dos trabalhos de H. Becquerel e a sua descoberta de que

¹¹ A 27 de Janeiro de 1896 o Jornal *Novidades* publica a primeira notícia da descoberta dos raios X - Anexo 3.4.

¹² A 29 de Janeiro de 1896 o Jornal *Novidades* publica detalhes da experiência que permitiu a descoberta dos raios X- Anexo 3.5

«certos saes de urânia emittem raios intermediários entre a luz ordinária e os raios de Röntgen» (Bastos, Henrique Teixeira; 1896b).

Eis um primeiro resultado que põe em evidência não só os resultados obtidos com o novo equipamento adquirido, como também com a informação contida nas revistas, entretanto já assinadas. Julgamos ser de assinalar que a actividade do Dr. Teixeira Bastos corresponde aos primeiros passos de um trabalho de investigação em Física que se procurava iniciar na Universidade de Coimbra. As consequências deste primeiro passo não tardaram a fazer-se sentir: a aplicação em Medicina dos raios X começaram de imediato. Ainda durante o mês de Maio foram feitos ensaios de utilização dos raios X no diagnóstico clínico, nos Hospitais da Universidade, por iniciativa do Prof. Doutor Daniel de Matos (1856-1921), Lente da cadeira de Clínica Cirúrgica. Acrescente-se que, por força de um decreto assinado a 28 de Dezembro de 1901, foi criado um gabinete de radioscopia e radiografia na Faculdade de Medicina¹³.

E, a 1 de Março, num extenso artigo, publicado n'*O Século* e intitulado *A photographia através dos corpos opacos* (anexo 3.6) é referido, entusiasticamente, as diversas experiências efectuadas por Teixeira Bastos. Quatro radiografias destas, por serem consideradas notáveis e de qualidade comparável ao que de melhor se fazia no estrangeiro, eram reproduzidas em zincogravura. Uma era de um menino de dois anos, internado na Enfermaria III dos Hospitais da Universidade, onde já se procedia a ensaios de diagnóstico cirúrgico por raios X.

A primeira dissertação universitária sobre raios X feita em Portugal foi apresentada à Faculdade de Philosophy, em Janeiro de 1897, por Álvaro José da Silva Basto (1873-1924) como tese de Conclusões Magnas que precedia a Licenciatura, intitulava-se *Os raios catódicos e os raios X de Röntgen* (Basto, Álvaro José da Silva; 1897). Neste trabalho Silva Basto começa por se referir aos estudos experimentais de descargas eléctricas em gases, descrevendo, com pormenor, a aparência das descargas em diversas condições, os métodos de preparação das mesmas e a descrição do estudo experimental dos raios catódicos e do estado eléctrico dos tubos de descarga. Relativamente às propriedades dos raios catódicos, refere as suas acções luminescentes, químicas, fotográficas, mecânicas, caloríficas e eléctricas. Contempla ainda o efeito dos campos electrostático e magnético sobre os raios catódicos, a sua propagação no interior

¹³ Alínea g do artigo 178º do capítulo II do decreto nº4 de 28 de Dezembro de 1901.

do tubo, a determinação da sua velocidade, reflexão e transparência e a propagação no exterior do tubo. Quanto à natureza dos raios catódicos, analisou a teoria da condução molecular, a teoria da condução electrolítica e a teoria da natureza do material dos raios catódicos. Inicia a parte referente aos raios de Röntgen referindo as suas propriedades ópticas e também as experiências conducentes a determinar as suas acções luminescentes, fotográficas e eléctricas. Em seguida faz o estudo comparativo com outras radiações novas, como os raios de Becquerel, apresenta um capítulo dedicado aos modelos teóricos explicativos da natureza dos raios X e desenvolve o estudo das técnicas da sua produção e da sua aplicação. Silva Basto mostra assim um conhecimento profundo da evolução teórica e técnica do assunto. Na bibliografia referida, merecem especial destaque, pela sua actualidade, as comunicações apresentadas na Academia de Ciências de Paris e publicadas no *Compte Rendus* de 1897, por Perrigot¹⁴, no dia 20 de Abril (p. 857), por Gustav Le Bon¹⁵, a 26 de Abril (p. 892) e por Henri Becquerel¹⁶, datada de 10 de Maio (p. 984) – esta última comunicação foi apresentada cerca de vinte dias antes de Silva Basto concluir o seu trabalho!

O interesse dos Professores da Faculdade de Filosofia de Coimbra pelos trabalhos científicos que iriam permitir desvendar a estrutura da matéria, manifesta-se em mais um trabalho de Egas Ferreira Pinto Basto (1881-1937) que, em 1908, apresentou a dissertação inaugural, para o Acto de Conclusões Magnas da Faculdade de Philosophy, intitulada *Theoria dos electrões* (Basto, Egas F. Pinto; 1908). No mesmo ano o jovem licenciado submeteu uma nova dissertação para concurso ao magistério na primeira secção da Faculdade de Philosophy, uma continuação do seu estudo anterior, designada por *Theoria dos electrões - continuação*. Este trabalho mostra a actualidade com que alguns assuntos de Física Moderna eram tratados em Coimbra. Na primeira parte do trabalho, Pinto Basto refere-se ao estudo experimental dos raios catódicos, incluindo a sua obtenção laboratorial, propriedades, natureza e determinação da sua velocidade e do valor e/m . Segue-se um capítulo dedicado ao estudo experimental da ionização dos gases, onde refere as descargas eléctricas produzidas por acção da luz ultravioleta (ou efeito fotoeléctrico), os raios canais e a determinação da carga e da massa dos iões. O

¹⁴ De título: *Sur la lumière noire*.

¹⁵ De título: *Sur les propriétés électriques des radiations émises par les corps sous l'influence de la lumière*.

¹⁶ De título: *Explication de quelques expériences de M. G. Le Bon*.

último capítulo trata das radiações emitidas pelas substâncias radioactivas, mencionando as propriedades dos raios α , β e γ . A segunda parte do trabalho de Pinto Basto é iniciada com o estudo do fenómeno de Zeeman, constituição do átomo, teorias sobre a condutibilidade dos metais (referindo-se aos efeitos de Peltier e de Hall), arranjo dos electrões no átomo de acordo com os resultados experimentais disponíveis, referindo-se ao modelo de Nagaoka de 1903¹⁷. Neste trabalho Pinto Basto teve como referência os estudos mais recentes de J. J. Thomson e de E. Rutherford ao analisar temas como a lei periódica, as propriedades electroquímicas e a valência, a radioactividade, determinação do número de electrões existentes num átomo e a origem da massa do átomo.

É ainda de mencionar que Anselmo Ferraz de Carvalho (1878-1955) doutorou-se na Faculdade de Filosofia com uma tese, *Phenomenos magneto-ópticos* (Carvalho, Anselmo Ferraz; 1901), que «denota já um conhecimento da teoria dos electrões de Lorentz e, em especial, do fenómeno de Zeeman (descoberto em 1896)» (Gagean, David Lopes et al.; 1991).

Dos quatro casos que acabámos de referir, há que sublinhar que só o primeiro estava associado a trabalho experimental realizado no Gabinete. Os outros, embora revelando uma actualização efectiva quanto à informação científica, não estavam associados a qualquer actividade experimental ou desenvolvimento teórico original. Ou, por outras palavras, julgamos poder afirmar que, no final do século XIX - início do século XX, a actividade do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra ficou marcada por trabalhos científicos sobre a constituição da matéria que demonstraram um conhecimento actual dos resultados experimentais e da produção teórica, ensaiando-se as primícias de uma investigação experimental. Julgamos que, embora escassos quando comparados com os centros mais avançados, estes resultados reflectiam o esforço lento, até certo ponto alcançado, de meio século de actualização.

Estamos na primeira década do século XX, o clima social, económico e político conduzirá o país para uma mudança de regime, cai a Monarquia Constitucional e é implantada a República em Outubro de 1910. Esta alteração profunda no sistema político vai implicar, como já acontecera noutros de crise política nacional, grandes mudanças em todo o edifício da «instrução pública». No ensino superior criaram-se

¹⁷ De que tinha conhecimento pela revista *Nature* de 25 de Fevereiro e de 9 de Julho de 1904.

duas novas universidades, uma em Lisboa outra no Porto, e na velha Universidade, entre outras medidas, cria-se a Faculdade de Ciências¹⁸, desaparecendo as Faculdades de Filosofia e Matemática. A nova faculdade organiza-se em três agrupamentos ou secções, Ciências Matemáticas, Ciências Físico-Químicas e Ciências Histórico-Naturais, impondo, aos que se queriam diplomar, a escolha de um deles. Ao grau de bacharel correspondia a uma habilitação profissional, a do magistério secundário, pelo que era o mais escolhido (senão mesmo o único escolhido) desviando assim a Faculdade de Ciências da sua função essencial – o ensino e a investigação científicos - baixando-a ao nível de escolas profissionais do magistério secundário.

É uma época nova, na alocução pronunciada por ocasião da inauguração do ano lectivo 1912-1913, a primeira depois da Nova Reforma de Estudos de 1911, o Professor Mendes dos Remédios, Reitor da Universidade de Coimbra, lembrou que a Reforma afectou toda a organização dos cursos, cadeiras e disciplinas das diversas Faculdades e que assentou em bases diametralmente opostas às, até então, existentes:

«(...) Das diversas Faculdades universitárias, uma das mais beneficiadas (...) foi a de Ciências. E compreende-se. A natureza e complexidade dos seus estudos, a necessidade da educação técnica, a multiplicidade dos seus gabinetes, museus e laboratórios (...) são cada dia mais exigentes porque a evolução científica não é, como a esfinge egípcia, imóvel e parada; continuamente progride e se transforma, servindo-lhe os detritos de ontem para alicerçar as construções de amanhã(...). Bastante se tem feito nos diversos estabelecimentos anexos desta Faculdade (...). Alargam-se, em novas salas para trabalhos práticos, os Laboratórios de Botânica, Física e Química, estando os respectivos Directores, Drs. Júlio Henriques, Teixeira Bastos e Álvaro da Silva Basto, sinceramente emprenhados nesses melhoramentos(...)» (Remédios, Mendes dos; 1912).

Como não podia deixar de ser, a reorganização do Ensino Superior, ditada pela lei de 1911, levantou o problema da reforma do Ensino Superior das Ciências em Portugal. Para melhor conhecer os princípios em que se deveria inspirar a organização do ensino universitário das ciências neste período, era preciso ir ao estrangeiro, como já se fizera no passado, ver como o sistema estava organizado. O Dr. Álvaro da Silva Basto desloca-se oficialmente a França e à Alemanha no semestre de Inverno do ano 1911; da sua viagem resultaram um conjunto de reflexões: *Organização da Faculdade de Ciências em Portugal* (Basto, Álvaro José da Silva; 1912). O estudo que Álvaro da Silva Basto fez da organização do ensino teórico e prático das Ciências nas

¹⁸ Decreto com força de lei de 12 de Maio de 1911, regulamentada pelo Decreto de 22 de Agosto de 1911.

Universidades e Escolas Francesas e Alemãs evidência o contraste entre as suas ideias e as do legislador, nomeadamente no que se refere à pequena extensão dos cursos e à especialização no estudo superior das Ciências. Nas suas palavras:

«...não direi que na Alemanha o ensino de anfiteatro não tem importância. Pelo contrário, sobretudo nos cursos gerais, nos que servem de introdução ao estudo das especialidades. (...). Mas o que direi é que é sobretudo o ensino prático das Ciências que tem importância» (Basto, Álvaro J. da Silva; 1912, p 24).

«... Nas Ciências Experimentais, em França, os Professores titulares só leccionam durante um semestre. (...) o professor têm a direcção efectiva e trabalhosa, quer dum laboratório de ensino quer do laboratório de investigação, onde há sempre uma “élite” de alunos, em regra preparando a tese de doutoramento. (...) Esta disposição tem ainda a vantagem de dar aos professores tempo de se entregarem a investigações originais, para o que têm sempre o auxílio de pelo menos um preparador» (Basto, Álvaro J. da Silva; 1912, p 54).

«Na Alemanha, o candidato a Doutor inscreve-se no Laboratório de Investigação do Professor sob cuja direcção quer preparar o trabalho de doutoramento. (...) O candidato torna-se assim um colaborador anónimo do professor. É este regime, que explica em parte a grande produção científica na Alemanha» (Basto, Álvaro J. da Silva; 1912, p 23).

«...em França, o estudante precisa (para obter o grau de Doutor) de preparar uma tese original de sua iniciativa. (...) o candidato inscreve-se no Laboratório de Investigação do Professor sob cuja direcção quer trabalhar. É aí, pode dizer-se, que verdadeiramente faz a sua educação de Laboratório» (Basto, Álvaro J. da Silva; 1912, p. 25).

Comparando o que se fazia nos países visitados com a realidade dos nossos Laboratórios, e tendo a Reforma de 1911 instituído o princípio dos professores ”se irem fazendo” nos lugares de assistentes, Álvaro da Silva Basto propôs a saída dos Professores da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, por alguns anos, num bom Laboratório estrangeiro, para aí fazerem a sua formação.

É dentro deste novo espírito que Francisco Martins de Sousa Nazareth (1889-?), assistente desde 1912, fará um estágio de curta duração, em 1914, em Paris nos Laboratórios Gif e Curie, onde trabalhou em radioactividade.

Sousa Nazareth publicou em Coimbra, em 1915, a dissertação, ao concurso ao lugar de segundo assistente do 1º grupo da 2ª secção, da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, intitulada: “*Ionização dos gases em vaso fechado*” (Nazareth, F. M. de Sousa; 1915). Este é o primeiro trabalho realizado inteiramente em Portugal,

de natureza experimental, envolvendo detecção de radioactividade¹⁹. Neste trabalho Sousa Nazareth expõe os resultados de algumas experiências feitas no Laboratório de Física da Universidade de Coimbra, com o fim de pôr em evidência uma possível radiação das paredes dos recipientes metálicos, depois de expor, de forma sucinta, os principais trabalhos publicados sobre a ionização dos gases em vasos fechados²⁰. Depois de apresentar as conclusões faz uma sugestão para trabalhos futuros. Sousa Nazareth refere ainda que todos os instrumentos que se serviu - com excepção do electrómetro de Dolezaleck que aliás foi posteriormente substituído por um electrómetro inclinado de Wilson - foram construídos, testados e calibrados no Laboratório de Física da Universidade de Coimbra e que, mesmo o electrómetro inclinado de Wilson, foi construído em Coimbra e sujeito a desenvolvimentos vários (Nazareth F. M. de Sousa; 1915).

Sousa Nazareth publica, no ano seguinte, outro trabalho com o título: *Sobre um electrómetro de folhas de ouro* (Nazareth Francisco Martins de Sousa; 1916), onde refere as vantagens do uso de um electrómetro de folhas na medida de correntes de ionização muito fracas –as que se encontram quando se ioniza um gás em vaso fechado, por exemplo – e compara-as com as obtidas por um electrómetro de quadrantes (ou electrómetro inclinado de Wilson). Faz a descrição do aparelho que refere ser uma modificação do electrómetro inclinado de Wilson, expõe as suas propriedades, o modo de o regular e de determinar a sua sensibilidade e descreve, cuidadosamente, os materiais a usar na sua construção.

Sessenta anos depois, Mário Silva, referindo-se ao elevado nível científico dos trabalhos de Sousa Nazareth, comentou que as curvas de ionização obtidas apresentavam um cotovelo que o Professor não teve tempo de aprofundar e que mais tarde se soube serem devidas à presença do neutrão. Citando Mário Silva no discurso de homenagem da Câmara Municipal de Coimbra, em 1976:

¹⁹Em 1914 também Manuel Marques Teixeira, da Universidade do Porto, esteve um semestre em Paris onde seguiu um curso de radioactividade dado por Marie Curie na Sorbonne. A dissertação que apresentou ao concurso para o lugar de assistente no Porto intitulava-se “Manipulações radioactivas” e foi realizada essencialmente em Paris.

²⁰Este assunto começou a ser objecto de estudo depois de 1900, ano em que R. Wilson, Elster e Geitel, separadamente, descobriram que a condutibilidade dos gases, encerrados em recipientes fechados, era devida ao facto de eles se encontrarem fracamente ionizados, mas em 1915 estava longe de se poder considerar resolvida

« (...) Já disse várias vezes e em várias conferências, que Sousa Nazareth podia ter sido o nosso primeiro prémio Nobel, antes de Egas Moniz. (...) antes dele o Professor Francisco Martins de Sousa Nazareth, pelos trabalhos que efectuou até à sua partida para África. Tinha elementos suficientes para ser o descobridor de uma partícula fundamental da matéria, o Neutrão, pois a descoberta do Neutrão contém-se nos seus apontamentos, como verifiquei mais tarde. Portanto, se tivesse continuado em Coimbra, podia ter sido o nosso primeiro prémio Nobel. Foi realmente um Professor eminentíssimo, e foi ele quem, depois de eu ter sido seu assistente, me conduziu até Paris.(..)» (Silva, Mário; 1976b).

Mário Silva, inicia o curso de Ciências Físico-Químicas na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra em 1918 e tem como professor Francisco de Sousa Nazareth.

3.4. Conclusão

Em anexo (anexo 3.7) apresentamos um esboço prosopográfico dos professores que, a partir de meados do século XIX, ensinaram as cadeiras de Física na Faculdade de Filosofia e na faculdade de Ciências até aos anos 1920.

Do esforço de actualização levado a cabo pelos professores do Gabinete de Física da Faculdade de Filosofia através das suas viagens científicas realizadas na Segunda metade do século XIX, julgamos poder concluir:

- o apetrechamento do laboratório com instrumentos mais modernos, susceptíveis de ensaiar algumas experiências que permitiram algumas das descobertas mais recentes no campo das descargas eléctricas em meios gasosos rarefeitos, dos espectros de emissão, domínios que na época podemos considerar na fronteira dos novos conhecimentos;
- o ensino da Física, em alguns casos, começava a perder o seu carácter demasiado expositivo, recorrendo-se à demonstração experimental, ensaiando-se um ensino prático realizado pelos próprios estudantes;
- a importação de muitas publicações importantes que algumas instituições científicas estrangeiras ofereceram à Universidade, bem como a recepção regular de varias publicações periódicas estrangeiras bastante prestigiadas, tornou-se um hábito.

De todo este esforço, no domínio das propriedades da radiação e sobre a constituição da matéria, resultaram:

- um primeiro trabalho experimental, sobre uma matéria extremamente actual, realizado no Gabinete de Física em 1896 (produção de raios X e as primeiras radiografias), o que corresponde aos primeiros passos de um trabalho de investigação em Física;
- três outros trabalhos que, embora revelando uma actualização efectiva quanto à informação científica, não estavam associados a qualquer actividade experimental nem a qualquer desenvolvimento teórico original;
- no final do século XIX - início do século XX, a actividade do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra ficou marcada por trabalhos científicos sobre a constituição da matéria que demonstraram um conhecimento actual dos resultados experimentais e da produção teóricas, ensaiando-se as primícias de uma investigação experimental;
- embora escassos, quando comparados com os centros mais avançados, estes resultados reflectiam o esforço lento, até certo ponto alcançado, de meio século de actualização.

Com as reformas introduzidas pela República, a actualização dos conhecimentos científicos passa a uma nova fase, da qual podemos concluir:

- saída dos Professores da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, por alguns anos, para, num bom Laboratório estrangeiro para fazerem a sua formação;
- como resultado desta medida, um assistente do Laboratório de Física vai para Paris e, ao regressar, realiza em Portugal o primeiro trabalho de investigação, obtendo resultados novos sobre radioactividade.

4 - Mário Silva: dos anos da formação até à defesa da sua tese na Universidade de Paris

Sumário deste capítulo: Introdução; Primeiros passos biográficos até à preparação de uma viagem; O Laboratório Curie e a sua iniciação científica; Os trabalhos científicos no Laboratório Curie; O trabalho de Mário Silva e a comunidade científica internacional; O fim da estada parisiense e o regresso a Portugal; Conclusão.

4.1. Introdução

Se no capítulo anterior procurámos dar a conhecer, em traços muito gerais, a investigação científica que, no domínio da física, se fazia na faculdade de Ciências coimbrã no primeiro quartel do século XX, é nosso propósito, neste capítulo, concentrarmo-nos no trabalho científico de uma figura marcante no magistério desta escola, Mário Silva.

Mário Augusto da Silva ingressou em 1917 no Curso de Ciências Físico-Químicas na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, é um aluno distinto, o que lhe permite ser convidado para assistente da Faculdade e, pouco tempo depois, enviado para o estrangeiro onde virá a iniciar a sua carreira científica. O início desta carreira culminará com a defesa da dissertação de doutoramento na Universidade de Paris sob a arguência de Marie Curie e Jean Perrin.

Começaremos pela apresentação de alguns aspectos biográficos que consideramos relevantes para a escolha de uma carreira científica, aquilo que entendemos como o percurso que terminará com a preparação da sua viagem até um centro de investigação científica em Paris. Abordaremos, em seguida, a sua integração no ambiente de trabalho de um Laboratório de pesquisa pioneiro em termos mundiais; para quem tinha feito toda a sua formação longe de centros de investigação, depressa se fez sentir a insuficiência da sua preparação e a necessidade de superar tais debilidades. Daremos em seguida realce aos trabalhos científicos desenvolvidos no Laboratório Curie e às respectivas repercussões na comunidade científica internacional. Encerraremos este capítulo com a exposição das condições em que Mário Silva deixa Paris e regressa a Portugal.

4.2. Primeiros passos biográficos até à preparação de uma viagem

Mário Augusto da Silva nasceu a 7 de Janeiro de 1901, na freguesia de Almedina, em Coimbra. Era o filho mais velho de Aurelina Augusta Pimenta da Silva e de José

Augusto da Silva, professor da instrução primária e Director da Escola Oficial de Santa Cruz, em Coimbra.

Fez com distinção, durante os anos 1909 e 1910, o 1º e o 2º graus na Escola Primária de Santa Cruz. Era um rapaz calmo e propenso ao labor intelectual, preferia as distracções sossegadas, como a música e a olaria, ao jogo da bola ou outros jogos mais preferidos pelos seus companheiros da escola. Por volta dos dez anos tinha a ambição de ser músico. Teve lições de solfejo e aos doze anos tocava violino passando nessa altura para o piano. Esta ambição passar-lhe-ia, no entanto, pouco tempo depois (Caetano, E.; 1977).

A infância de Mário Silva foi muito acompanhada e apoiada pelo seu pai. O filho bebeu dele uma influência decisiva quer no campo da atitude cívica quer no interesse pelas questões do ensino. Embora, ao falar dos seus mestres, realçasse a sorte de ter tido excelentes professores (Martins, Francisco Eugénio; 1970), Mário Silva refere

«o pai como o meu grande Mestre. Não sóz apena o aluno sóz também o cidadão» (Silva, Mário; 1976b).

O pai de Mário Silva era um republicano convicto e militante de acentuada tendência liberal, um autêntico amante das liberdades fundamentais do cidadão. Do seu avô materno eram também conhecidas as suas opções republicanas. Não admira que este ambiente moldasse, logo desde os primeiros anos, a personalidade de Mário Silva. Habitado a um meio onde os adversários políticos não eram considerados inimigos, mas respeitados como pessoas com ideias políticas diferentes, Mário Silva contava, passados sessenta anos, a situação de repulsa que a notícia do assassinato do rei havia causado no meio republicano da sua família (Caetano, E.; 1977, p.18).

No dia da implantação da República, com nove anos apenas, acompanhou o pai pelas ruas da Baixa Coimbrã participando nas manifestações, dando os seus primeiros vivas à República. Frequentou comícios, sempre levado pela mão do seu pai, moldando-se a sua formação cívica dentro do espírito do republicanismo democrático. Como mais tarde recordaria:

«Desejo recordar, falando de meu pai, que a primeira vez que eu aqui entrei, foi no dia 6 de Outubro de 1910, trazido aqui pela sua mão, e foi aqui que dei os primeiros gritos à República e à Liberdade.» (Silva, Mário; 1976b, p. 48).

Nos Centros Republicanos ouviu, com admiração as palavras de Afonso Costa e de outras grandes figuras da República. Estes comícios impressionaram-no tanto e ficou tão marcado por eles que, muitos anos depois reiterava:

«Fiquei sempre preso à tradição republicana e ao liberalismo dos homens» (Caetano, E.; 1977, p. 20).

Estes traços de republicanismo e de tolerância marcaram-no para toda a vida.

Acabada a instrução primária, entre 1911 a 1914, iniciou a frequência do Ensino Secundário no Colégio de S. Pedro tendo sido aprovado no 3º ano com distinção (16 valores). Passou depois para o Liceu José Falcão, até 1917. No quarto e quinto anos as suas melhores classificações foram nas disciplinas de Matemática e Física. Foi aprovado no 5º ano com distinção (17 valores). No sexto ano o seu professor de Física, o Dr. Francisco Ribeiro Nobre, ofereceu-lhe, como prémio de fim de ano, a colecção dos seus livros¹. Foi nesta época, com quinze anos de idade, que Mário Silva se começou a interessar mais pela Física. Pensava então ser engenheiro electrotécnico, mas aconselhado por alguns dos seus professores, entre eles o Prof. Dias Pereira (seu professor de matemática, a quem se refere com reconhecimento)

«cujos conselhos e ensinamentos me levaram a pensar na carreira universitária, pondo de parte uma ideia antiga de ser Engenheiro». (Martins, Francisco Eugénio; 1970).

Como o ensino da Física primava pela ausência de qualquer trabalho experimental (chamou-lhe a Física do giz por deficiência e falta de material didáctico... (Caetano, E.; 1977, p.27)) matriculou-se, durante os anos de 1916 e 1917, num curso nocturno experimental de mecânica e electricidade que Francisco Martins de Sousa Nazareth, professor na Universidade de Coimbra e director da Escola Brotero daquela cidade, leccionava nesta Escola. Concluía o curso dos liceus com dezasseis anos apenas, obtendo a classificação de dezanove valores, e, simultaneamente, o curso experimental na Escola Brotero.

Matriculou-se, em Outubro de 1917, na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra no Curso de Ciências Físico-Químicas e, ao longo de todo o curso, nas

¹ Francisco Ribeiro Nobre, Bacharel em Matemática e Filosofia pela Universidade de Coimbra, foi autor de três obras didácticas: *Lições de Física do curso Geral dos Liceus e Escolas Normais, Industriais, etc.*; *Tratado de Química Elementar* e *Tratado de Física Elementar*. As duas últimas obras foram adoptados, desde 1895, na maioria dos Estabelecimentos de Ensino Secundário em Portugal e a primeira foi escolhida, por unanimidade, pela comissão destinada pelo Governo para escolha dos livros do ensino secundário, em 1899. Em 1934 foram publicadas, a 16ª edição, a 14ª edição, e a 23ª edição, respectivamente. Estas obras foram também adoptadas no Brasil. (Nobre, Francisco Ribeiro; 1934).

cadeiras dos grupos de Física, Química e Matemática foi sempre aprovado com a elevada distinção de dezanove valores. No inicio da sua formatura encontrou os Professores Doutores Álvaro da Silva Basto, Anselmo Ferraz de Carvalho e Francisco M. de Sousa Nazareth que, apesar das parcias condições, o estimularam, através do seu ensino, a interessar-se pelas matérias científicas ao ponto de o incitarem a “ensaiar mais largos voos” (Martins, Francisco Eugénio; 1970). Mário Silva ficou, contudo, a dever o essencial da sua iniciação à investigação científica a Francisco M. de Sousa Nazareth e é esta aprendizagem experimentalista que lhe permitiu abordar os exigentes trabalhos de investigação em Paris, a partir de 1925. Licenciou-se em Ciências Físico-Químicas, em 1922 com a informação final de dezanove valores. Ainda estudante, no início do seu terceiro ano, em 1921, foi contratado como Segundo Assistente supranumerário do 1º grupo da 2ª secção (Física) e foi como assistente que se iniciou na investigação científica, embora as suas tarefas estivessem mais orientadas para o ensino. Passou a Segundo Assistente logo após a sua formatura e dois anos mais tarde, em Maio de 1924, era Primeiro Assistente.

Logo após a sua formatura casa-se com Maria Alice de Campos Matos Pimentel e, em 1923, antes da partida para Paris, nasce a sua filha mais velha, Maria Isabel.

Embora toda a sua vida académica estivesse virada para o estudo das ciências e, desde muito novo se tivesse manifestado o seu interesse pelas «coisas da ciência e da técnica», a sua sensibilidade e os seus interesses culturais também lhe determinaram uma propensão particular para as manifestações artístico-literárias. Se, logo desde muito novo, a música preenchia parte do seu tempo livre, aos doze anos inicia-se na arte do conto e da poesia e aos catorze anos publica os seus escritos, em colaboração com jornais como *O Dever* de Montemor-o-Velho e no *Jornal de Mira* (Caetano, E.; 1977, p.26). Durante toda a sua vida estudantil, continuando a actividade literária, manteve a colaboração com aqueles jornais e, nos seus tempos de Faculdade, alarga-a à publicação de trabalhos filosófico-científicos nos jornais *Notícias de Coimbra*, *Gazeta de Coimbra* e *A Cidade*. Neste último, um jornal de estudantes, iniciou em 21 de Fevereiro de 1923 uma *Secção científica* que mais tarde passou a ter o nome de *Sciencia*, onde declarou:

«(...) Não nos esqueceremos nunca de que não é propriamente aos crúditos e aos estudos que falamos. Escrevemos para um público curioso, que se dá ares de saber e que fala tão depressa do rádio e dos raios X como de política.

(...) o que é certo, porém, é que hoje, neste frenesi de actividade que agita o actual momento, os progressos da Sciencia devem interessar a todos. A electricidade é cada vez mais, um campo aberto a todas as iniciativas. A química descobre-nos a cada passo novas actividades. A Rádio-actividade criou-se ainda ontem e os seus estudos entram em domínios os mais diversos.

(...) a investigação das verdades científicas, sendo ainda há pouco a ocupação exclusiva duma elite, vulgarizou-se hoje e espalha-se mesmo até aqueles que procuram debaixo de um aspecto utilitário e prático. É que a Sciencia e a Industria cooperam hoje no mesmo trabalho de renovação. Se os sábios se esforçam no campo das suas descobertas, os industriais trabalham no campo das invenções (...) » (Silva, M.; 1923).

Nesta secção Mário Silva publicou uma série de artigos sobre o problema da geração espontânea da vida² que deram origem a uma polémica com alguns professores universitários e dirigentes do Centro Académico da Democracia Cristã - C. A. D. C. - ao responderem-lhe com um artigo no jornal, pertencente à diocese de Coimbra, *O Correio de Coimbra*. Este sector tradicionalista e católico da Universidade, verificando que a vertente religiosa do assunto não era abordada, sentiram-se ofendidos pelo desrespeito à religião que o artigo podia fomentar. Citando Mário Silva:

«Surgiu, em resposta, no “Correio de Coimbra” uma campanha contra mim, campanha essa promovida por três professores universitários³, à frente dos quais se encontrava Salazar, e que durou meses. Assistente, na altura o meu director chamou-me à atenção: “veja lá o que anda a fazer ao Dr. Salazar, que ele está muito zangado consigo.” Com vinte e poucos anos, cheio de vitalidade, respondi-lhe: “Ele agrediu-me e eu não me calo.” Este meu á-vontade derivava do facto de vivermos num regime de liberdade – eram os primeiros passos da República...» (Correia, Fausto; 1976).

Mário Silva recorda este episódio quando se vê a encabeçar a lista de professores universitários afastados á força das suas funções docentes na Universidade, em 1947:

«A verdade é que Salazar nunca mais me tolerou; passei a ser para ele um agitador – “esse agitador”, dizia ele a pessoas que me conheciam. Quando chegámos a 1947, Salazar não se tinha esquecido e pôs-me mesmo à cabeça do rol de professores universitários afastados, que constitui grande honra para mim, acompanhado como estava de Pulido Valente, Fernando Fonseca e Dias Amado, entre outros. Salazar tinha finalmente feito o ajuste de contas.» (Correia, Fausto; 1976).

² Publicados entre 17/3 e 14/4 de 1923 com os títulos: *Considerações Gerais – O problema da geração espontânea; A geração espontânea de cristais; A vida universal de cristais e Conclusões finais*. Este aspecto da vida de Mário Silva foi objecto de uma comunicação no 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica, ocorrido de 22 a 27 de Outubro de 2000, nas Universidades de Évora e de Aveiro, com o título: “Sciencia: sobre o problema da génesis da vida”. *O inicio da vida pública do Prof. Mário Silva*”, apresentada por Paulo Renato Trincão.

³ Mário Silva referia-se a Ferrand de Almeida, que assinou o artigo, Cerejeira e Salazar que faziam parte do corpo dirigente do C. A. D. C..

Interessa-nos aqui realçar este gosto filosófico-literário que Mário Silva procurou sempre cultivar, pois ele vir-se-á a manifestar, mais tarde, de um modo marcante quer no modo como redigirá as suas lições, com acentuado cuidado literário, quer na abordagem dos temas histórico-filosóficos relacionados com as matérias de Física que eram alvo do seu ensino.

Sendo Segundo Assistente da Universidade, Mário Silva começava já a pensar no trabalho de doutoramento, que seria orientado pelo Prof. F. M. Sousa Nazareth, quando este teve de se ausentar para África. Foi então que, perspectivando uma maior abertura dos seus horizontes científicos, elaborou um plano de estágios no estrangeiro que, no ano lectivo de 1924/1925, dirigiu ao Vice-Reitor da Universidade, o Prof. Doutor Anselmo Ferraz de Carvalho. A Universidade autorizou a sua saída, dispensando-o da docência e mantendo o ordenado. Mário Silva escolheu Paris, na altura um dos principais centros mundiais na especialidade de radioactividade, no âmbito da qual já tinha feito alguns trabalhos preliminares com Sousa Nazareth. Destacamos entre aqueles trabalhos os que envolviam a detecção de radioactividade e que, na altura, eram ainda objecto de estudo daquele professor (Nazareth, Francisco Martins de Sousa; 1916): a medida de correntes de ionização muito fracas, como as que se encontram num gás em vaso fechado, e vários ensaios de teste dos aparelhos necessários para aquelas medidas, como o electrómetro de folhas de ouro e o electrómetro de quadrantes. Sobre este período da sua vida, escreve Mário Silva:

«...Estudante ainda, mas já assistente de Física da Faculdade de Ciências de Coimbra, recordo que foi o meu colega desse tempo, Dr. António Gomes de Almeida, já então também assistente de Química, que me chamou a atenção para a matéria desses artigos, cuja novidade muito nos impressionou, tanto mais que o assunto era completamente desconhecido nos programas das cadeiras de Física e de Química desse tempo.» (Silva, Mário A.; 1963).

Refere-se aos artigos de Bohr, subordinados ao título: "Atomic Struture" publicados nos números 107 e 108 da revista *Nature*, em 1921. Quanto à Teoria da Relatividade, embora em Portugal tivesse sido referenciada em revistas de carácter científico, em revistas culturais de circulação nacional, em relatórios e cursos universitários, Mário Silva afirmou:

«em 1924, quando me ausentei de Coimbra, nem sequer uma simples referência, em qualquer cadeira de Física ou de Química, lhe havia sido feita, quase vinte anos após a sua publicação» (Caetano, E.; 1977, p. 44).

Desconhecendo os principais tópicos da física que lhe era contemporânea, animado de um forte espírito voluntarioso, consciente dos sacrifícios que eram impostos á sua família, Mário Silva lança-se na aventura parisiense.

4.3. O Laboratório Curie e a sua iniciação científica

Em Setembro de 1925 Mário Silva parte para Paris como bolseiro da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra. Não o acompanha qualquer pedido oficial por parte da universidade que solicite a sua admissão no “Institut du Radium” onde pretendia estagiar, nem é portador de qualquer carta de apresentação ou recomendação para qualquer personalidade científica ou universitária francesa. No início, valeram-lhe as suas ligações ao meio republicano: com uma carta de recomendação escrita por Gaspar de Lemos⁴, um correligionário político e grande amigo do seu pai, Mário Silva apresentou-se à proeminente figura republicana, Afonso Costa, que se exilara em Paris (Caetano, E.; 1977); uma personalidade que goza de um certo prestígio junto da comunidade universitária francesa⁵, e que, ao saber que Mário Silva desejava frequentar o Laboratório Curie, prometeu apresentá-lo a Paul Langevin, seu amigo. Foi ainda devido à acção daquele democrata da I República que o jovem físico de Coimbra recebeu um ofício, datado de 1 de Dezembro de 1925, do então secretário da Société de Chimie-Physique, Charles Marie, convidando-o para sócio. Mais tarde, em 16 de Janeiro de 1926, já com provas dadas, foi eleito sócio da Société Française de Physique. Foi membro destas associações científicas toda a vida.

O Instituto de Rádio de Paris, e quem o dirigia, gozava de grande prestígio no meio científico francês,

«A par da sua actividade de investigação, Marie Curie (seu marido tinha desaparecido prematuramente, vítima de um acidente) procurava, por todos os meios, alargar o âmbito do seu trabalho, tendo conseguido que, em 1912, fosse tomada a decisão de se constituir o *Institut du Radium* na dependência da Universidade de Paris.» (Gil, Fernando Bragança; 1995).

O Instituto continha dois Laboratórios – um destinado aos trabalhos físico-químicos dos corpos radioactivos – Laboratório Curie – e o segundo dedicado às investigações biológicas destes corpos e às aplicações em medicina – Laboratório

⁴ Ministro da Agricultura do Governo presidido por Afonso Costa.

⁵ Na inauguração do ano lectivo de 1925-1926 na Universidade de Paris foi a primeira pessoa a ser apresentada, pelo mestre de cerimónias, ao novo Reitor. (Caetano, E.; 1977, p. 41).

Pasteur, dirigido pelo Dr. C. Regaud. A plena concretização deste Instituto teve de esperar pelo fim da Primeira Grande Guerra,

«Après la Première Guerre mondiale, le plus grand laboratoire français de recherche est placé sous la direction d'une femme: Marie Curie.

Contrairement à l'image traditionnelle, ce lieu où ont été isolés les premiers corps radioactifs n'est pas consacré à la pure exploration des secrets de la matière. Sa directrice mène une politique volontariste pour tisser des liens avec l'industrie, le corps médical et les pouvoirs publics.» (Boudia, Soraya; 1997).

O Instituto adquire grande desenvolvimento a partir de 1920, constituindo então um foco de atracção de numerosos jovens de todo o mundo, desejosos de iniciar uma carreira científica ou técnica nesse novo domínio que era, então, a radioactividade;

«Todos tinham sido atraídos pela celebridade do laboratório, pelo desejo de adquirir a sabedoria “na fonte”. Uns pretendiam conhecer, em alguns meses, a técnica da radioquímica ou da medida de actividade, outros dedicavam a sua estadia mais prolongada à preparação de teses de doutoramento.

(...) Marie Curie considerava como um dever acolher no seu Laboratório os sábios que lhe eram enviados, pelos organismos científicos estrangeiros para estudar a acção radioactiva do rádio.» (Kabzinska, Krystyna; 1989).

Marie Curie não se limitou a ser uma brilhante investigadora, desenvolveu uma importante escola donde saiu a primeira geração de investigadores franceses em Física Nuclear. O Laboratório foi dirigido por Marie Curie até ao seu desaparecimento, em 1934⁶, mulher de forte personalidade marcou indelevelmente todo o trabalho científico que ali se fazia, bem como o ambiente de camaradagem científica que se respirava.

«Como afirmou o Prof. Moisse: *como directora, Marie Curie era um fenómeno excepcional e não só para a época. Ela soube dirigir um imenso Instituto e os seus numerosos laboratórios de Física e de Química, sabendo tudo o que ali se fazia, conhecendo todos os detalhes do trabalho que nós efectuámos. Ela inspirava, dava indicações, dirigia, deixando ao mesmo tempo aos jovens a iniciativa e a liberdade de escolha do tema e dos métodos de trabalho.*» (Kowzan, Halina, 1967: Picc wspomnien z rozami. (Cinco recordações das rosas) . Swiat, 44, cit. in Kabzinska, Krystyna; 1989).

Mário Silva falou pela primeira vez com Marie Curie no dia 7 de Outubro de 1925, a quem expôs o objectivo da sua missão e o seu desejo de preparar uma dissertação de doutoramento. Marie Curie lamentou que a Universidade de Coimbra não tivesse feito o pedido de inscrição «oficialmente» e dentro dos prazos estabelecidos,

⁶ A que se seguiu Debierne, Irène Curie e F. Joliot, por esta ordem.

pois as inscrições já tinham terminado. É o próprio Mário Silva que conta, não só como tudo se passou mas também como Marie Curie o instalou para começar o seu trabalho:

«Não me fez desaninar, antes, pelo contrário, pediu-me que esperasse uns dias por uma resposta definitiva, que seria provavelmente favorável, ao meu pedido de admissão. Registo aqui as palavras que me escreveu dias depois, pelo que elas representam de atenção para com a Universidade de Coimbra: «Monsieur- Vous avez demandé à être admis à travailler au Laboratoire Curie de L'Institut du Radium pour apprendre la technique et pour faire une recherche personnelle. Afin de rendre service à l'Université de Coimbra qui vous a confié cette mission, je suis disposée à accorder votre admission bien que vous avez fait votre demande trop tard quand l'organisation de l'année scolaire était déjà, en principe, arrêtée. Veuillez agréer Monsieur, mes salutations sincères.- M. Curie.»

Com o maior alvoroço respondeu imediatamente: « Madame – Tout en vous remerciant beaucoup de votre lettre, j'ai le plaisir de vous communiquer que j'accepte tout ce que vous m'avez proposé. Je ferai mon inscription au Secrétariat et j'attendrai l'ouverture de votre cours et du Laboratoire. Je viens d'écrire à M.le Recteur de l'Université de Coimbra et M.le Directeur du Laboratoire de Physique où j'ai travaillé, en leur rendant compte de ce que vous m'avez proposé et en leur faisant remarquer que vous accordiez mon admission au Laboratoire Curie pour rendre service à l'Université de Coimbra. Je vous prie d'agréer mes respectueux remerciements.»

Na falta de um lugar no Laboratório, foi na sua sala de aula que Marie Curie me instalou para a execução dos meus primeiros trabalhos. Assim se explica, em grande parte, a atenção com que os seguiu desde o início, e todo o interesse que por eles tomou. Assim se explica também que eu tivesse ficado em estreita ligação com a organização do seu curso teórico e que eu tivesse tido a honra de auxiliar nas demonstrações experimentais das suas lições magistrais.» (Silva, Mário; 1938)⁷.

Outro aspecto atraente e educativo do Laboratório era a presença, durante períodos mais ou menos longos, de investigadores de diversas nacionalidades: franceses, jugoeslavos, polacos, holandeses, italianos, belgas, ingleses, portugueses⁸, romenos, russos, suíços, etc.. Criava-se assim relações de amizade que favoreciam o desenvolvimento da cooperação internacional na Ciência.

O Trabalho científico realizava-se, no laboratório Curie, individualmente, havia, no entanto, todas as semanas, uma reunião de trabalho de todos os investigadores para falarem dos seus trabalhos. Era a fase artesanal da investigação científica.

⁷ Este artigo comemora a descoberta do Rádio por ocasião da realização da Semana Internacional contra o cancro que decorreu de 23 a 30 de Novembro de 1938.

⁸ Além do Doutor Mário Silva estagiaram no Laboratório Curie, por um período de alguns anos, os Doutores Manuel Valadares, Branca Marques e Marques da Silva. Antes, em 1914, Francisco M. de Sousa Nazareth e Manuel Marques Teixeira tinham estagiado, por alguns meses, no laboratório de investigação de Marie Curie ainda nas suas primitivas instalações na rua Cuvier.

Mário Silva foi primeiro ajudar Marcel Laporte, então assistente de Marie Curie, a quem substituiu a partir do ano lectivo de 1926/1927. Era o assistente que preparava e executava as experiências com que Marie Curie ilustrava quer as aulas quer as conferências, que dava regularmente. Logo nos primeiros contactos Mário Silva sentiu a falta de preparação científica, especialmente em Física e Matemática, para acompanhar o alto nível científico do Laboratório. A frustração de Mário Silva nas reuniões semanais de trabalho, onde se debatiam os problemas científicos, era tal que pensou, por uns momentos, em regressar a Coimbra, mas resistiu. Decidiu então frequentar diversos cursos de Física Teórica e de Matemática na Sorbonne e no Collège de France. Foram seus Mestres nomes grandes como Jean Becquerel (filho do Henri Becquerel), no curso geral de *Relatividade*, este no Muséum d'Histoire Naturelle; Paul Langevin, nos *cursos de Relatividade e Teoria dos Quanta*; Goursat, no curso de *Calculo Diferencial e Integral*; Borel, em *Probabilidades e Física Matemática*; Hadamard, em *Análise Matemática*. Assistiu ao primeiro curso de *Mecânica Ondulatória* de Louis de Broglie, na Sorbonne e a diversos cursos de *Física Teórica* de Marie Curie e de Debierne⁹. Os cursos teóricos sobre Radioactividade de Marie Curie incluíam a metodologia da investigação e muitos problemas conexos, como a electrólise, a condutividade eléctrica dos gases, a teoria de Bravais sobre a estruturas dos cristais, as equações de Maxwell e os fundamentos da teoria da relatividade. Os cursos eram ilustrados com excelentes experiências (Kabzinska, Krystyna; 1989).

Estes cursos, os contactos que estabeleceu (em 1927, Mário Silva esteve presente, em Paris, nas cerimónias comemorativas do primeiro centenário da morte do físico francês Fresnel, juntamente com Lorentz, J. J. Thomson, Marie Curie, Niels Bohr e Albert Einstein) e toda a actividade que desenvolveu no Instituto do Rádio de Paris fizeram com que, no seu retorno à vida académica em Coimbra, dotasse as suas aulas e as conferências científicas de uma modernidade e renovação que podemos hoje avaliar pelas lições que deixou escritas.

Mário Silva recordava, com entusiasmo, os trabalhos e o ambiente que se vivia no Instituto do Rádio em Paris:

«...Para além da actividade docente, Madame Curie vivia mais intensamente os trabalhos de investigação dos que, como eu, preparavam dissertações de doutoramento. O trabalho era intenso,

⁹ Descobridor do actínio c, então sub-director do Laboratório Curie.

feito numa atmosfera de entusiasmo e de expectativa. Embora nenhuma descoberta sensacional tivesse sido revelada nesse período pré-atómico de 1925-1930, sentia-se, porém, que “alguma coisa” iria surgir de um momento para outro. Holweck, depois de ter completado os seus trabalhos sobre os espectros de raios X moles, atacava a fundo o problema da constância das transformações radioactivas, ao mesmo tempo que obtinha os primeiros resultados positivos de televisão. Ainda me recordo que, à falta de outro motivo mais característico, se servia do nariz adunco e bastante saliente do seu dedicado colaborador, Pierre Chevalier, para mostrar o sucesso do seu primitivo dispositivo de televisão, projectando-o num ecrã de experiência, por forma que todos imediatamente o identificavam. Apesar destes sucessos, era, porém, o problema do núcleo que mais interessava Holweck. Entre outros ensaios lembro-me de que se servia de fortíssimas descargas eléctricas que volatilizavam fios metálicos sobre os quais fazia o depósito de material radioactivo. Foram sempre negativos estes ensaios e, assim, Holweck confirmava a opinião de que os núcleos radioactivos se mantinham estranhos a qualquer acção exterior que tentasse modifcar o seu ritmo de transformação. Quanto a Debierne, então já investigador célebre pela sua descoberta do actínio nos primeiros tempos da radioactividade, nessa época isolava-se um pouco do movimento geral do Instituto, entregando-se a trabalhos de outra natureza. Embora investigador que raras vezes falava, sabia-se da sua presença no Laboratório pelos silvos estridentes do seu pião giroscópio a que imprimia velocidades fantásticas com o fim de verificar experimentalmente a variação relativista da massa dos corpos com a velocidade... Havia Frilley, que tinha começado os seus trabalhos sobre espectografia de raios gama, por difracção cristalina; H. Jedrzejowki e Consigny, que efectuavam diversas investigações sobre raios alfa; M.lle Chamié e Madame Sonia Cotelle, em trabalhos de radio-química; A. Proca que, tentava sem sucesso trabalhos experimentais que, embora executados com excelente técnica, nunca o conduziram a trabalhos dignos de nota. Mas, entre todos, o mais entusiasta, o mais dinâmico, o mais persistente nos seus trabalhos, era Salomon Resenblum com quem manteve uma camaradagem e uma profunda e sólida amizade. Foi assim, com o seu dinamismo aliado a uma esclarecida imaginação, que ele conseguiu ser o primeiro a publicar descoberta de vulto: a estrutura fina dos raios alfa que abriu clareiras novas sobre a estrutura do núcleo, nesse tempo perfeitamente obscura» (Silva, Mário; 1957).

Os trabalhos de investigação, que iriam permitir a Mário Silva obter o *Doctorat d'État, ès-sciences Physiques*¹⁰ na Universidade de Paris, são desenvolvidos neste contexto e ambiente, referido diversas vezes pelo próprio, com a satisfação de quem teve o privilégio de o viver durante alguns anos.

4.4. Os trabalhos científicos no Laboratório Curie.

O centro de interesse no Laboratório Curie é, no início dos anos 1920, a radioactividade e em seguida, a física nuclear. Até 1929, os estudos físicos dos raios α,

¹⁰ Mostra-se em anexo 4.1 fotocópia do respectivo diploma de *Doctorat d'État, ès-sciences Physiques*.

β e γ e das constantes de desintegração dominaram os trabalhos. No entanto, ainda nos anos vinte, foram feitos estudos sobre o quartzo piezoelectrónico, os aparelhos de amplificação, os raios X e a descarga em gases. Na década seguinte as orientações mais importantes foram o estudo das estruturas finas, com S. Rosenblum; dos neutrões e do electrão positivo, de 1930 a 1933; da radioactividade artificial a partir de 1934; para se orientar enfim para a fissão. Continua contudo, importantes investigações mais clássicas como radiações β e γ , leis da absorção, química nuclear, propriedades electroquímicas e físico-químicas dos elementos e química dos radioelementos (Pestre, Dominique; 1984).

O trabalho científico de Mário Silva orienta-se para a descarga de gases e propriedades electroquímicas de elementos, na esteira do que já ensaiara em Coimbra.

Os gases, maus condutores da electricidade, sob a acção de determinados agentes - raios X ou substâncias radioactivas - podem adquirir uma condutibilidade relativamente grande. Discutia-se, nos anos 1920, a acção destes agentes e Mário Silva foi orientado para o estudo da condução eléctrica nos gases, linha de trabalho que, sob o ponto de vista experimental, estava a cargo de Marcel Laporte¹¹.

M. Laporte na sua tese de doutoramento (Laporte, M.; 1927) estudou, em diferentes condições físicas, as curvas de ionização. O campo eléctrico uniforme, existente entre as armaduras do condensador da câmara de ionização, faz os iões, produzidos pelo agente ionizante, deslocarem-se na direcção dos pratos a que eles cedem as cargas que transportam. É este movimento duplo dos iões positivos e negativos que constitui a corrente eléctrica no gás. O estudo experimental da variação da intensidade da corrente com a diferença de potencial conduz a resultados traduzidos graficamente pelas curvas de ionização onde, para pequenas diferenças de potencial, inferiores a um certo limite, a intensidade da corrente é sensivelmente proporcional à diferença de potencial, isto é, satisfaz a Lei de Ohm. Para diferenças de potencial superiores a esse limite a condução deixa de ser regida por essa lei e, a partir de uma diferença de potencial, V_0 , a intensidade da corrente não varia mais, atingindo um valor limite i_0 , independentemente da diferença de potencial aplicada. Esta corrente, i_0 , é chamada corrente de saturação.

Laporte verificou que a corrente de saturação aumenta com a distância entre os pratos e com a pressão do gás e obteve a saturação duma corrente de ionização, para um

¹¹ Este físico francês especializa-se neste domínio, conhecemos dele: Laporte, Marcel; 1939.

campo eléctrico suficientemente intenso que torne insignificante a perda de iões por recombinação ou por difusão.

As particularidades das curvas de ionização são explicadas com base na teoria dos iões. Suponha-se que a radiação ionizante produz, por segundo, em cada unidade de volume do gás contido entre o pratos de um condensador plano, p iões de cada carga e que se estabeleceu um campo eléctrico entre as armaduras. Seja V a diferença de potencial entre as pratos do condensador. Podemos esperar que os iões se desloquem no gás e que este produza uma resistência ao movimento daqueles. Admita-se que a velocidade dos iões é proporcional ao campo; sendo k_1E a velocidade dos iões positivos e k_2E a velocidade dos iões negativos, onde os coeficientes k_1 e k_2 representam a mobilidade dos iões.

Consideremos primeiro o caso do campo eléctrico muito fraco, onde o deslocamento dos iões é muito lento e é pequena a alteração da sua concentração. O número de iões dos dois sinais que atravessam, por segundo, uma superfície normal ao campo é k_1nE e k_2nE , se em cada unidade de volume existir n iões negativos e n iões positivos.

A intensidade i do vector corrente no gás é:

$$i = (k_1 + k_2)n e E$$

Se a superfície das pratos for S e a sua distância d , a intensidade da corrente total é:

$$I = iS = (k_1 + k_2)n e S (V_2 - V_1) / d$$

Para uma ionização em volume e uma diferença de potencial fraca, a intensidade da corrente no gás é proporcional à diferença de potencial e varia na razão inversa da distância dos pratos do condensador.

Para o campo mais intenso os iões deslocam-se mais rapidamente e a sua concentração varia significativamente. Há no entanto um valor limite para a intensidade da corrente que é obtida quando todos os iões produzidos no gás atingem os pratos do condensador, isto é, quando o tempo do seu movimento é demasiado curto para que possa haver fenómenos de recombinação. Cada prato recebe, por segundo, pSd iões e portanto uma carga $pSde$. A corrente correspondente é uma corrente de saturação e a sua intensidade é:

$$i_0 = pSde$$

A intensidade da corrente de saturação é proporcional ao número de iões produzidos por segundo no condutor e mede a intensidade da ionização.

Se afastarmos os pratos do condensador a ionização permanece uniforme e o número de iões produzidos, por unidade de volume, permanece constante e a intensidade i_0 da corrente de saturação aumenta (Bruhat, G; 1963).

Um dos aspectos importantes do estudo das correntes de ionização relacionava-se com as natureza dos iões gasosos, isto é, o problema da recombinação dos iões que se opõe à completa saturação da corrente.

Mário Silva usou a corrente de saturação para medir a actividade do agente ionizante, depois de mostrar que esta corrente é independente da diferença de potencial aplicada (desde que seja suficiente para evitar a recombinação dos iões), e que é proporcional á carga, isto é, à produção de iões pelo agente ionizante - o fundamento das câmaras de ionização na detecção da radiação (Policarpo, Armando P.L. et al.; 1992) - e mostrou que a saturação das correntes de ionização ocorrem no árgon puro, sob a pressão atmosférica, para tensões contínuas muito mais pequenas que no ar. Na sua tese, o culminar de três anos de trabalho sobre as descargas eléctricas nos gases, é analisado o mecanismo de formação dos iões negativos gasosos, estudando a electroafinidade; conceito estabelecido pela primeira vez, em 1915, por J. J Thomson (Thomson, J. J.; 1915: cit. in Silva, Mário A. da; 1929)¹² e utilizado por Laporte, na sua tese de doutoramento (Laporte, M.; 1927), em diversos elementos. Nas palavras de Mário Silva, referindo-se aos fenómenos que se produzem quando os electrões se deslocam num gás:

«La nature de ces phénomènes dépend essentiellement de la vitesse des électrons.

C'est ainsi que pour certaines vitesses, il se produit les phénomènes bien connus de résonance, d'ionisation et de dissociation des gaz. Chacun de ces phénomènes est produit dès que la vitesse des électrons atteint ou dépasse certaines valeurs qui servent à définir, par exemple, dans le cas des deux premiers phénomènes, ce qu'on appelle respectivement les potentiels de résonance et d'ionisation.

On sait tout l'intérêt de la connaissance des valeurs de ces potentiels pour la détermination des niveaux énergétiques suivant les théories modernes de la structure de l'atome.

¹² Thomson mostrou neste trabalho que “pressentiu” a necessidade de fazer intervir a natureza química do gás e aceitou que o choque de um electrão com uma molécula gasosa não conduz sempre á formação de um ião negativo, sendo esse resultado apenas provável e o factor de probabilidade uma constante específica do gás.

Les phénomènes de dissociation moléculaire par choc électronique ont donné, d'autre part, un moyen nouveau de déterminer par une méthode purement électrique, les chaleurs de dissociation des gaz et de contrôler ainsi des résultats acquis par d'autres méthodes.

Pour ces vitesses, les électrons peuvent donc perdre une fraction de leur énergie qui peut être notable et qui est transmise aux molécules modifiées.

Aux vitesses plus petites que les vitesses critiques, les phénomènes produits sont de nature tout à fait différente et les électrons peuvent, suivant les circonstances, perdre ou gagner de l'énergie à chaque collision. Parmi ces collisions, sont particulièrement intéressantes celles qui ont comme conséquence la fixation des électrons par les molécules gazeuses et qui donnent ainsi lieu à la formation des ions négatifs gazeux.

Les circonstances qui accompagnent cette formation étant dépendantes de la nature chimique des molécules gazeuses, on a été conduit à étudier ce qu'on peut appeler les réactions chimiques de ce gaz électronique constitué par les électrons, avec les gaz usuels, les ions négatifs gazeux pouvant être considérés comme les produits de ces réactions.

On a été amené, en particulier, à envisager le mécanisme de formation de ces ions et à considérer, comme pour les réactions chimiques, une sorte d'affinité entre électrons et molécules gazeuses, affinité que l'on désigne d'habitude du nom d'*electroaffinité*.» (Silva, Mário A. da; 1929).

Faremos em seguida uma exposição dos diversos trabalhos de Mário Silva no Laboratório Curie, optando pela sua seriação cronológica que, parece-nos, evidencia o percurso de pesquisa deste investigador

4.4.1 (1º TRABALHO) «*Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur*» (Laporte, M. e Mário Augusto da Silva; 1926)¹³

O trabalho *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur*, foi o primeiro trabalho de investigação de Mário Silva, correspondendo à sua iniciação por Laporte no domínio em que irá trabalhar. Serviu de ponto de partida para outros trabalhos e, mais tarde, para a dissertação de doutoramento sobre a electroafinidade dos gases. Este trabalho, foi apresentado à Academia das Ciências de Paris por Jean Perrin, tal como outros quatro trabalhos feitos por Mário Silva, em Paris.

Mário Silva e M. Laporte, experimentaram pôr em evidência a mobilidade dos iões negativos no árgon puro estudando a forma das correntes de ionização obtidas num condensador de pratos paralelos.

¹³ Transcrito em Portugal: Laporte, M e Mário Augusto da Silva, (1926): *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur*, O Instituto, 73 (5), 783.

Se no argon os “iões negativos” são, a maior parte, electrões, devemos esperar que a saturação das correntes de ionização seja muito mais fácil no argon que no ar. Mário Silva obteve (fig. 4.1), de facto, no argon a saturação das correntes de ionização sob uma tensão de 50 volt, enquanto no ar esta saturação estava longe de ser alcançada sob uma tensão de 1760 volt.

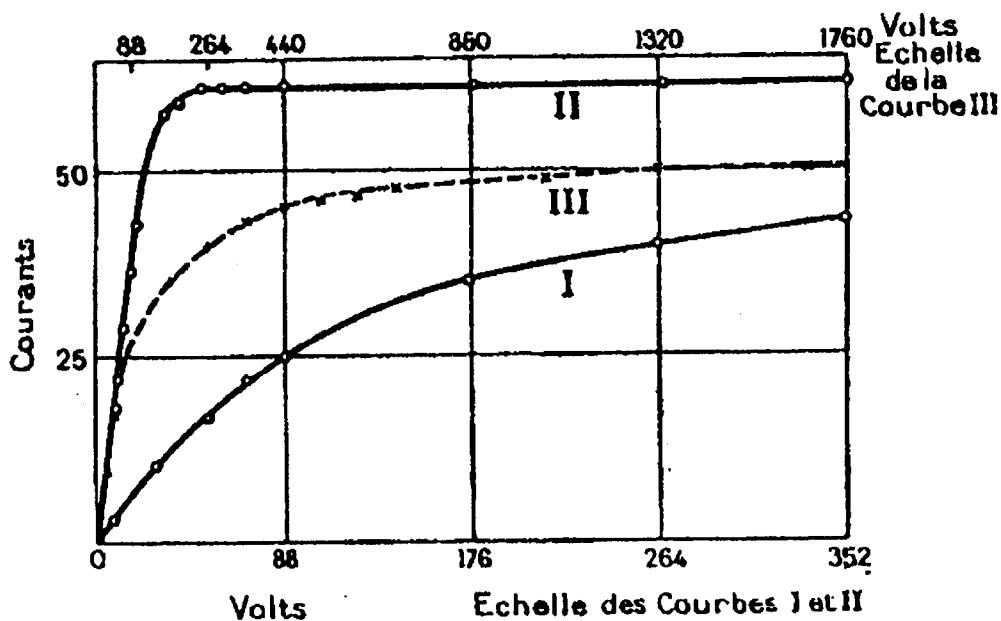


Figura 4.1

Mário Silva notou ainda o efeito notável do estado de pureza do argon sob a forma da corrente de ionização, obtendo uma corrente que satura tanto mais quanto o estado de pureza do gás é mais perfeito.

A forma da curva de ionização do argon obtida é caracterizada pela subida rápida da intensidade da corrente e a sua completa saturação sob uma tensão relativamente baixa.

Mário Silva concluiu que a saturação das correntes de ionização é obtida no argon, suficientemente purificado, para tensões contínuas muito mais pequenas que no ar e que os iões negativos do argon possuem todos mobilidades extremamente grandes, o que permite pensar que estes “iões” são todos electrões livres. Estes resultados mostraram que os átomos do argon não têm afinidade para os electrões.

4.4.2 (2º TRABALHO) «*Sur une nouvelle détermination de la période du polonium»*

(Silva, Mário A. da; 1927a)

O trabalho anterior serviu para aplicar o estudo das correntes de ionização do árgon, às características da fonte ionizante, isto é, a determinação do período do polónio em condições inteiramente novas e particularmente favoráveis.

Mário Silva mediou durante oito meses a ionização produzida por uma fonte de polónio no árgon, perfeitamente purificado, evitando assim alterações químicas que poderiam, por um lado, modificar as condições experimentais e falsear os resultados, e, por outro, permitir obter uma saturação completa da corrente de ionização.

O traçado da curva de ionização, correspondente a quatro épocas diferentes e obtida para tensões relativamente fracas, mostra que a saturação é completa (fig. 4.2), e a correspondente curva logarítmica (fig. 4.3) dá o decrescimento do polónio e permite determinar o respectivo período.

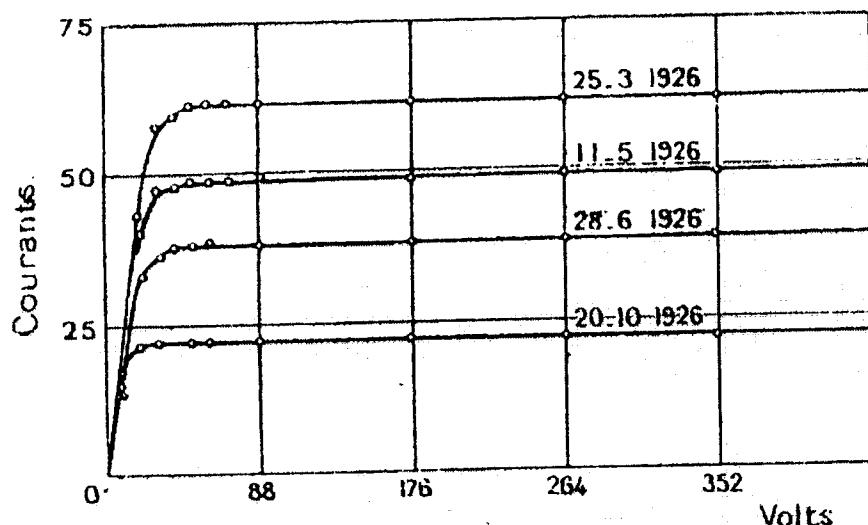


Figura 4.2

Obteve-se assim um valor que é mais elevado que o indicado nas tabelas de constantes da época (Kovarik and L. W. Mc Keekan; 1925) mas vizinho do obtido por Marie Curie (Curie, Marie; 1920) e por M^{lle} Maracinéanu (Maracinéanu; 1924), que fez com este objectivo uma série de pesquisas empregando como suporte do polónio diferentes substâncias e utilizando, em certos casos, écrans de protecção.

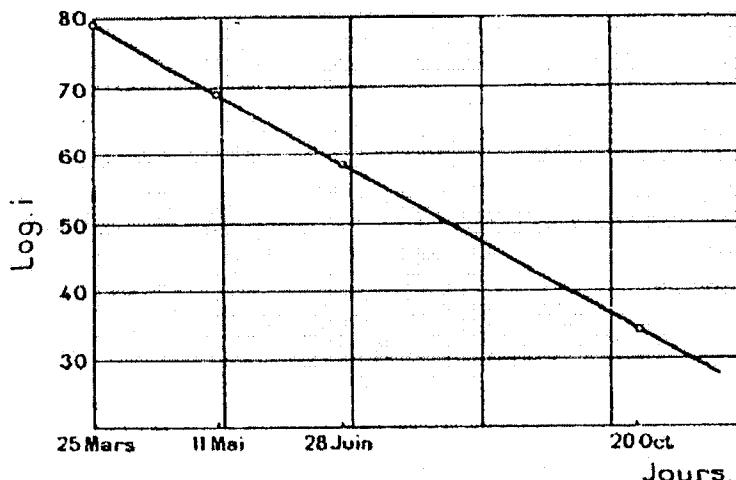


Figura 4.3

O período de decaimento do polónio determinado por medição das correntes de ionização no árgon puro por Mário Silva é de 140,2 dias, valor usado, mais tarde, por Marie Curie nos seus trabalhos com o rádio e próximo do valor actual, 138,4 dias (Policarpo, Armando P. L. et al.; 1992).

Veja-se uma nota escrita por Mário Silva para ser apresentada à Academia das Ciências, corrigida por Marie Curie, no anexo 4.2.

Julgamos ser possível, destes dois primeiros trabalhos, concluir que os estudos das curvas de ionização poderia determinar medidas bastante precisas das características da radiação ionizante:

«fornecendo os conhecimentos necessários aos desenvolvimentos de detectores, particularmente às câmaras de ionização» (Policarpo, Armando P.L. et al.; 1992).

Os dois artigos correspondentes a estes trabalhos serão transcritos na revista coimbrã ‘O Instituto’; era esta a forma usada por Mário Silva, para dar notícia da sua actividade.

4.4.3 (3º TRABALHO) «Sur la Déformation de la Courbe d'ionisation dans l'Argon pur par Addition d'Oxygène » (Silva, Mário A. da; 1927b)

O estudo das deformações sofridas pelas curvas de ionização do árgon puro pela adição de gases, mais ou menos electronegativos, mostrou, de uma maneira imediata, a acção destes gases sobre os electrões livres. Estes, não se podendo fixar sobre o árgon, conforme Mário Silva tinha mostrado no seu primeiro trabalho, são captados pelas moléculas estranhas transformando-se em iões de muito fraca mobilidade.

Mário Silva determinou a curva de ionização do ar e concluiu que no ar existem gases com afinidade para os electrões; conforme cita, já se havia mostrado que, entre os gases do ar, o oxigénio apresentava uma grande afinidade. Franck tinha concluído que:

«uma proporção de 1,2% de oxigénio no árgon será suficiente para fazer desaparecer todos os iões de grande mobilidade» (Franck; 1910)

Mário Silva estudou então o que se passava com a ionização ao adicionar oxigénio ao árgon puro. A introdução de oxigénio, em pequenas quantidades, na câmara de ionização contendo árgon, provoca uma deformação da curva de ionização tanto maior, quanto maior é a quantidade de oxigénio introduzido.

Na figura 4.4, a curva I é relativa ao árgon puro e mostra, uma vez mais, que a saturação é obtida sob uma tensão muito pequena, as curvas II e III mostram as deformações que são produzidas pela introdução de oxigénio na câmara em percentagens de 2,4% e 4%, respectivamente. Estas deformações não se podem explicar senão por uma redução, muito considerável, da mobilidade média dos iões negativos. A deformação das curvas de ionização por adição de oxigénio cessa para adições superiores a 4%, o que prova que, nas condições da experiência e para aquela percentagem em volume de oxigénio, todos os electrões produzidos no gás pela fonte de ionização, se fixam sobre as moléculas de oxigénio, quase imediatamente após a sua libertação, tornando-se assim iões negativos.

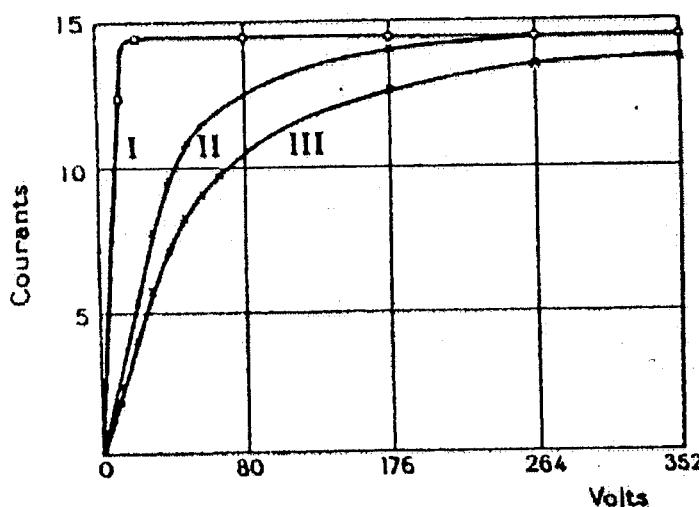


Figura 4.4

Repare-se o desacordo entre estes resultados e os de Franck. Mário Silva apontou como principal causa desta discrepância a diferença entre os dispositivos experimentais usados pelos dois investigadores: as dimensões do aparelho (o que faz diferir o caminho

percorrido pelos electrões até ser medida a sua mobilidade) e a frequência do campo aplicado. Mário Silva mostrou que a mobilidade média dos iões negativos é uma função do campo aplicado, tema que virá a ser aprofundado no seu quarto trabalho.

4.4.4 (4º TRABALHO) «*Sur l'Affinité de l'Oxygène pour les Électrons*» (Silva, Mário A. da; 1928a)

Para mostrar que numa mistura de árgon e oxigénio a mobilidade média dos iões negativos é função do campo aplicado, para uma pressão constante, Mário Silva substituiu a ionização em volume por uma ionização superficial na superfície de um dos pratos da câmara de ionização. Nestas condições a corrente que atravessa o gás é devida apenas ao transporte de iões do mesmo sinal, podendo assim obter uma corrente proporcional ao quadrado da diferença de potencial e à mobilidade dos iões, na condição que a densidade dos iões seja grande na vizinhança do prato onde os iões se formam e que as correntes sejam pequenas em relação às correntes de saturação.

Estas condições são fáceis de realizar no ar, mas no caso do árgon não se constatou a proporcionalidade entre a corrente e a diferença de potencial. No entanto, no caso do árgon, este método é interessante pois a grande diferença de mobilidade entre os iões negativos e positivos deve traduzir-se por uma diferença muito considerável das correntes de ionização correspondentes, podendo-se assim obter esclarecimentos úteis sobre as diferenças de mobilidades no caso das misturas do árgon e outros gases.

Mário Silva obteve, como previra, uma deformação da curva I, relativa ao transporte da corrente pelos iões negativos, (figura 4.5) a cada introdução de oxigénio, a curva II, enquanto à curva III, relativa ao transporte da corrente pelos iões positivos, não sofreu qualquer deformação. Este é já um resultado importante, o que permite concluir que as moléculas de oxigénio fixam-se de preferência sobre os electrões e não sobre os iões positivos. A deformação da curva I provém, provavelmente da formação dos iões negativos de oxigénio.

A forma da curva II difere muito pouco da curva dos iões positivos, curva III, para fracas tensões. Isto indica que a mobilidade média dos iões negativos é da mesma ordem de grandeza que a dos iões positivos; para tensões fracas e nas condições da experiência (diferentes das relativas à ionização em volume) e, para uma percentagem em volume de oxigénio de 3%, não se encontram mais electrões. Mas, logo que aumentamos o campo, aquelas curvas (II e III) separam-se e a curva II aproxima-se

rapidamente da saturação; o que quer dizer que a mobilidade média dos iões negativos aumentou com o campo.

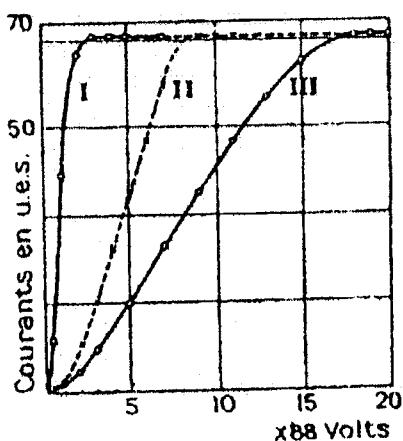


Figura 4.5

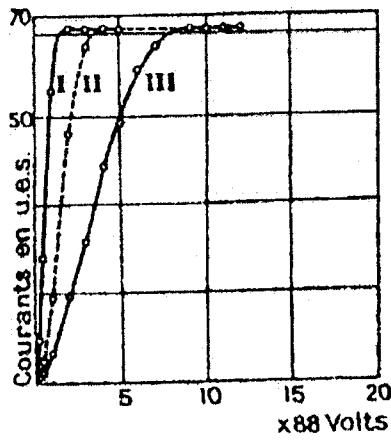


Figura 4.6 .

Mário Silva estudou ainda a influência da pressão sobre a deformação relativa das curvas de ionização referidas e constatou que esta deformação diminui com a pressão, o que é mostrado comparando as curvas, em particular a curva II, das figuras 4.5 e 4.6, já que as da figura 4.6 foram obtidas a uma pressão próxima de 272 mm de Hg, enquanto as da figura 4.5 são relativas à pressão atmosférica.

Mário Silva concluiu então que numa mistura de árgon-oxigénio a proporção de electrões que permanecem livres é tanto maior quanto maior é o campo e quanto mais pequena é a pressão.

4.4.5 (5º TRABALHO) «*Electrons et ions positifs dans l'argon pur*» (Silva, Mário A. da; 1928b)

Os resultados experimentais obtidos por Mário Silva, permitem concluir que no árgon perfeitamente purificado, ou pelo menos livre de certas impurezas, os iões negativos têm, à pressão atmosférica, grandes mobilidades e, é legítimo pensar, que estes “iões de grande mobilidade” são electrões livres. Era preciso excluir a hipótese de haver ou não, entre estes electrões, iões de fraca mobilidade. É este o objectivo deste trabalho onde Mário Silva usou um método que lhe permitiu, não só descobrir iões positivos no árgon, como medir a sua mobilidade. Tal método consiste em comparar as correntes de ionização devidas aos iões negativos no árgon puro, e obtidas sob tensões contínuas, com as produzidas quando substituímos esta tensão por uma tensão alternada de baixa frequência. A curva I da figura 4.7, obtida sob tensão contínua, é relativa ao

transporte da corrente por iões negativos e é idêntica à obtida nos ensaios anteriormente descritos (as condições da experiência foram as mesmas). A curva II, correspondente às novas condições (uma tensão sinusoidal de 42 cps) só é traçada partir do ponto relativo à tensão de 5 volts para os quais temos uma corrente muito intensa. O sentido do desvio da agulha do electrómetro mostra que se trata de uma corrente de cargas negativas.

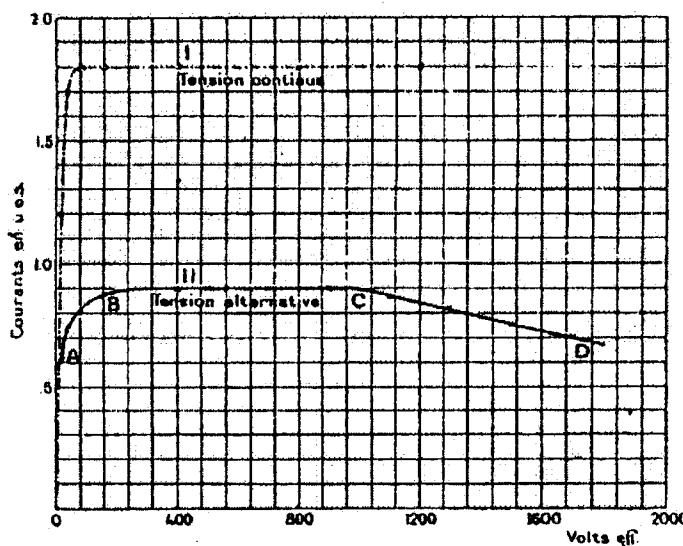


Figura 4.7

Estas cargas têm uma mobilidade superior a 470 cm/s Para uma tensão de 200 volts a corrente atinge um valor igual a metade da corrente de saturação, sob tensão contínua, e permanece constante a partir desta tensão, num largo intervalo de tensões (até ao ponto C). A corrente é, até ao limite daquele intervalo, devida apenas aos iões negativos de elevada mobilidade. Este resultado confirma a existência de electrões livres no árgon, à pressão atmosférica, e mostra que não existem iões negativos de fraca mobilidade, pois o facto de se obter uma corrente igual a metade da corrente de saturação sob tensão contínua, indica que todos os iões negativos têm mobilidades extremamente grandes, logo estes “iões” são os electrões livres.

A fonte de ionização produz no gás iões positivos ao mesmo tempo que produz electrões. Estes, sob a acção do campo alterno aplicado, efectuam oscilações cuja amplitude depende do valor máximo da tensão. Assim, se aumentarmos suficientemente a tensão, os iões positivos acabam por atingir o prato ligado ao electrómetro e a sua chegada traduz-se por uma diminuição da corrente - correspondente à parte BC da curva II. A partir do ponto C a corrente começa então a diminuir, devido à chegada dos iões positivos, o que permite determinar a sua mobilidade. Mário Silva encontrou para a

mobilidade dos iões positivos, à pressão atmosférica, o valor de 2,2 cm/s, valor este superior ao indicado por Franck (1,36 cm/s) (Franck; 1910).

Mário Silva explicou esta diferença dos valores, admitindo a presença de restos de impurezas orgânicas, ou outras, provenientes dos produtos que serviram para lubrificar a câmara de ionização (embora os resultados obtidos mostrem que estes vapores orgânicos não têm efeito algum sobre os electrões, isso não garante que aconteça o mesmo para os iões positivos). A discrepância é atribuída à existência de iões mais pesados, formados pelas moléculas dos vapores orgânicos quando se fixam sobre os iões do árgon. Esta explicação só poderá ser provada, efectuando uma medida da mobilidade dos iões positivos em condições de pureza do árgon muito mais perfeitas. Para conseguir este efeito Mário Silva concebeu uma câmara de ionização sem peças lubrificadas (Silva, Mário A. da; 1929, apêndice II), o que evita a contaminação dos gases encerrados por vapores orgânicos.

4.4.5 (TESE) « *Recherches expérimentales sur l'élecroaffinité des gaz* » (Silva, Mário A. da; 1929)

Este trabalho, que constituiu a tese de doutoramento, foi publicada nos Annales de Physique, a pedido de Marie Curie que a orientou e a cujo júri, a que pertencia também os cientistas J. Perrin, André Debierne, presidiu.

Na tese de doutoramento, Mário Silva mostrou que: a) a afinidade electrónica do árgon é nula e a do azoto e hidrogénio, embora fracas, não são nulas; b) a afinidade electrónica do vapor de água é, pelo menos, dez vezes maior que a do oxigénio; c) os resultados experimentais obtidos para a mobilidade dos iões positivos no árgon permitiam confrontar as hipóteses de J. J. Thomson (Thomson, J. J.; 1915) e de Wellisch (Wellisch; 1916) sobre o mecanismo de formação dos iões gasosos.

Mário Silva aplicou os métodos, já descritos anteriormente para o árgon, ao azoto e ao hidrogénio, submetidos a uma purificação tão perfeita quanto possível, e mostrou que, ao contrário do entendido por Loeb (Loeb; 1922) e Wahlin (Wahlin; 1922), a afinidade daqueles gases para os electrões não é nula.

Os resultados experimentais obtidos mostram algumas diferenças relativamente aos obtidos no árgon. Para o azoto, na curva referente ao transporte da corrente pelos iões negativos, (fig. 4.8) obtida sob tensão continua, vê-se uma subida muito rápida da corrente a partir da origem, seguida de uma zona da curva onde a corrente aumenta

muito pouco com a tensão, até ao momento em que atinge a saturação. Segundo Mário Silva, isto resulta da existência de alguns iões negativos pouco móveis.

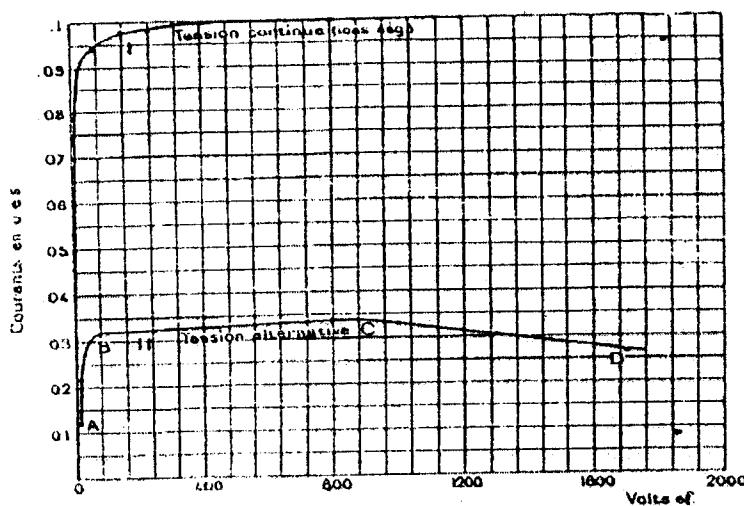


Figura 4.8

Nos resultados obtidos sob tensão alternada não se obtém metade do valor da corrente de saturação sob tensão contínua, o que mostra que se há electrões em grande número, há também iões negativos de fraca mobilidade. A chegada dos iões positivos, a partir dum certa tensão, faz diminuir a corrente e permite calcular o valor da mobilidade daqueles iões, no entanto, o que aqui importa é a existência de iões negativos no azoto, isto é, de uma afinidade não nula do azoto para os electrões.

Para o hidrogénio (fig. 4.9) os valores experimentais dos iões negativos obtidos sob tensão contínua permitem traçar uma curva com uma forma análoga à do argón, o que nos pode levar a concluir que no hidrogénio os electrões permanecem igualmente livres. A curva obtida, quando da aplicação de tensão alterna, apresenta uma corrente máxima inferior a metade da corrente de saturação sob tensão contínua. Este resultado parece contrariar a conclusão anterior, no entanto Mário Silva entendeu que os valores fracos obtidos para as correntes podem ser devidos à existência simultânea, no gás, de iões positivos de grande mobilidade que chegam ao electrómetro antes do instante em que a corrente dos iões negativos se torna metade do valor da corrente de saturação.

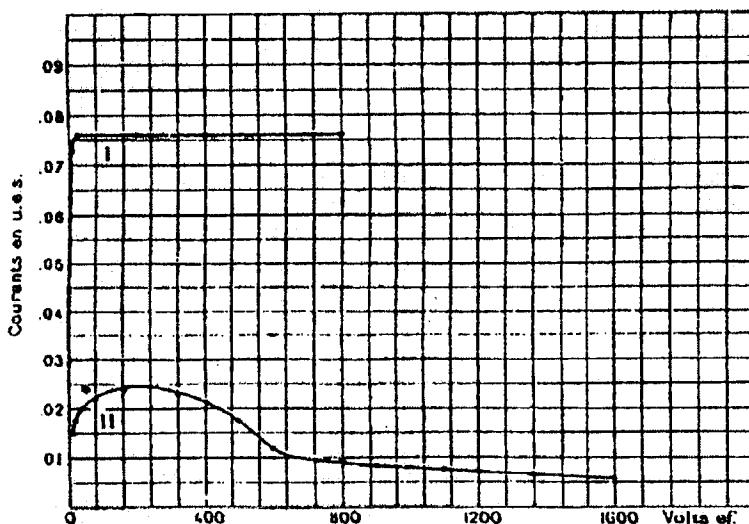


Figura 4.9

Os resultados parecem conduzir às alternativas: a existência de iões positivos de grande mobilidade ou uma afinidade não nula do hidrogénio para os electrões.

Mário Silva mostrou assim a existência de iões negativos no azoto e a existência provável dos mesmos iões no hidrogénio. O desacordo destes resultados com os de Loeb é, segundo Mário Silva, apenas aparente, pois além das diferentes condições de campo e de pressão, foram usados pelos dois investigadores diferentes processos de ionização o que pode determinar diferenças significativas na apresentação do hidrogénio.

Mário Silva admitiu ainda a existência de iões positivos de grande mobilidade no hidrogénio, submetido a uma purificação tão perfeita quanto possível.

Para comparar as afinidades electrónicas do oxigénio e do vapor de água, Mário Silva estudou as variações que quantidades conhecidas de vapor de água provocam nos resultados da ionização do árgon puro, comparando-as às produzidas, nas mesmas condições, por quantidades igualmente conhecidas de oxigénio. Foram traçadas as curvas correspondentes às alterações da curva de ionização no árgon puro produzidas por quantidades crescentes de oxigénio (até 4%) e de vapor de água, apresentadas respectivamente nas figuras 4.10 e 4.11.

Foram igualmente traçadas, em cada caso, as curvas dos iões do árgon puro e a dos iões negativos do ar atmosférico e, da sua comparação, sobressai que o vapor de água é muito mais eficaz que o oxigénio para a fixação dos electrões.

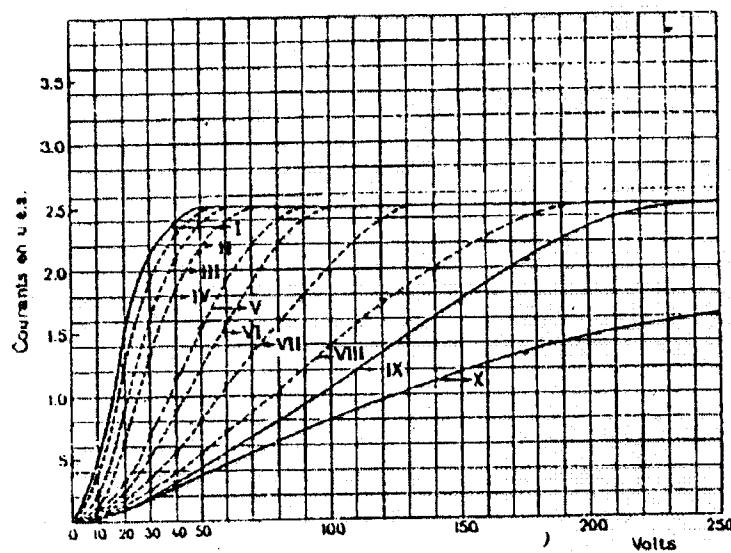


Figura 4.10

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| I-Argon puro (iões negativos) | VI-Argon+0,76 de % oxigénio |
| II-Argon+0,06% de oxigénio | VII-Argon+1,85% de oxigénio |
| III-Argon+0,16% de oxigénio | VIII-Argon+3,95% de oxigénio |
| IV-Argon+0,26% de oxigénio | IX-Argon puro (iões positivos) |
| V-Argon+0,57% de oxigénio | X-Ar atmosférico (iões negativos) |

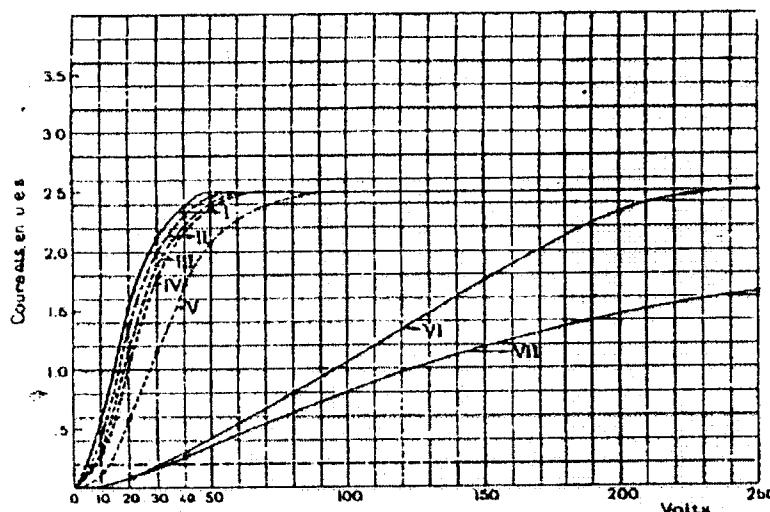


Figura 4.11

- | | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| I-Argon puro (iões negativos) | V-Argon+0,020% vapor de água |
| II-Argon+0,004% vapor de água | VI-Argon puro (iões positivos) |
| III-Argon+0,007% vapor de água | VII-Ar atmosférico(iões negativos) |
| IV-Argon+0,010% vapor de água | |

No caso do oxigénio é preciso obter uma percentagem igual a 0,06% para obter uma primeira variação visível da curva, enquanto que para o vapor de água ela já é franca para uma percentagem de 0,004%. Conclui-se que o vapor de água tem uma

afinidade electrónica muito acentuada que é, pelo menos, dez vezes maior que a do oxigénio.

Mário Silva confrontou os resultados experimentais que obteve com as hipóteses de Thomson e de Wellisch, sobre a formação dos iões negativos gasosos, e verificou que, enquanto alguns daqueles resultados podem ser bem interpretados por qualquer uma daquelas teorias, outros são inconciliáveis com a hipótese de Wellisch, sendo, no entanto, bem explicados pela de Thomson.

No primeiro caso está a influência da pressão sobre a variação relativa das curvas de ionização e, no segundo caso, está o aumento da mobilidade média dos iões negativos numa mistura de árgon e oxigénio quando aumenta o campo eléctrico. Mário Silva calculou, com base na teoria da Thomson, a probabilidade do electrão, no estado livre, atravessar a distância d entre os eléctrodos numa mistura de árgon e oxigénio, e verificou a concordância deste cálculo com os seus resultados experimentais. São igualmente inconciliáveis com a hipótese de Wellisch, mas satisfazem a de Thomson, os resultados obtidos, sob tensão alterna, quando temos ao mesmo tempo os electrões e os iões negativos. É o caso do árgon com resíduos de ar ou de oxigénio, ou os casos do azoto ou de hidrogénio puros. As curvas obtidas são semelhante às obtidas segundo a hipótese de Thomson. Uma das conclusões da tese de Mário Silva: a hipótese de Wellisch tem que ser rejeitada!

4.5. O trabalho de Mário Silva e da comunidade científica internacional

São conhecidas as referências de outros investigadores aos trabalhos de Mário Silva e são as seguintes:

1. Marie Curie cita o 1º trabalho de Mário Silva - *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur* - num tratado de Radioactividade:

«Les molécules de gaz inertes comme l'argon se distinguent par leur manque d'affinité pour les électrons, ces derniers subsistent à l'état libre dans l'argon sous pression atmosphérique. Le courant de saturation est obtenu dans l'argon très pur, pour un voltage beaucoup moins élevé que dans l'air, à ionisation égale (Laporte et da Silva)» (Curie, Marie; 1935, p. 29).

2. Marie Curie cita o 2º trabalho - *Sur une nouvelle détermination de la période du polonium* - em diversos trabalhos seus, onde usa o valor

encontrado por Mário Silva para o período do polónio. (Curie, Marie; 1935, p. 136).

3. M. Norris Bradbury cita os trabalhos de Mário Silva relativos á ionização do azoto puro, num artigo com o título: “*Les valeurs absolues de la mobilité des ions gazeux dans le gaz purs*” (Bradbury, M. Norris; 1933) onde pretende explicar o desacordo entre alguns dos seus resultados e os de Mário Silva.

Mário Silva responde a Bradbury com um trabalho (Silva, Mário A. da; 1933a) em que mostra os pontos fracos do trabalho deste, recordando que os resultados que lhe permitiram concluir a existência de uma afinidade não nula do azoto para os electrões, foram obtidos nas mesmas condições experimentais que os relativos ao árgon, onde mostrou que este gás tem uma afinidade verdadeiramente nula, e conclui que os resultados de Bradbury não são decisivos, esperando que «com os excelentes recursos do seu laboratório, Bradbury possa chegar, em breve, a conclusões mais seguras» (Silva, Mário A. da; 1933a).

4.6 O fim da estada parisiense e o regresso a Portugal

Depois do doutoramento, e ainda no Laboratório Curie do Instituto do Rádio de Paris, Mário Silva dedicou-se a trabalhos com vista ao estudo dos núcleos atómicos - técnica das altas tensões - procurando reproduzir no laboratório, por via experimental, o mecanismo da formação das trovoadas. Era então bolseiro da Universidade de Paris¹⁴. Note-se que, nos anos vinte do século XX, um jovem investigador estrangeiro tinha poucas possibilidades de obter uma bolsa para trabalhos de investigação em França, dependendo essa atribuição do Laboratório em que trabalhava (Pestre, Dominique; 1984). Segundo ele próprio:

«..Obtido o desejado *Doctorat d'Etat, ès-sciences*, com a apresentação de uma dissertação sobre *L'électro-affinité des gaz*, Salomon Rosenblum aconselhou-me a permanecer em Paris onde começava, na verdade, a sentir-se com perfeita nitidez o desabrochar de uma era nova nos estudos dos núcleos atómicos. (...) Por meu lado, enveredei pelo caminho da técnica das altas tensões (...) Estes ensaios tiveram, porém, a breve trecho, de ser interrompidos porque... de Coimbra começaram a exigir, com uma insistência cada vez mais acentuada, sem atenderem mesmo à

¹⁴ A bolsa, no valor de 11000 Fr, foi concedida pela fundação Arconati-Visconti e o governo Português autorizou a estadia de Mário Silva em Paris até ao final do ano lectivo 1927-1928 (anexos 4.3 e 4.4).

opinião, em contrário, de Madame Curie, (...) o meu imediato regresso a Coimbra...e para quê-santo Deus!... para dar aulas na velha Universidade...» (Silva, Mário; 1957).

Veja-se no anexo 4.5, a carta de Marie Curie à Universidade de Coimbra, quando do regresso forçado de Mário Silva, em 1929.

A exigência do seu retorno imediato foi compensado com a esperança de fundar em Coimbra o Instituto do Rádio, à semelhança do seu congénere francês, facto que deveria contar, na sua inauguração com a presença de Marie Curie, como ela própria prometera.

Mário Silva pensava este Instituto também como uma Escola de Física Atómica, onde deveriam estar presentes outros cientistas, nomeadamente o seu companheiro e amigo Salomon Rosemblum:

«... Dei a notícia a Rosenblum que logo se prontificou, para se furtar à vida excitante de Paris, e continuar em Coimbra, em meio mais calmo, os seus trabalhos sobre o núcleo atómico.

(...) De tudo o que ia fazendo, ia dando conta a Rosenblum, na ideia de manter a sua decisão de vir para Coimbra. » (Silva, Mário; 1957).

No entanto foi Paul Langevin que primeiro visitou Coimbra, em 1929, visita que ficou marcada pela lição que deu na Universidade de Coimbra, conforme nos relata um discípulo de Mário Silva:

«(...) o seu amigo Paul Langevin, o maior seguidor de Einstein-Curie, havia especialmente preparado para uma lição magistral de Física Moderna, naquele mesmo anfiteatro da Universidade de Coimbra...» (Cassiano, Rocheta; 1971).

A actividade profissional de Mário Silva era, nesta altura, muito exigente mas cheia de entusiasmo: a investigação, a docência e, sobretudo, a instalação do Instituto de Rádio da Universidade de Coimbra. A sua vida particular acompanhava este sentimento; logo após o seu regresso a Coimbra, nasce o seu filho Mário.

4.7. Conclusão

Mário Silva inicia-se na investigação experimental pela mão de Sousa Nazareth, destacando-se a sua participação em trabalhos que envolviam a detecção de radioactividade, a medida de correntes de ionização muito fracas, como as que se encontram num gás em vaso fechado, e vários ensaios de teste dos aparelhos necessários para aquelas medidas. Já como Segundo Assistente da Universidade, começou a pensar no seu trabalho de doutoramento, orientado pelo Prof. F. M. Sousa Nazareth, o que se

gorou porque este se ausentou para África; em alternativa elaborou um plano de estágios em Paris, envolvendo trabalhos sobre a radioactividade, e, da parte da Universidade foi autorizada a sua saída dispensando-o da docência e mantendo o ordenado.

Ingressa no Laboratório Curie e o seu primeiro trabalho, *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur*, feito em colaboração com M. Laporte, foi o ponto de partida da sua actividade de investigação. Segue-se a este trabalho um outro, *Sur une nouvelle détermination de la période du polonium*, onde aplicou o estudo da ionização do árgon à determinação do período de substâncias radioactivas responsáveis pela ionização, o polónio; o valor encontrado veio a ser usado por Marie Curie nos seus trabalhos com o rádio. Em seguida publica *Sur la Déformation de la Courbe d'ionisation dans l'Argon pur par Addition d'Oxygène*, prosseguindo com *Sur l'Affinité de l'Oxygène pour les Électrons e Electrons et ions positifs dans l'argon pur*. É dentro deste contexto temático que, perante um Júri constituído por Marie Curie, Jean Perrin e André Debierne, Mário Silva defende, em provas públicas a sua dissertação de doutoramento, *Recherches expérimentales sur l'élecroaffinité des gaz*, realizada sob a orientação de Marie Curie e que posteriormente publicará nos *Annales de Physique*.

Nos seus primeiros tempos de Paris, Mário Silva reconheceu que a sua preparação, no domínio da Física e Matemática, era deficiente. Decide, a fim de se actualizar científicamente, frequentar na Sorbonne e no Collège de France diversos cursos de Física Teórica e de Matemática. Assistiu aos cursos de Jean Becquerel, Paul Langevin, Goursat, Borel, Hadamard, Louis de Broglie e Marie Curie.

Como corolário da sua actividade no laboratório de Paris, Marie Curie consegue uma bolsa da Universidade de Paris para que prossiga a sua investigação que se começa a orientar para o domínio do estudo dos núcleos atómicos. Como ele próprio escreveu: «*Depois do doutoramento requeri á Universidade de Coimbra, que me deixasse permanecer mais uns anos em França, uma vez que tinha começado uns trabalhos relacionados com a bomba atómica. Nessa altura (1929) havia a certeza de se descobrir um processo para a libertação de energia atómica e eu estava ao corrente dos trabalhos efectuados no Laboratório, pelo que possuía o maior interesse em acompanhar esses trabalhos -- e dei essa justificação a governo português. Mas não fui*

feliz. Ameaçaram-me até que se tentasse ficar, não só perderia a bolsa como também teria de repor o dinheiro recebido até essa altura.» (Silva, Mário; 1976a).

É com alguma frustração que Mário Silva regressa a Portugal, contudo o seu regresso é acompanhado pela convicção que poderá, em breve, continuar, na sua Universidade, os trabalhos que tinha iniciado no Instituto do Rádio em Paris, pois tinha já reunido as condições para a instalação imediata de um Instituto de Rádio, feito à semelhança daquele, em Coimbra.

Naturalmente que Mário Silva não podia prever o futuro...

5 - Mário Silva: do regresso de Paris até aos anos da perseguição.

Sumário: *Introdução; A investigação no Laboratório de Física; O Instituto do Rádio; O Professor; O Historiador da Ciência; Os anos da guerra e a Física Teórica; O cidadão; Conclusão.*

5.1. Introdução

Mário Silva regressou à Universidade de Coimbra na altura em que iniciara, na capital francesa, um trabalho científico que o aproximaria das fronteiras do conhecimento sobre a constituição da matéria. Apesar desta interrupção forçada, da sua permanência num dos mais importantes centros de investigação da Europa ficaram amizades e um trabalho científico respeitado. Ao chegar a Coimbra a sua actividade vai desenvolver-se, de imediato, em três frentes: a continuação da sua investigação, a Instalação do Instituto do Rádio em Coimbra e o ensino. Se a primeira frente vai ter uma duração muito curta e o Instituto do Rádio não passará de um sonho acalentado durante os primeiros anos do seu regresso mas que os poderes públicos, surdos e desinteressados em matéria de progresso científico, rapidamente se encarregaram de inviabilizar, a terceira frente vai acompanhá-lo ao longo de toda a sua vida universitária e constituiu um marco na comunidade científica e na formação das gerações futuras. Por esta ordem abordaremos estes aspectos da actividade de Mário Silva no seu regresso à velha Universidade que o tinha enviado para Paris já sem a possibilidade de inscrição no respectivo ano lectivo.

Os seus primeiros anos em Coimbra, após o regresso de Paris, foram de actividade intensa e a sua vida pessoal foi fortemente abalada pela morte da mulher. Volta a casar, em 1934, com Maria Gouveia Telo Gonçalves de quem teve três filhas.

O seu interesse pelo velho Gabinete de Physica da Universidade Pombalina leva-o, na segunda metade da década de trinta, a recuperar o que pertenceu ao primeiro Gabinete de Física Experimental, criado pela reforma de Pombal, e a constituir o Museu Pombalino, facto que mereceu um testemunho público de Louvor pelo Ministro das Finanças, Luís Supico Pinto. Inicia assim os seus trabalhos em História da Ciência. E é nos anos negros da guerra, ajudando velhos companheiros fugidos da Barbárie nazi, que acalenta um novo sonho: fixar em Coimbra algumas figuras importantes da Física contemporânea de então e

ensaiar o ensino da Física Teórica. Daí que abordemos como quinta e sexta parte deste capítulo: A História da Física e o Museu da Ciência; os anos da Guerra e a Física teórica.

Guardámos para último ponto deste capítulo, o cidadão Mário Silva, espécie de apogeu da sua actividade de professor que o levou a pugnar por uma sociedade de amplas liberdades e de dignificação do homem, obrigando-o a uma posição política clara contra a ditadura do Estado Novo, o que lhe acarretou a demissão compulsiva de Professor.

5.2. A investigação no Laboratório de Física

A Universidade de Coimbra chama Mário Silva para que ele assuma a regência da maior parte dos cursos de Física para as quais não havia outros professores. O grande número de disciplinas a seu cargo motivou um comentário apropriado do Professor Anselmo Ferraz de Carvalho, na apresentação do número um da Revista da Faculdade de Ciências, em 1931 (Caetano, E.; 1977, p. 56), pedindo que se aliviasse Mário Silva da enorme sobrecarga de trabalho que lhe tinha sido cometido com a regência de tantas cadeiras, a fim de ter tempo disponível para poder continuar os trabalhos de investigação iniciados em Paris. Apesar destes bons propósitos não terem tido seguimento, Mário Silva, ocupadíssimo com a docência e, simultaneamente empenhado na instalação do Instituto do Rádio, insistiu em continuar a investigação.

Com uma bolsa da Junta de Educação Nacional, obtida em 1930, para prosseguir a sua investigação no país, Mário Silva realizou vários trabalhos científicos, que a seguir se apresentam, sendo toda a instalação experimental utilizada, construída no próprio Laboratório de Física da Universidade de Coimbra - com a colaboração do preparador-conservador, António Ferreira, e do preparador, Francisco Correia Galvão Júnior (Relatório da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra) - à semelhança do que já se fizera nos tempos do Prof. Sousa Nazareth.

Como se verá adiante, os trabalhos científicos desenvolvidos por Mário Silva, no Laboratório de Física da Universidade de Coimbra, inserem-se na temática iniciada em Paris e circunscrevem-se a um período curto da sua vida universitária o que corresponde ao recomeço da sua vida académica coimbrã, durando aproximadamente três anos. A partir de 1933 Mário Silva canaliza as suas energias para a dinamização e desenvolvimento das

actividades do seu tão acalentado projecto, Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra, que, embora sem existência oficial, começou a sua actividade pública organizando uma série de conferências e desenvolvendo um trabalho sobre radioactividade, pioneiro em Portugal.

5.2.1 (1º TRABALHO) «*Sur une méthode de détermination de la vie moyenne d'un ion négatif*» (Silva, Mário A. da, 1931a)

Este trabalho foi feito no âmbito do estudo do mecanismo da formação dos iões negativos gasosos, atendendo a uma nota de J. J. Thomson no seu livro «Conduction of electricity through gases» (Thomson, J. J.; 1903). A nota de Thomson referia-se ao interesse para o estudo do mecanismo de formação dos iões negativos gasosos que poderia ter a determinação do tempo médio que um electrão, fixo num dado instante numa molécula, permanece ligado a esta. Mário Silva chamou aquele tempo, tempo de vida média do ião negativo e propôs-se a determiná-lo. Para tal foi necessário obter uma ionização superficial instantânea num dos pratos duma câmara de ionização, isto é uma ionização cujas condições experimentais permitem uma interpretação simples dos resultados obtidos, pois a corrente que atravessa o gás é apenas devida ao transporte de iões do mesmo sinal, e, com iões de uma mobilidade k , bem definida, podemos obter uma corrente proporcional ao quadrado da diferença de potencial e à mobilidade k . Conhecido o número de iões assim produzidos seria possível conhecer a vida média a partir do valor da carga recebida pelo outro prato durante um tempo t inferior a $d/(k_2 X)$ (d a distância entre os pratos, k_2 a mobilidade dos iões negativos e $X=V/d$ o gradiente do potencial aplicado). É descrito o método que fornece um meio para obter a mobilidade dos iões negativos (ou positivos) em condições, tidas por Mário Silva, como as melhores até aí obtidas, e que permitem verificar se há iões que se decompõem num determinado intervalo de tempo do seu trajecto, e em caso afirmativo medir a vida média destes iões.

Este trabalho resume-se à descrição do método, não sendo apresentados os resultados, sendo indicando que estes serão dados a conhecer num artigo posterior. Não há notícia desse outro artigo.

5.2.2 (2º TRABALHO) «Sobre dois métodos de determinação da probabilidade- h -de Thomson» (Silva, Mário A. da; 1931b)

O objectivo deste trabalho é a determinação experimental da electroafinidade molecular pelo número n de Thomson. Na teoria de Thomson (Thomson, J. J.; 1915) o número n representa o número médio de choques entre um electrão e as moléculas do gás no qual se desloca, antes de se fixar sobre uma dessas moléculas e formar um ião negativo. O inverso deste número, h , representa a probabilidade do electrão se fixar no instante do choque sobre uma molécula do gás. São indicados dois métodos que permitem determinar aquele número, n , ou melhor, o seu inverso, $h=1/n$. Mário Silva aplicou os dois métodos de determinação da probabilidade, h , de formação de um ião negativo às misturas de árgon e do gás electronegativo que foram objecto da sua investigação em Paris.

O primeiro método utiliza um campo alterno estabelecido entre duas placas da câmara de ionização. São produzidos periodicamente, com a frequência do campo utilizado, n_0 electrões exactamente no início do semi-período favorável aos electrões. É calculada a carga que chega ao electrómetro durante um período (por uma expressão indicada por Mário Silva), o que permite determinar a probabilidade h . O segundo método, de campo constante, utiliza a produção de n_0 electrões à superfície de uma rede metálica entre duas placas numa câmara de ionização.

Este trabalho foi apresentado nas provas públicas prestadas para concurso de Professor Catedrático no grupo de Física.

5.2.3 (3º TRABALHO) «L'ionisation dans l'hydrogène très pur» (Silva, Mário A. da; 1933b)

Com este trabalho Mário Silva retoma o assunto da ionização dos gases que o ocupara intensamente durante os seus tempos parisienses. Comparou os resultados conducentes às curvas de ionização obtidas no hidrogénio com os obtidos no árgon, nas mesmas condições de pressão, verificando que para o hidrogénio a curva dos iões positivos não é muito diferente da dos “iões negativos” (electrões), enquanto no árgon as duas curvas são substancialmente diferentes. Concluiu que, no árgon as duas espécies de iões têm mobilidades muito diferentes, de acordo com os seus trabalhos anteriores, enquanto que no

hidrogénio o valor médio da mobilidade dos iões positivos parece que não é muito diferente que a dos “iões negativos” (electrões).

Procedeu ainda ao estudo do comportamento no hidrogénio na presença de certas impurezas e verificou que apareciam alterações nas duas curvas de ionização. Assim, concluiu que, se no hidrogénio existe afinidade de certas moléculas gasosas pelos electrões, aquilo que se chama afinidade electrónica, deve considerar-se igualmente uma afinidade electropositiva para as mesmas moléculas.

Este trabalho não foi publicado em nenhuma revista internacional, sendo dado à estampa na Revista da Faculdade de Ciências.

5.2.4 (4º TRABALHO) «*Sur la Charge Électrique du Recul Radioactif*» (Silva, Mário A. da; 1933c)

A carga eléctrica transportada pelos átomos formados no decurso de uma transformação radioactiva tinha sido já objecto de inúmeras pesquisas¹. Os resultados dessas pesquisas são contraditórios, no entanto a análise de alguns deles² mostra a influência da natureza do gás e das suas condições de ionização, sobre o rendimento da activação. Muitos átomos primitivamente positivos perdem esta carga por recombinação com os iões, tornando-se neutros, ou mesmo negativos, o que provoca uma diminuição do número de átomos que se dirigem para o cátodo.

Neste trabalho Mário Silva escolheu o árgon para os seus ensaios de activação porque os iões negativos neste gás permanecem no estado de electrões, o que torna fácil eliminá-los rapidamente, diminuindo assim as hipóteses da sua recombinação com os átomos positivos provenientes do recuo radioactivo. A activação foi feita com a emanação do rádio e empregue um campo uniforme entre os dois eléctrodos planos. Em todos os ensaios a corrente de saturação, ainda que muito intensa, foi obtida para uma tensão relativamente pouco elevada, assegurando assim que todos os electrões produzidos durante a ionização do gás não se recombinam com os iões positivos. Mário Silva, depois de alguns ensaios, e ao

¹ A primeira foi feita por Rutherford em 1900, e depois por Marie Curie e por Debierne, Wellisch, d'Henderson e mais tarde Briggs e Wertenstein (Silva, Mário A. da; 1933c).

² Os de Wellisch, d'Henderson, Briggs e Wertenstein (Silva, Mário A. da; 1933c).

contrário das suas previsões, teve de reconhecer que o rendimento não era melhor que em outros gases e concluiu:

«...Il est à présumer dans ces conditions que les atomes du recul radioactif ne soient vraiment pas tous chargés positivement, même dans un gaz, comme l'argon, où les conditions d'activation auraient pu paraître les meilleures.» (Silva, Mário A. da; 1933c).

5.2.5 Outra Actividade

Apesar de muito ocupado com a lecionação e a instalação do Instituto de Rádio, Mário Silva continuava atento ao desenvolvimento das Ciências Físicas. Assim representou a Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra no Congresso Internacional de Electricidade realizado em Paris, em 1931; assistiu ao Congresso Internacional de Hidrologia, Climatologia e Geologia Médicas, em Lisboa, em Outubro de 1931, apresentando o primeiro trabalho científico - que acabou por ser o único – executado no Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra, do qual faremos uma referência mais detalhada na secção seguinte, e assistiu ao 4º Congresso das Associações Portuguesa e Espanhola para o Progresso das Ciências, onde apresentou um trabalho com o título: *Algumas considerações sobre a forma complexa das leis de Kirchhoff aplicável aos circuitos, em corrente alternada* (Silva, Mário; 1942).

5.3. O Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra

Durante a sua estada em Portugal, para passar as férias de 1928, deu a conhecer o seu desejo de instalar um Instituto do Rádio em Coimbra à semelhança do Instituto do Rádio de Paris, ao professor de medicina Dr. Álvaro de Matos (1880-?), que ficou logo entusiasmado com a ideia. Em conjunto resolveram elaborar um projecto do futuro Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra e expor a ideia ao Governador Civil que prometeu ajuda, prontificando-se a acompanhá-los a Lisboa para falarem com o Ministro das Finanças, General Sinel de Cordes (Caetano, E., 1977; p. 68). Regressado a Paris deu conta do seu projecto a Marie Curie:

«..Nada melhor podia ter arranjado do que comunicar-lhe, que um dia, a Universidade de Coimbra ia ter, como a sua Universidade, um Instituto do Rádio, feito à imagem e semelhança do seu próprio Instituto. Era a projecção da sua obra no pequeno mas agradecido País do Ocidente da Europa; era continuar aqui a Ciência que ela tinha criado e que constituía toda a ambição da sua vida. (...) Foi com

a alegria de uma criança que acaba de ter um brinquedo desejado que Madame Curie me felicitou e se felicitou por saber que mais um Instituto de Rádio ia aparecer consagrado às investigações e às aplicações do “seu Rádio”. Tão grande foi essa alegria que logo me propôs deslocar-se a Coimbra para assistir à inauguração do novo Instituto. Foi essa a agradável notícia que eu trouxe para Portugal quando regressei em 1929. A todos anunciei que Madame Curie viria expressamente a Coimbra, e só a Coimbra, assistir à projectada inauguração do novo Instituto do Rádio de Coimbra para cuja criação, eu e o Professor Álvaro Matos, tanto havíamos trabalhado (...)» (Silva, Mário; 1938).

Quando, em Paris, Mário Silva é instado pela Universidade de Coimbra a regressar sem demora, chega-lhe

«(...) uma notícia agradável: havia sido satisfeito um pedido que, anteriormente, (...) eu havia formulado, com o auxílio do Prof. Álvaro de Matos: o da criação em Coimbra, junto das Faculdades Universitárias de Ciências e de Medicina, de um Instituto do Rádio ...» (Silva, Mário; 1957)

o que lhe permite, no seu regresso, acalentar, como já o escrevemos, a convicção que poderá, em breve, continuar, na sua Universidade, os trabalhos que tinha iniciado no Instituto do Rádio em Paris, pois tinha já reunido as condições para a criação imediata de um Instituto de Rádio, feito à semelhança daquele, em Coimbra.

Marie Curie seguia com interesse o desenvolvimento deste tipo de instalações. Em 1932 tinha estado presente na inauguração do Instituto do Rádio em Varsóvia, cuja construção ela tinha encorajado e a quem doara um grama de rádio (Kabzinska, Krystyna; 1989). Mário Silva trabalhava com a esperança que o mesmo viesse a acontecer em Coimbra.

5.3.1 A instalação do Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra

A instalação deste Instituto era, então a grande preocupação, e ao mesmo tempo o grande desafio, de Mário Silva. A verba concedida pelo Ministro das Finanças foi de seiscentos contos o que permitiu instalar as duas secções: a de Ciências, ligada ao Laboratório de Física e a de Medicina, ligada aos Hospitais da Universidade. Na secção de Ciências aproveitou-se todo o rés-do-chão do Laboratório de Física, cedido para o efeito pelo então Director, Professor Henrique Teixeira Bastos (Silva, Mário; 1957), e deu-se início às primeiras aquisições de material para as duas secções. Para a secção de Medicina conseguiu-se a colaboração de um «eminente radiologista» de Lisboa, o Professor Carlos

Santos³ (1864-1935) que estudou o plano das instalações de Radiodiagnóstico e de Radioterapia. Os Hospitais da Universidade cederam quatro grandes salas onde foram instalados, numa delas a aparelhagem de Diagnóstico de Raios X, noutra a de terapia por Raios X e as outras duas foram destinadas para as aplicações directas dos sais de rádio e da emanação do rádio (Caetano, E.; 1977).

As duas secções iriam trabalhar em estreita colaboração, cabendo toda a parte de controlo e de investigação à Faculdade de Ciências; a construção de ampolas de emanação de rádio e o controlo destas, era assegurada pessoalmente por Mário Silva. No anexo 5.1 mostra-se um estudo da quantidade máxima de emanação que a fonte pode acumular num espaço fechado.

Em 1930 foi criada uma Comissão Instaladora constituída pelos Professores Mário Silva e Ferraz de Carvalho como representantes da Faculdade de Ciências, Álvaro de Matos e Feliciano Guimarães (1885-?) pela Faculdade de Medicina e Angelo da Fonseca (1872-1942) como director dos Hospitais da Universidade. No início de 1931, após um trabalho intensivo mas cheio de entusiasmo, o Instituto do Rádio de Coimbra

«estava completamente instalado e pronto a funcionar» (Silva, Mário; 1938).

Vinha a Coimbra o Professor Carlos Santos, para orientar os tratamentos e dar instruções ao Dr. Moura Relvas, ao tempo assistente do Professor Álvaro de Matos. Tudo feito a título particular, a suas expensas, pois a cerimónia de inauguração nunca se realizou! Conta Mário Silva,

«...Contudo, em Dezembro de 1956, isto é, agora 26 anos volvidos, no rodar dos tempos sobre essa instalação, o Instituto continua de portas fechadas, abandonado e esquecido pela Universidade que deveria ter feito dele o nosso primeiro Instituto de Física Nuclear e o nosso primeiro Instituto de Oncologia. Mas não foi assim, e por isso continuamos ainda hoje a aguardar a sua inauguração, não se sabe mesmo até quando...» (Silva, Mário; 1957).

E acrescenta:

«...nesse tempo (referia-se a 1957) o Instituto conservava-se ainda tal como havia sido instalado, e portanto a sua inauguração era ainda possível, apesar de tudo. Porém, agora, em 1963, (...) tudo acabou! As instalações de radiodiagnóstico e de radioterapia foram desmanteladas, e as salas em que se encontravam, no edifício dos Hospitais da Universidade, foram adaptadas a outros serviços. (...) Sei

³ Autor, em 1897, da primeira utilização dos raios X como meio de diagnóstico no nosso país, (Gil, Fernando Bragança; 1995).

apenas que o material foi desmontado e distribuído pelo novo Laboratório de Radioisótopos, há anos criado na Faculdade de Medicina, e pelo Laboratório de Física da Faculdade de Ciências, onde continua a existir todo o material do Instituto, comprado, logo de início, para a sua secção de Física. E assim, por forma tão insólita morreu um Instituto que - pode dizer-se - nunca chegou propriamente a viver.» (Silva, Mário A.; 1971a).

Cem, dos seiscentos contos atribuídos ao Instituto, foram restituídos ao Estado, pois a compra de rádio, para que estavam destinados, não chegou a acontecer. Não podemos deixar de lamentar que este projecto tivesse sido abortado pela

«...inexplicável e odiosa teimosia, invejosamente desenvolvida na sombra (...) que impediu, sistematicamente, a publicação do diploma oficial que deveria criar os quadros de pessoal técnico e auxiliar, bem como regulamentar o funcionamento do Instituto...» (Silva, Mário; 1938).

Mário Silva lamentou sempre o fracasso deste seu projecto e responsabilizou a Universidade pelo mesmo o que manifestou no discurso que fez, por ocasião da homenagem prestada pela Câmara Municipal de Coimbra:

«O Instituto do Rádio, teria sido o nosso primeiro Instituto do Cancro. Começaram mesmo a fazer-se nele os primeiros tratamentos. O Professor Carlos Santos ainda aqui veio tratar muitos doentes. Porém tudo isso se perdeu, porque eu e o Professor Álvaro de Matos, que era considerado um inimigo desse tempo, nunca conseguimos que o Instituto fosse oficializado, pondo-o em movimento. Coimbra, e sobretudo a Universidade deixou que ele desaparecesse. Era um Instituto da Universidade, e a maior responsabilidade ainda cabe à Universidade desse tempo que o abandonou. Voltou as costas ao Instituto do Rádio de Coimbra...» (Diniz, Cruz; 1976b).

É no Instituto que Mário Silva realiza o trabalho de título: *La Radioactivité des Gaz Spontanés de la Source de Luso*, (Silva, Mário; 1931c), que apresenta no Congresso Internacional de Hidrologia, Climatologia e Geologia Médicas onde, além de aproveitar para divulgar os objectivos do novo Instituto de Rádio, pôs em evidência as diferenças entre as medidas agora feitas e as executadas anteriormente, nas suas palavras:

«Ces gaz ont déjà fait l'objet de quelques déterminations antérieures mais il semble, à en juger par les rapports présentés par les différents auteurs, qu'il n'y a pas eu, dans ces déterminations, un grand souci de précision. Je fais remarquer, en particulier, que ces auteurs n'indiquent jamais dans quelles conditions est mesuré le volume des gaz spontanés auquel ils rapportent la radioactivité. Or, nous pensons qu'il est toujours désirable de rapporter la radioactivité des gaz spontanés à un désirable de rapporter la radioactivité des gaz spontanés à un litre de gaz sec, mesuré dans les conditions normales de température (0°C) et de pression (760 mm de mercure), et ceci s'impose particulièrement pour les sources qui présentent une radioactivité constante». (Silva, Mário; 1931c).

Era já Professor Catedrático de Física da Universidade de Coimbra e Director do Laboratório de Física⁴ e a criação efectiva do Instituto de Rádio mantinha-se como uma das metas importantes da sua vida científica. Entretanto o Prof. Francisco Gentil veio a Coimbra ver as instalações do Instituto de Rádio (Caetano E.; 1977), e pouco tempo depois surgiu um Instituto de Rádio em Lisboa!⁵

5.3.2 Conferências no Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra

O entusiasmo de Mário Silva era tal que, no discurso de apresentação da primeira conferência do Instituto de Rádio da Universidade de Coimbra, no ano lectivo de 1930-1931, declarava:

«...em primeiro lugar, queremos fazer discutir entre nós, no nosso pequenino meio coimbrão, todas aquelas questões que, no fundo, nasceram – pode dizer-se – de algumas descobertas sensacionais, como a dos Raios X e a da Radioactividade, e de algumas doutrinas novas, não menos sensacionais, como a dos Quanta e a da Relatividade.

Nós não devemos continuar a dar a impressão que estamos afastados desse movimento científico que lá fora aumenta dia a dia entusiasmado todos aqueles que procuram conhecer melhor o mundo em que vivemos. Daí, meus Senhores, a necessidade destas conferências que se propõem fazer agitar entre nós todas as grandes questões que se debatem, na hora que se passa, adentro da Física.

Em segundo lugar, e como complemento do primeiro, estas conferências têm por fim permitir a todos aqueles que entre nós se dedicam a trabalhos de investigação, a exposição desses trabalhos. Pretende-se com isso fazer interessar por esses trabalhos o maior número de pessoas, de modo a poder alargar os limites em que esses trabalhos têm sido feitos. Por outro lado, procura-se assim contribuir para a criação entre nós, de um ambiente científico que nos falta ainda, e sem o qual cada um de nós, talvez por falta de estímulo, tende fatalmente a abandonar pouco a pouco os trabalhos de investigação a que numa hora de entusiasmo se começou a dedicar, e a trocá-los, a maior parte das vezes, comodamente por assuntos de bem menor interesse.

Pela natureza das questões que vão sendo tratadas, estas conferências interessam não só aos Físicos e aos Químicos, mas também aos Médicos, pelo menos aos radiologistas, ou melhor a todos os que, como terapeutas, se servem dos agentes físicos. É por esta razão que na organização destas conferências, o Instituto do Rádio pedirá não só a Físicos e a Químicos mas também a Médicos a sua colaboração, esperando conseguir de todos a sua valiosa adesão, e isto está dentro da organização do

⁴ Nomeado Director do Laboratório de Física da Universidade de Coimbra em 17 de Novembro de 1931 e publicado no Diário do Governo nº 269 de 20 de Novembro de 1931.

⁵ Pensamos não ser alheio a este facto a inviabilização do Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra...

En ce qui concerne la théorie de la relativité, M. Costa Lobo n'a aucun respect à son égard: il dit que la théorie restreinte a abandonné l'éther et que, malgré cela, on peut supposer que la théorie générale l'utilise encore. (...)

M. Costa Lobo bâtit sa théorie comme s'il n'eût aucune connaissance des derniers progrès de la physique (...)

On peut presque dire que la théorie de M. Costa Lobo aurait pu être conçue au commencement du XVIII^e siècle.» (Silva, Mário; 1932).

Mário Silva faz a análise detalhada de alguns pontos da teoria de Costa Lobo e mostra como são inadmissíveis os seus pontos de vista, explicando como aquela teoria é incompreensível.

Neste ciclo de conferências também falaram: Manuel dos Reis sobre *Equações fundamentais da Mecânica ondulatória*; Couceiro da Costa e Kurt Cooper sobre *Teoria dos colóides e suas propriedades*; Álvaro de Matos sobre *Aplicações das substâncias radioactivas na Medicina*; Carlos Santos e Moura Relvas sobre *Novos aspectos do Radiodiagnóstico e da Radioterapia* e Manuel dos Reis sobre *A Nova teoria do campo de Einstein*.

Repare-se que estas conferências tiveram lugar na altura em que Mário Silva esperava a oficialização do seu projecto mais querido, o Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra. Enquanto via adiada a continuação dos trabalhos científicos experimentais que tinha iniciado em Paris, procurou desenvolver alguma reflexão sobre a Física Moderna nestas conferências, mais tarde transferidas para o Laboratório de Física de que virá a ser Director.

5.4. O Professor

Mário Silva era, em 1931, apenas com 30 anos, Professor Catedrático da Universidade de Coimbra. Registe-se a forma como foi recebido na sua Faculdade:

«Há a registar a nomeação para Professor Catedrático o Doutor Mário Silva que tomou parte pela primeira vez na congregação de 30 Julho. Na qual lhe foi testemunhada, tanto pelo Director como por todos os vogais presentes, a alta consideração que merecem as suas excepcionais qualidades intelectuais e de investigador, as quais asseguram o sucesso da sua carreira de Professor». (Acta da congregação da Faculdade de Ciências de 30 de Julho de 1931).

Logo após o seu regresso a Coimbra, Mário Silva foi encarregue da regência das seguintes cadeiras: Física – curso geral; Electricidade; Acústica, Óptica e Calor; Física dos Sólidos e Fluidos; Física Médica – curso de física para a Faculdade de Medicina⁷. É ele que nos conta:

«...logo que cheguei, em 1929, fui encarregado de reger todas as disciplinas de Física. Não havia professores. Tive de aguentar com todas elas, perfeitamente esmagado com o peso dessas regências na parte prática e na parte teórica» (Silva, Mário; 1976a).

Não admira que toda a sua actividade, enquanto investigador, se vá ressentir da carga horária docente que lhe é imposta. Todavia, a sua actividade, enquanto professor, está longe de ser rotineira e dela destacamos quatro aspectos principais: primeiro, a produção de textos pedagógicos ou livros de Física que ultrapassam a habitual edição de apontamentos (ou sebentas, como se dizia na época); segundo, um empenhamento evidente em transmitir os conhecimento científicos actuais; terceiro, a apresentação das matérias científicas dentro de um enquadramento histórico-filosófico necessário à sua plena compreensão; quarto, a extensão do ensino da física, extracurricularmente, a sectores profissionais que dela necessitavam.

Quanto à produção de textos pedagógicos ou livros sobre as suas lições de Física, Mário Silva publicou, até ao sua demissão, em 1947, os seguintes: *Resumo das Lições Sobre a Física das Radiações Ionizantes* – (Lições de Física para Uso dos Alunos do Curso de Preparatórios Médicos) I-Parte (1932); *Lições de Física. Apontamentos para os Alunos de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra* (1937)⁸; *Lições de Física* – 3º parte do I livro- *Energia Electromagnética*, fasc. 1º, *Campo Electrostático e Magnético no Vazio* (1940); *Lições de Física* – 3º parte do I livro- *Energia Electromagnética*, fasc. 3º *Campo Electromagnético Estacionário* (1942); *Mecânica Física (Princípios Fundamentais)*. *Newton-Einstein*, Vol. I (1945); *Teoria do Campo Electromagnético* – vol.I- *Maxwell-Lorentz-Einstein* (1945); *Teoria do Campo Electromagnético* – vol.II- *Coulomb-Derster-Ampère* (1947); *Teoria do Campo Electromagnético* – vol.III- *Faraday-Steinmetz-Hertz* (1947). Quaisquer destes livros foram editados de uma forma cuidada e

⁷ Processo do Professor Mário Silva. Arquivo da Universidade de Coimbra, doravante referido por (PPMS).

⁸ Deste livro, conhecemos um exemplar, pertencente a um dos seus assistentes, o Doutor J. L. Rodrigues Martins, que, segundo as anotações deverá ser uma edição anterior à citada.

constam nos catálogos de muitas bibliotecas públicas. Como se nota pelas datas, esta actividade de Mário Silva é constante ao longo de toda a sua vida universitária e só interrompida pelo seu afastamento compulsivo em 1947⁹. Somos obrigados a reconhecer que no panorama universitário português da época, em particular no domínio das ciências exacta e naturais, a publicação destes livros, embora longe de ser notada, foi uma pedrada no charco.

Quanto ao empenhamento evidente em transmitir os conhecimento científicos actuais basta consultar qualquer exemplar das suas *Lições de Física*, assim logo na introdução pode ler-se:

«Um dos aspectos mais significativos das novas concepções impostas pela Micro-Física, é, sem dúvida, o que exprime o princípio de indeterminação enunciado por Heisenberg. Ele corrige o determinismo aparente que a escala um pouco grosseira de observação da Macro-Física nos revela para os sistemas complexos. O que parece ser determinismo rigoroso não passa de uma expressão da lei matemática das *médias* cuja significação nos é dada pelo cálculo das probabilidades.» (Silva, Mário; 1945, p. 9).

Ou ainda, julgamos digna de um registo especial, o período com que abre estas Lições:

«O mundo exterior que nos é revelado pelos nossos sentidos e sobre que recaem as nossas experiências, é um mundo de Luz e Matéria. É o estudo das suas propriedades, e das relações que têm entre si estas duas entidades físicas fundamentais do mundo sensível, que nos propomos fazer.» (Silva, Mário; 1945, p. 5).

É uma frase lapidar que sintetiza de um modo magistral o objecto da física, a natureza do seu estudo e as nossas relações com o mundo exterior, para, ao mesmo tempo, suscitar alguma reflexão filosófica, reflexão que está presente em muitos dos seus escritos.

Neste mesmo livro ao estudar a cinemática, ela é abordada classicamente e sob o ponto de vista relativista, chegando Mário Silva ao ponto de apresentar três deduções possíveis para a apresentação das expressões do Grupo de Lorentz para a transformação de coordenadas. Numa destas demonstrações pode ler-se:

«Quando, em 1929, Langevin, o conhecido professor do Colégio de França, nos visitou para fazer uma conferência sobre a teoria da relatividade, no nosso anfiteatro de Física, quis ter a amabilidade de nos

⁹ Em 1967 voltará a publicar, do mesmo teor, os livros seguintes: *Curso Complementar de Física*, vol. I e II; *Problemas Resolvidos de Física Geral*, vol I; *Cálculo Vectorial e Cinemática*.

apresentar uma demonstração simples das fórmulas do grupo de Lorentz que, segundo disse, expressamente tinha preparado para a sua viagem a Portugal» (Silva, Mário, 1945a; p. 49).

Este é um exemplo de um manual de Física para os primeiros anos da universidade onde está patente, a par de uma explanação rigorosa das matérias, o prazer de estimular o estudante para zonas contemporâneas do conhecimento científico. Na época, em Portugal, foi efectivamente um caso singular!

É, muito provavelmente, também pelo reconhecimento desta faceta do ensino de Mário Silva que um Investigador do Centro de Estudos Matemáticos (C. E. M.) do Porto escreveu:

«Um licenciado em Matemáticas ou Físico – Química pelas nossas Faculdades chega normalmente ao fim do curso sem conhecer, mesmo nas suas linhas gerais, a Relatividade e a Mecânica Quântica. Dizemos “normalmente” para excluir os casos esporádicos (...) em que os Professores, muitas vezes desviando-se do programa naturalmente imposto pela índole da cadeira, procuram fugir à rotina abordando um ou outro capítulo de Física teórica.» (David, Fernando Soares; 1947).

Quanto à terceira característica da sua actividade de professor, a apresentação das matérias científicas dentro de um enquadramento histórico-filosófico necessário à sua plena compreensão no plano dos fundamentos das ideias científicas, ela será abordada mais à frente, em 5.5.2, quando tratarmos do «Pensador de História e Filosofia da Ciência».

Sobre a extensão do ensino da física, extracurricularmente, a outros sectores profissionais, é de realçar o trabalho de Mário Silva no estabelecimento de relações firmes entre a física e a medicina. Procurou alicerçar esta relação no Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra, onde associava o Laboratório de Física da Faculdade de Ciências ao Hospital da Universidade e à Faculdade de Medicina, uma relação semelhante à do Instituto de Rádio de Paris. Uma realização desta envergadura exigia actividades de formação, daí a publicação do livro, *Lições sobre a Física das Radiações Ionizantes*, dirigido para os alunos do curso preparatório para a Faculdade de Medicina da Faculdade de Ciências de Coimbra, onde trata, entre outros assuntos, de instrumentos e métodos de medida de correntes de ionização; raios catódicos e raios canais; fenómenos fotoeléctrico e termoeléctrico e as suas importâncias no estudo da acção exercida pelas radiações sobre os seres vivos. A importância dada a este aspecto de extensão da Física era tal, que esta

publicação de Mário Silva dirigida aos médicos é a primeira a surgir, antes de qualquer das outras *Lições de Física*.

Pelo que acabámos de expor é natural que da qualidade do seu ensino se fizessem sentir algumas consequências. A título de exemplo: numa outra escola, o professor de “Correntes Fortes”, disciplina do último ano do Curso de Engenharia do Porto – Professor Rodrigo Sarmento de Beires - dispensava das primeiras aulas os antigos alunos de Mário Silva na disciplina de “Electricidade” do terceiro ano da Faculdade de Ciências de Coimbra (Caetano, E.; 1977, p. 58). E os seus alunos testemunham-no:

“...devo a Mário Silva umas aulas estimulantes, quase de enlevo (...) O difícil passava a fácil. As conclusões quase se uniam aos princípios. Havia beleza e elegância nas suas palavras e no seu conteúdo (...) As breves dezenas de lições que pude ouvir, despertaram em mim a vontade de aprender e de questionar para além das aulas, nos laboratórios, nas bibliotecas, nas conversas de amigos... Dessa aprendizagem do saber pensar são testemunhas gerações de médicos, que foram desafiados a transpor para a vida os princípios da causalidade e da incerteza... (...) Foi Mário Silva que, ao ensinar-me os fundamentos da Teoria da Relatividade, me incutiu para sempre o pensamento einsteiniano de que “sem a crença de que é possível apreender a realidade com as nossas construções teóricas, sem a crença na harmonia interna do nosso mundo, não poderia haver Ciência” (...).» (Simão, Veiga; 1997).

5.5. O Historiador da Ciência

Mário Silva era de facto um homem de interesses múltiplos e poli facetado. Ao abordarmos aqui um dos seus interesses que era a História da Ciência, teremos que percorrer as suas diversas facetas: a do «recuperador da memória institucional» da História da Física em Portugal; a do pensador que encontra na História e Filosofia da Ciência um suporte fundamental para a compreensão científica da Natureza e a do publicista que procura dar a conhecer, a um público mais vasto, a dimensão cultural do conhecimento científico.

Mário Silva é eleito sócio correspondente da Academia das Ciências de Lisboa a 2 de Junho de 1938 (Diniz, Cruz; 1976b, p. 38).

5.5.1 na História da Física em Portugal

No desempenho das funções de Director do Laboratório de Física da Universidade de Coimbra, em 1934, Mário Silva dá conta da situação de abandono e destruição em que se

encontrava o Laboratório do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, que incluía o magnífico Laboratório que pertenceu ao primeiro Gabinete de Física Experimental, criado em 1772, a seguir à reforma Pombalina. Empreende, então um trabalho de investigação e reconstituição históricas recuperando, ou melhor, ressuscitando de depósitos e ferro-velhos, de sombrios e esquecidos armazéns, o espírito que pertenceu aquele Gabinete de Física Experimental. Tratava-se da colecção de máquinas e aparelhos de Física Experimental provenientes do Real Colégio dos Nobres, oferecidos por D. João V à congregação do Oratório (Diniz, Cruz; 1976a). Da colecção original do século XVIII, já o Marquês de Pombal se referia, numa carta enviada ao Reitor D. Francisco de Lemos, como sendo

«o mais completo que tem a Europa. Porque sendo o melhor o de Pádua não tem mais que quatrocentas máquinas, passando o nosso a quinhentas e tantas.» (Silva, Mário; 1939b).

As peças estavam perfeitamente ao abandono metidas em armários e depósitos do Museu, o que exigiu de Mário Silva um exaustivo trabalho de pesquisa, de modo a descobrir e reaver as peças que, depois de reunidas de novo na primitiva sala de Física Experimental, foram devidamente estudadas e classificadas. Assim o então Director do Laboratório de Física conseguiu recuperar e restaurar um número que, não reflectindo a antiga grandeza do Gabinete de Física, permite ainda admirar peças de incontestável valor que vieram a constituir uma colecção única no Mundo.

Mário Silva apresenta um trabalho à Academia das Ciências de Lisboa, em 1938, com o título: “*Um novo Museu em Coimbra: o Museu Pombalino de Física da Faculdade de Ciências*” (Silva, Mário; 1939b), e recebe um louvor do Governo¹⁰ pela organização do cadastro dos bens afectos ao Laboratório de Física e por ter conseguido reconstituir, em parte, a antiga colecção de Física da Faculdade de Filosofia. O Museu de Física - o Museu Pombalino de Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra - é hoje, um museu único pela sua diversidade, originalidade e riqueza artística da preciosa colecção de instrumentos científicos e encontra-se aberto ao público mostrando, à entrada, a efígie de Mário Silva.

Ainda referente à reforma de Pombal, Mário Silva fez um trabalho de investigação histórica, com o título: *A actividade científica dos primeiros directores do Gabinete de*

¹⁰ Publicado no diário do Governo nº 63 da II^a série de 18 de Março de 1942 (anexo 5.2).

Física que a reforma pombalina criou em Coimbra, em 1772 (Silva, Mário; 1941), que apresentou no Congresso da História da Actividade Científica Portuguesa, realizado em Coimbra em 1940¹¹. Sobre este trabalho julgamos importante citar:

«No domínio da recuperação da memória institucional da Universidade do final do século XVIII temos de assinalar o importante contributo do Professor Mário Silva (...) Um texto onde o autor atribui a Dalla Bella a descoberta, no Real Gabinete de Física da Universidade de Coimbra, da lei da acção magnética, uma lei análoga à que viria a ser descoberta por Coulomb no domínio da electrostática, não hesitando nas suas aulas de Electromagnetismo em apresentar a “lei fundamental das acções magnéticas”, como a “lei de Dalla Bella” (...)» (Fitas, A. J., et al.; 2000).

Naquele trabalho Mário Silva refere as excelentes condições criadas pela Reforma de Pombal para a realização de trabalhos científicos em Coimbra e os trabalhos que foram realizados pelos primeiros Professores daquele Gabinete de Física, distinguindo o Professor Lacerda Lobo (e fazendo uma descrição das actividades por ele desenvolvidas) e o Professor Sousa Nazareth, que já referimos neste trabalho. Contudo a pretensão de atribuir a João António Dalla Bella¹², com base num trabalho de 1782, a descoberta da lei das acções magnéticas antes da lei atribuída a Coulomb, e publicada em 1785, foi refutada, nos anos cinquenta do século XX, pelo Professor Rómulo de Carvalho (Carvalho, Rómulo de; 1954).

Em 1942 coube a Mário Silva a tarefa de proferir a Oração de Sapiência que abria oficialmente o ano académico e intitulou-a o “Elogio da Ciência” (“*Elogio dos actos da Universidade de Coimbra, na sessão solene de abertura do ano lectivo 1942-1943, no dia 18 de Outubro de 1942*”, in Silva, Mário A.; 1971a, p. 11-26), onde começa por dizer que

«(...) me submeti ao imperativo da tradição académica, devo dizer que, na escolha do assunto desta Oração, quis igualmente submeter-me à letra dos mais velhos Estatutos Universitários, que dizem assim: “*O Reitor & Lentes, com toda a solemnidade acostumada, charavelas & trombetas diante, irão da Capela para a Salla onde um Catedrático será obrigado a fazer uma oração em louvor das Sciencias, & exortação dos ouvintes ao estudo dellas.*” (...)» (Silva, Mário A.; 1971a, p. 11).

É significativo esta fundamentação histórica, uma forma de encontrar na reforma pombalina

¹¹ Mário Silva faz parte da Comissão deste Congresso (PPMS).

¹² Professor italiano que Marquês de Pombal contratou para instalar e dirigir o Gabinete de Física e portanto o primeiro professor de física da então facultade de Philosophia da Universidade Portuguesa.

«o mote da Oração (...) *Elogio da Ciência*, como se pretendesse recordar/viver o tempo inaugural de novidade científica do último quartel de setecentos, da velha Universidade de Coimbra.» (Fitas, A. J. et al.; 2000)

Embora seja nosso propósito não prolongar este estudo para lá do ano de 1947, ano em que Mário Silva é afastado da cátedra, julgamos ser importante acrescentar:

«No entanto, será no início dos anos setenta, após o seu reingresso na Universidade de Coimbra (...) que Mário Silva tornará mais claro perante a opinião pública o seu interesse pela História da Física em Portugal, ao dirigir as *Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica*, (...) afadiga-se em coordenar esta publicação e nela fazer publicar artigos referentes aos objectos do Gabinete de Física pombalino e pesquisar os percursos científicos de alguns lentes do final de setecentos, como o caso do químico Vicente Coelho de Seabra Silva e Telles (Silva, Mário; 1971b). Encontramos nesta publicação cultural e científica, ao longo dos vários números publicados, uma presença muito regular deste físico pesquisador de história, que estabeleceu, como actividade científica coadjuvante da organização do museu, a tarefa de coordenar um programa de investigação referente a personalidades científicas setecentistas portuguesas, com prestígio internacional, como o caso de Bento de Moura Portugal (Silva, Mário; 1972) ou João Jacinto de Magalhães (Silva, Mário; 1973) (...).» (Fitas, A. J. et al.; 2000).

Mário Silva foi membro da Academia Internacional da História das Ciências, proposto por Jaime Cortesão, a 21 de Janeiro de 1972.

5.5.2 Pensador de História e Filosofia da Ciência

Mário Silva, tal como outros seus companheiros de labor (Abel Salazar e Rui Luís Gomes, entre outros) foi um dos cientistas portugueses que no seu magistério universitário foi influenciado pelo substrato filosófico da corrente neopositivista (Fitas, A.J., et al.; 2000). Parece não ter sido um prosélito desta corrente de pensamento, contudo ela é manifesta quer nas Lições que publicou quer na sua Oração de Sapiência que anteriormente referimos.

No *Elogio da Ciência* proferido no dia 18 de Outubro de 1942, a citação é longa, mas é claramente explícita quanto ao ideário filosófico de Mário Silva:

«(...) A sua primeira preocupação foi definir o âmbito de Ciência, afirmando que optara pela sua designação singular, evitando falar em Ciências, pois a sua formulação está ligada ao conceito de Ciência unitária que, segundo as suas próprias palavras, «corresponde, na verdade, a um estado de facto há muito atingido, incontrovertivelmente, pelo menos, no domínio da sua estrutura lógica, e portanto no domínio da linguagem universal que utiliza» (Silva, Mário; 1971a, p. 14). Foi com este

conceito de ciência unitária que o «Círculo de Viena» abriu o capítulo correspondente à Concepção Científica do Mundo, defendendo que o conhecimento provém da experiência e o objectivo da «ciência unitária» alcança-se pela aplicação da análise lógico-matemática aos dados empíricos. Prosseguindo na sua *Oratio de Sapientia*, ele vai pormenorizar o seu entendimento de Ciência unitária trazendo ao discurso as seguintes teses: a desagregação do *a priori* kantiano; a negação da matemática como ciência formal e a sua assunção como instrumento lógico na «estruturação das construções teóricas da Ciência» (Silva, Mário; 1971a, p. 16), a ilegitimidade filosófica dos problemas metafísicos, a ausência de sentido, coloca-os fora do domínio científico. Eis três teses muito caras aos neopositivistas e o professor de Coimbra invoca como autores que o ajudam à sua fundamentação Reichenbach e Carnap. Por último mostra como os conceitos fundamentais, Espaço, Tempo, Substância e Causalidade, alicerces da descrição do universo físico, foram concebidos pela ciência «de mãos dadas com a filosofia tradicional, e portanto com a metafísica da época» (Silva, Mário; 1971a), p. 19) e, hoje, a ciência actual os depurou dessa influência.» (Fitas, A. J., et al.; (2000).

Em carta datada de 23 de Agosto de 1942 e endereçada ao físico austriaco Guido Beck, à época em Portugal, escrevia:

«Pour le moment je m'occupe de philosophie, car je suis très intéressé aux conséquence de la physique des quanta dans le domaine de la théorie de la connaissance. C'est un travail de critique que nous aide à comprendre beaucoup de choses et à jeter parfois une vive lumière sur beaucoup d'incompréhensions des physiciens. D'autre part, comme je vous ai déjà dit, je suis chargé de prononcer le discours d'ouverture de la nouvelle année scolaire et je pense m'occuper dans ce discours de ces spéculations philosophiques.»

Nas *Lições de Física*, eis uma citação que corresponde aos dois primeiros parágrafos desta obra:

«A Física newtoniana é dominada por dois conceitos metafísicos - o espaço absoluto e o tempo absoluto - que nada têm de comum com as noções de espaço e de tempo admitidas pela Física relativista (...) O espaço e o tempo dos físicos modernos são, com efeito, duas realidades experimentais cujas propriedades geométricas e físicas ou simplesmente físicas, eles sabem determinar e medir com o auxílio das suas régulas ou dos seus relógios (...) São pois objectos de experiência (...)» (Silva, Mário; s/data, p. 5).

Não compulsámos outras Lições de professores universitários de Física em Portugal, até porque não as há, mas atrevemo-nos a realçar o facto de, num curso universitário de Física Geral, se escreverem duas frases tão lapidares sobre as bases filosóficas de conceitos físicos fundamentais. É revelador da profundidade de pensamento do seu autor e das suas preocupações em o partilhar com o seu auditório.

5.5.3 O Publicista

Mário Silva interessava-se pela história da Ciência em geral, sobretudo pela compreensão do significado histórico das grandes descobertas científicas e foi muitas vezes chamado para falar estes temas.

Nos trabalhos de Mário Silva sobre a vida e a obra de Homens de Ciência contam-se:

- *Newton, Experimentador*,¹³ (Silva, Mário; 1931d);
- *Goethe e a teoria das cores*¹⁴ (Silva, Mário A.; 1971a, p. 53-57);
- *Elogio Académico* do Comandante *Victor Hugo d'Azevedo Coutinho* Lente da Escola Naval e Professor Universitário¹⁵ (Silva, Mário A.; 1971a, p. 31-38).
- *A Vida e a Obra de Édouard Branly* (Silva, Mário A.; 1971a, p. 71-90);
- *Niels Bohr, Um Cientista da Era Atómica* (Silva, Mário A. da; 1963).

Mário Silva cria, em 1938, a revista, *Publications du Laboratoire de Physique de l'Université de Coimbra*, que também dirige.

As suas traduções e artigos ajudam-nos a conhecer a Literatura Científica Internacional e abrem-nos a curiosidade para o pensamento científico moderno, permitindo-nos conviver com Newton, Einstein, Branly, Thomson, Huxley, Ulmo, Beck e Whitehead. O espaço de Minkowski que nos ofereceu, abriu-nos os horizontes para os novos conhecimentos da Física e da Filosofia. As traduções: *Estrutura da matéria*, o capítulo XIV de Panorama da Ciência Contemporânea de J. H. Thomson e J. Huxley; *Introdução à Matemática*, de A. N. Whitehead; *O Significado da Relatividade* de A. Einstein e *Pensamento Científico Moderno* de Jean Ulmo, permitem o contacto com o pensamento científico moderno a um público mais vasto e, nas duas últimas obras, com uma reflexão do

¹³ Pronunciado na Sala Grande dos Actos da Universidade de Coimbra, na Sessão de homenagem a Newton, em 26 de Dezembro de 1931, promovida pela Faculdade de Ciências. Esta Sessão, votada na Congregação por aclamação, foi presidida pelo Embaixador inglês em Lisboa, Sir Claud Russel, e foram oradores, além de Mário Silva, o Director do Observatório de Greenwich, Sir Frank Dyson, o Professor da Faculdade de Letras, Dr. Joaquim de Carvalho e os Professores da Faculdade de Ciências, Dr. F. M. da Costa Lobo e Dr. Diogo Pacheco de Amorim. (In Acta da Congregação Faculdade em 28 de Outubro de 1931).

¹⁴ Pronunciado na Sala Grande dos Actos da Universidade de Coimbra, na Sessão comemorativa do centenário da morte de Goethe, em 16 de Abril de 1932, promovida pelo Instituto de Coimbra. Esta Sessão, foi presidida pelo Reitor, Dr. João Duarte de Oliveira, e com assistência, em lugar de honra do Senhor Ministro da Alemanha, os Professores: Dr. Wosseler, da Universidade de Munich, o Dr. Costa Lobo, da Faculdade de Ciências, em nome da Instituto de Coimbra, Dr. Ferraz de Carvalho, da Faculdade de Ciências, Dr. Providência de Sousa e Costa e Dr. Eugénio de Castro da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. (Mário A. da; 1971a, p.53-57)

¹⁵ Pronunciado na Sala Grande dos Actos da Universidade de Coimbra, na Sessão solene de imposição das insignias doutoriais, em 12 de Junho de 1932.

tradutor, pois inclui, no primeiro caso “Explicação prévia” e no segundo caso “Duas palavras de Apresentação” de sua autoria.

5.6. Os anos da guerra e a Física Teórica

Estava-se em plena Segunda Guerra Mundial, Paris tinha sido invadida pelas tropas nazis e alguns investigadores e físicos de renome, fugidos à perseguição nazi, vieram para Portugal. Portugal não pertencia ao grupo de países beligerantes e, para esses homens, parecia poder ser um porto de abrigo. Valeram-se dos contactos estabelecidos em Paris.

O primeiro a chegar, em 1939, foi o italiano, de ascendência judaica, Sergio de Benedetti que trabalhava no Instituto do Rádio de Paris, de onde tinha partido com uma carta de recomendação dirigida a Mário Silva. Instalou-se, então em Coimbra por alguns meses e, entre outros trabalhos, fez uma das conferências no Laboratório de Física, subordinada ao tema: “*Raios Cósmicos e Núcleo Atómico*”. Mário Silva afirmaria, mais tarde:

«Muito desejei fixar este notável investigador em Coimbra mas, tal como noutras casos análogos, não consegui obter quaisquer facilidades neste sentido, por parte das entidades oficiais responsáveis. Seguiu para os Estados Unidos da América onde fez uma notável carreira de Professor e de investigador. Como “Professor of Physics, Carnegie Institute of Technology” escreveu, em 1964, um notável livro “Nuclear Interactions”¹⁶...» (Silva, Mário A.; 1971a, p. 152).

Assim, em 1940 estavam em Coimbra, mais dois Cientistas, o austriaco também de ascendência judaica, Guido Beck e o Físico teórico romeno naturalizado francês Alphonse Proca¹⁷. Este iniciou a sua carreira científica como investigador experimental no Laboratório Curie no entanto, é como Físico Teórico que se tornou conhecido. Mário Silva teve a ideia de os propor para professores da Universidade, já que se tratava de investigadores e professores conhecidos e havia, em Portugal, uma ausência quase total do ensino de Física Teórica (David, Fernando Soares; 1947). Pareciam estar reunidas as condições para criar em Coimbra uma Escola de Física Teórica mas, tal proposta não teve seguimento!

¹⁶ Editado pela John Wiley & Sons. Benedetti foi membro editorial das revistas científicas «Reviews of Modern Physics» e «Nuclear Instruments and Methods». Sergio de Benedetti enviou um exemplar a Mário Silva, com uma dedicatória sugestiva da amizade que os unia.

A. Proca regressa, pouco tempo depois, a Paris¹⁸ enquanto Guido Beck permanece em Portugal mais tempo sendo, em 1943, forçado a abandonar o país, tal como tinha acontecido a Benedetti. Guido Beck (Videira, António A. P.; s/ data) e (Videira, António Augusto Passos; 1997) vai estar em Portugal quase dois anos¹⁹ e a sua estadia vai deixar marcas na comunidade científica nacional. Pelas marcas deixadas e pela colaboração estreita com Mário Silva, referiremos alguns tópicos da actividade deste físico austriaco em Portugal.

Conhecemos a carta que Mário Silva lhe envia, como resposta ao seu pedido de vinda para o nosso país, onde se pode ler,

«J'ais présenté votre demande au Conseil de la Faculté, et j'ais eu le plaisir de rappeler devant tous les collègues les remarquables travaux que vous avez déjà publiés. Il a été résolu de donner satisfaction à votre demande, regrettant peut-être que vous ne puissiez obtenir ici tous les renseignements dont vous avez besoin pour vos travaux, étant donné que, dernièrement, il y a eu un grand retard dans l'envoi des publications scientifiques.»²⁰,

e donde se depreende como Mário Silva se empenhou para que o Laboratório de Física de Coimbra passa-se a contar com a colaboração deste fisico.

Durante a sua permanência em Portugal, Guido Beck desenvolveu uma actividade importante em diversas frentes do ensino da Física: na orientação do trabalho de

¹⁷ Apresentamos no anexo 5.3 a fotografia de A. Proca, R. Rosenblum e Mário Silva no pátio do Instituto do Rádio em Paris.

¹⁸ Proca voltará a Portugal, ao Porto, em 1943, para substituir Guido Beck na direcção do Seminário de Física Teórica.

¹⁹ «G. Beck passou por varias Universidades não só na Europa como na América Central e América do Sul, mostrando grande interesse, sobretudo depois da sua passagem por Odessa, na ex-União Soviética, em contribuir para construção de novos Sistemas Universitários, que, como afirmava, deveriam ser sólidos para se tornarem duradouros. Por razões políticas teve, por diversas vezes, de se ausentar do País onde exercia a sua actividade, sempre ligada à investigação e ensino da Física Teórica. Esteve em 15 Cidades e 10 Países. Em 1934 era Professor no Instituto de Física da Universidade do Kansas City; entre 1935 e 1937 foi Professor Titular em Odessa onde organizou um curso completo de Física Teórica, entretanto o regime stalinista começou a dificultar a vida aos estrangeiros, seguiu, então, para Copenhaga, pensando poder contar com o auxílio de Bohr, mas por não haver lugar no Instituto de Física Teórica, seguiu para Lyon, em França, com uma carta de recomendação de Bohr que entregue a Paul Langevin, lhe conseguiu uma vaga, subsidiada pelo Centro de Pesquisa Científica, no Instituto de Física Atómica. Com o conflito entre a França e a Alemanha, Beck foi internado num campo para prisioneiros políticos. Escreve, então, para Mário Silva para sondar a possibilidade de se transferir para Portugal. Depois de longa espera pelo visto de entrada, chegou de comboio a Portugal, tendo também aqui uma estada algo conturbada. Em 1943 esteve detido, por três dias, na prisão política de Caldas da Rainha (...). Foi depois obrigado a sair do País, indo para Córdoba, na Argentina e depois para o Rio de Janeiro, onde exerceu um magistério notável e participou em investigações importantes no domínio da Física Nuclear» (Videira, António A. P.; s/ data).

²⁰ Fotocópia da carta existente no arquivo Guido Beck (Rio de Janeiro) e que apresentamos no anexo 5.4.

doutoramento em Física Teórica de jovens investigadores portugueses; numa intensa actividade de seminários de Física Teórica nas universidades portuguesas; na preparação de alguns textos comuns com investigadores portugueses.

Na orientação do trabalho de doutoramento, há a destacar a sua colaboração com José Luís Rodrigues Martins²¹, um assistente de Mário Silva que se doutorará, em Junho de 1945, com uma dissertação²² que constitui, segundo julgamos, a primeira tese em Física Teórica a ser apresentada em universidades portuguesas; Mário Silva conta:

«Às pesquisas laboratoriais e aos descobrimentos das diferentes técnicas para a produção dos fenómenos de desintegração nuclear, juntam-se extensos estudos teóricos. Entre nós, porém, por impossibilidade de conseguir laboratórios próprios para essas investigações, temo-nos limitado à investigação teórica. Ainda há pouco, em Junho passado, foi discutido por mim, na Sala dos Capelos da Universidade de Coimbra, um trabalho teórico sobre a natureza das forças nucleares, apresentado pelo meu Assistente, Dr. Rodrigues Martins.» (Silva, Mário; 1945b).

Guido Beck orientaria também um assistente da Universidade do Porto, António Fernandes de Sá, contudo não se conhece nenhuma dissertação sua entregue em qualquer universidade portuguesa.

A actividade de conferencista de G. Beck nas universidades portuguesas iniciou-se na Universidade de Coimbra. Deu uma primeira conferência no Laboratório de Física subordinada ao tema: *Introdução á Teoria dos Quanta* (Beck, Guido; 1942a). Do seu conteúdo versava: o esquema matemático da cinemática quântica; as relações de incerteza da dinâmica quântica; os diferentes aspectos da mecânica quântica, com exemplos; a teoria das perturbações; o spin do electrão; o problema de muitos corpos; a teoria do electrão de Dirac; a cinética do electrão relativista e as propriedades de transformação das equações de Dirac. Seguiu-se uma segunda série de conferências, *Sobre a Teoria Quântica dos Campos*

²¹ À semelhança do que lhe tinha acontecido, pela mão de Sousa Nazareth, Mário Silva, em 1936, convidava José Luís Rodrigues Martins, aluno dos Preparatórios de Engenharia, e reconhecendo as suas qualidades como estudante a licenciar-se em Físico-Químicas com vista a dedicar-se carreira de investigação científica na universidade. Já assistente de Mário Silva, este propõe-lhe iniciar a sua investigação sobre o problema da “electro-afinidade dos gases raros”, contudo as dificuldades impostas pela Segunda Grande Guerra, no que se refere à aquisição de equipamento experimental, obrigou Rodrigues Martins a abandonar este projecto de investigação experimental. Orientou-se para a investigação em Física Teórica por influência de Guido Beck (Martins, J. L. Rodrigues; 1969).

²² De título: *Da influência das forças de Spin nas reacções entre partículas nucleares*.

Estáticos (Beck, Guido; 1942b), onde tratou a cinemática do electrão relativista. O texto desta última termina do seguinte modo:

«L'auteur tient à exprimer as gratitude à M. le Professeur Mário da Silva pour le chaleureux accueil qu'il a trouvé dans son laboratoire et à remercier la Faculté des Sciences et l'Institut para a Alta Cultura pour l'appui qui lui permis de poursuivre ces travaux.».

Guido Beck foi um dos organizadores, no Laboratório de Física, do curso «*Introduction Physique et Philosophique à la Théorie des Quanta*» que se iniciou o a 21 de Fevereiro de 1942. Além de Beck participaram Pacheco de Amorim, Vicente Gonçalves, Manuel dos Reis, Couceiro da Costa, Almeida Santos, Jorge Gouveia, António Judice, Rodrigues Martins e Magalhães Vilhena. Este curso foi consequência de uma conferência dada naquele Laboratório, em Maio de 1940 e a convite de Mário Silva, por Magalhães Vilhena, licenciado em Ciências Históricas e Filosóficas na Faculdade de Letras de Coimbra e interessado pelos problemas filosóficos levantados pelas novas correntes de Física Moderna²³, sob o título «*A Unidade da Ciência, Um problema de Filosofia científica*». Coube a Magalhães Vilhena a coordenação da secção filosófica do curso e o programa geral deste compreendia:

«A) *Introdução Física*. 1- O problema da Física Teórica. 2- Diferentes aspectos da mecânica clássica. 3- Evolução da electrodinâmica clássica. 4- Aparelhagem matemática da Teoria dos Quanta. 5- Mecânica Quântica. 6- Electrodinâmica Quântica. 7- Bases experimentais da Física Quântica; B) *Introdução Filosófica*. 1- Ciência e epistemologia. 2- Conhecimento e realidade. 3- Espaço e Tempo. 4- Causalidade e determinismo. 5- Fundamento da Indução. 6- Razão e experiência» (*Gazeta de Matemática*; 1942a, p. 27).

A iniciativa de convidar Magalhães Vilhena, um jovem assistente da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra da área da Filosofia, coube a Mário Silva e para isto pesaram: a sua conduta de fervorosa interdisciplinaridade pela qual sempre pugnara e ainda o seu gosto particular pela reflexão histórico-filosófica das ciências. O curso «*Introduction Physique et Philosophique à la Théorie des Quanta*» ficou assim a dever-se à sua colaboração com Guido Beck e Magalhães Vilhena. Foram realizadas apenas, as lições²⁴ de Pacheco de Amorim, Vicente Gonçalves, e Manuel dos Reis, além da proferida por Guido

²³ Magalhães Vilhena doutorou-se em Filosofia na Sorbonne, onde foi Professor e desenvolveu uma actividade de grande relevo em França, tendo estado ligado ao “Centre National de la Recherche Scientifique”.

MÁRIO SILVA, A OBRA DE UM PROFESSOR - CAPÍTULO 5

Beck, sendo o curso interrompido pelo afastamento deste. O curso chamou a atenção da comunidade científica internacional, nomeadamente de Jean Thibaud, que solicitou à Universidade as lições do curso²⁵. Em carta datada de 7 de Junho de 1942 e endereçada a Rui Luís Gomes, conta Mário Silva:

«O Dr. Guido Beck vai amanhã ao Porto falar consigo, a conselho meu. Sei que o meu exmo amigo tem a maior consideração pelo dr. Guido Beck e por isso não deixará de lhe fazer o que estiver na sua mão fazer-lhe. Por aqui fiz-lhe tudo o que me foi possível, contra a inércia do meio e certas más vontades que embora encobertas a princípio, resolveram, por fim, mostrar-se tais quais são: mesquinhias. Vem isto a propósito do nosso curso de Física Quântica que acaba de ser «sabotado».

Como o meu Exmo Amigo sabe, o I.A.C concedeu ao Dr. Guido Beck um subsídio de 4000\$00. Como já passaram quatro meses, entendo que era tempo de renovar a bolsa ou promover um contrato de professor com o dr. Beck. Por motivos que ele lhe contará, a Faculdade de Coimbra não está disposta a fazer qualquer pedido nesse sentido. Foi por esta razão que eu e o dr. Beck nos lembrámos de si. Poderá o meu amigo arranjar-lhe alguma coisa no Porto? Ele aí vai para conversar consigo. Oxalá que alguma coisa lhe possa fazer.»²⁶.

O ambiente da Universidade de Coimbra parecia não ser muito favorável a grandes inovações, desencorajava-as mesmo: o termo empregue é «sabotado». E Rui Luís Gomes consegue os apoios para que Guido Beck assumisse a direcção do Seminário de Física Teórica que já havia sido fundado, anexo ao Centro de Estudos Matemáticos do Porto. Mário Silva e o seu assistente Rodrigues Martins participarão nesta iniciativa:

«Começam no dia 10 de Outubro os trabalhos do Seminário de Física Teórica, integrado no C. E. M. da Universidade do Porto. Estes trabalhos serão orientados pelo Dr. Guido Beck e neles tomarão uma parte activa os Assistentes Fernandes de Sá (F. C. do Porto) e Rodrigues Martins (F. C. de Coimbra). Na primeira sessão, o Dr. Guido Beck traçará o plano de trabalhos a realizar e iniciará uma exposição sobre o estado actual da Teoria das Forças Nucleares. Numa das sessões seguintes contamos com uma comunicação do Prof. Dr. Mário Silva, da Universidade de Coimbra.» (Gazeta da Matemática; 1942b, p. 20).

Sobre a preparação de alguns textos comuns com investigadores portugueses, Guido Beck escreveu, em colaboração com Mário Silva, “*Le Champ Electromagnétique Variable*”, artigo do qual só foram publicadas, em 1942, 48 páginas.

²⁴ Estas lições foram publicadas na *Revista da Faculdade de Ciências* Volume X.

²⁵ Segundo testemunho do Sr. Engenheiro João Paulo da Silva Nobre, neto do Professor Mário Silva, em conversa havida em Outubro de 1999, há uma carta que documenta este facto.

²⁶ Biblioteca R. L. Gomes (Casa Museu Abel Salazar), Correspondência «S», doc. 5 (anexo 5.5)

As conferências no Laboratório de Física, nos anos 1940, contaram também com a presença do Professor da Universidade de Madrid, D. Miguel Catalan, que falou sobre “*Os espectros em relação com a Física dos astros*”. Registemos parte da apresentação feita por Mário Silva, na qualidade de Director do Laboratório (Silva, Mário; 1971 p. 155).

«(...) O Prof. Catalan descobriu nos espectros luminosos do manganésio e do crómio os grupos de riscas chamados multipletes. Não teve apenas interesse experimental esta descoberta. No domínio da teoria, desde logo foi percebido que esta descoberta era susceptível de esclarecer pontos escuros das relações entre a estrutura electrónica dos átomos e a estrutura dos espectros emitidos. Assim o viu imediatamente Sommerfeld, ao tempo interessado no desenvolvimento da teoria quântica do átomo. Assim se explica a colaboração que ligou durante algum tempo o professor espanhol –homem do laboratório - com o sábio alemão - homem do gabinete.

O professor inglês Baly, ao referir-se aos trabalhos de D. Miguel Catalan, que expõe largamente no seu Tratado de Espectroscopia afirma que “a importância destes trabalhos reside no facto de eles terem conduzido a uma mais profunda compreensão dos fenómenos de arquitectura das séries espectrais e da estrutura atómica, e de, em particular, terem permitido a Sommerfeld, e depois a Landé, assentar a noção empírica de número quântico interno sobre uma verdadeira base física”. Acrescenta ainda Baly que “os trabalhos de Catalan prestaram igualmente assinalado serviço nas mãos de Back e de Landé, na resolução do problema do efeito de Zeemann”.(...)».

Sem extrairmos nenhuma conclusão particular, julgamos importante sublinhar o papel pioneiro, em termos universitários, da introdução de uma «nova disciplina» que era a Física Teórica e a materialização deste esforço em textos, a maior parte deles publicados com a chancela da Revista da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, e que cumpriam o objectivo de dar a conhecer as matérias da Física contemporânea que estavam longe de ser devidamente estudadas nos anfiteatros académicos.

5.7. O Cidadão

Apesar de, até aos anos quarenta, Mário Silva não ter actividade política pública, conservava desde a infância o “vírus” republicano que o pai lhe havia transmitido, e evidenciava uma clara demarcação política na defesa dos interesses dos mais humildes e uma dignidade de verdadeiro democrata e antifascista. Fazia parte de uma tertúlia, com Teixeira Ribeiro, Manuel dos Reis, José Oliveira Neves e Anselmo de Castro, onde se discutia Filosofia e Ciências Políticas e talvez se conspirasse em surdina (Caetano, E.;

1977). Eram os anos da guerra e o país é atravessado por um forte movimento de contestação social e político (Rosas, Fernando; 1994). Vendo com inquietação as consequências das atitudes que atrofiavam a energia com que deveríamos realizar as nossas aspirações de progresso, Mário Silva sentiu necessidade de participar na luta que clandestinamente se vinha travando, para debelar o mal-estar no país, já tão depauperado. Entra, então em actividades políticas, a convite de Bento de Jesus Caraça, membro da comissão executiva do MUNAF – Movimento de Unidade Nacional Anti-Fascista²⁷. Mais tarde actua activamente no MUD – Movimento de Unidade Democrática²⁸, sendo Vice-Presidente da respectiva Comissão Distrital por Coimbra, cuja Presidência era ocupada por Anselmo Ferraz de Carvalho, a seu convite.

Nos anos de 1946 e 1947, tempos de elevada agitação política, tudo servia de pretexto para acusar de conspiradores os adversários, considerados dísculos perigosos que urgia reduzir ao silêncio e a inacção. Em consequência Mário Silva foi preso e depois afastado da sua cátedra. Em Agosto de 1946 estava na Figueira da Foz e a polícia política - a PIDE - foi aí prendê-lo (Lopes, Octávio Gonçalves; 1976). É levado para o Porto, para a cadeia daquela Polícia e aí permanece, sem culpa formada, até Outubro seguinte. Vem iniciar o novo ano escolar de 1946-1947, na sua Universidade, mas “é preciso anular a coragem e o exemplo de Homens como Mário Silva” e a exoneração pura e simples, das suas funções como professor Universitário, surge em Junho de 1947²⁹.

²⁷ O MUNAF, criado em 1943, do qual o General Norton de Matos era presidente, veio, por razões de conjuntura diversa a apagar-se ao mesmo tempo que novo movimento havia surgido, em 1945, o MUD – Movimento de Unidade Democrática.

²⁸ O MUD foi um dos motores das grandes lutas dos trabalhadores e estudantes do ano 1946 e a sua ação estende-se ao longo de vários anos com apreciável relevância em 1949 na Campanha Eleitoral em que a Oposição Portuguesa apresenta como candidato à Presidência da República o Senhor General Norton de Matos.

²⁹ «Por portaria de 18 de Junho de 1947, publicada no Diário do Governo, nº 140, de 19 de Junho de 1947, desligado do serviço até se verificar se tem direito à aposentação de harmonia com a deliberação do Conselho de Ministros de 14 de Junho de 1947.

Por portaria de 9 de Setembro de 1947, publicada no Diário do Governo nº 220, de 20 de Setembro de 1947, colocado na situação de inactividade permanente aguardando aposentação.

Por despacho publicado no Diário do Governo nº 95, de 24 de Abril de 1948, aposentado obrigatoriamente (por despacho da Caixa Geral de Aposentações, de 21 de Abril de 1948, com a pensão anual de 25704\$00). (PPMS)

O Professor Mário Silva, nas suas declarações desfez, com clareza, todo o libelo acusatório. Foi absolvido, porque o seu processo-crime «não fornece prova para ser incriminado». Perante isto interpôs recurso para o Conselho de Ministros, fazendo acompanhar o seu ofício de uma certidão de absolvição passada pelo

Já em 1935 o regime político afastara do ensino universitário alguns professores prestigiados (Abel Salazar e Rodrigues Lapa) mas, contemporaneamente ao afastamento de Mário Silva, outros vinte e um professores das Universidades de Lisboa e Porto são também afastados. Interessa-nos aqui sublinhar como o regime político de então, a pretexto de sanear os seus opositores, consegue com uma precisão cirúrgica afastar da universidade praticamente a quase totalidade dos professores universitários que mantinham persistentemente uma actividade de investigação a par da sua actividade docente e que se esforçavam por colocar Portugal no mapa científico mundial. Esta purga, de graves consequências para a universidade portuguesa e para o país, não suscitou da comunidade universitária, como se esperaria, uma reacção firme de repúdio.

Ainda em 1947, Mário Silva volta a ser importunado pela PIDE, quando assume posições de apoio às lutas estudantis que entretanto se desenvolvem no País, tendo ficado em prisão domiciliária três semanas, findas as quais a polícia política informou que “*o caso já está esclarecido*” e que o Professor poderia retomar a liberdade daquele momento (Caetano, E.; 1977, p. 98).

Após o seu afastamento Mário Silva continua politicamente activo contra a ditadura. Ainda viveu o 25 de Abril de 1974 que considerou o dia mais feliz da sua vida (Nobre, João Paulo da Silva; 1997). Acabava nesse dia um regime que longamente o hostilizou, o prendeu e o expulsou da Universidade.

5.8. Conclusão

Regressado a Coimbra, apesar de muito ocupado com a regência de muitas cadeiras, Mário Silva tentou prosseguir com a investigação científica que fizera em Paris. Contudo esta actividade científica circunscreve-se a um período muito curto que corresponde ao recomeço da sua vida académica coimbrã. Mário Silva não voltará a fazer investigação científica...

Primeiro Juízo Criminal do Porto, que o julgou. Moralmente deveria seguir-se a sua reintegração. A sua petição baixou realmente ao Conselho de Ministros, mas sobre ela recaiu o seguinte despacho: «O Conselho de Ministros resolveu manter o seu despacho anterior. Em Conselho de Ministros de 2 de Setembro de 1947. a) Oliveira Salazar». Este despacho foi comunicado no dia 8 seguinte ao Chefe do Gabinete de Sua Exceléncia o Ministro da Educação Nacional, pelo Chefe do Gabinete da Presidência do Conselho.» (Diniz, Cruz; 1976c, p. 31).

A partir de 1933 Mário Silva canaliza as suas energias para a dinamização e desenvolvimento das actividades do seu tão acalentado projecto, Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra, que, embora sem existência oficial, começou a sua actividade pública organizando uma série de conferências e desenvolvendo um trabalho, pioneiro em Portugal, sobre radioactividade. O Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra foi uma das consequências da estada de Mário Silva em Paris, queria fazê-lo à “imagem e semelhança” do seu congénere francês, no que se refere ao nível científico e ao dinamismo do trabalho criador. No início de 1931, estava completamente instalado e pronto a funcionar e, chegou mesmo a fazer tratamento a alguns doentes, orientados pelo Professor Carlos Santos.

A actividade de Mário Silva enquanto professor, está longe de ser rotineira e dela destacamos quatro aspectos principais: a produção de textos pedagógicos ou livros de Física que ultrapassam a habitual edição de apontamentos (ou sebentas, como se dizia na época); um empenhamento evidente em transmitir os conhecimento científicos actuais; a apresentação das matérias científicas dentro de um enquadramento histórico-filosófico necessário à sua plena compreensão e a extensão do ensino da física, extracurricularmente, a sectores profissionais que dela necessitavam. Foi um precursor da relação Física-Medicina, um dos domínios que inegavelmente mais interesse desperta actualmente a nível da ciência e da tecnologia e seguramente também a nível da Sociedade.

Mário Silva era de facto um homem de interesses múltiplos, no que se refere ao seu interesse pela História da Ciência temos de evidenciar as suas diversas facetas: a do «recuperador da memória institucional» da História da Física em Portugal; a do pensador que encontra na História e Filosofia da Ciência um suporte fundamental para a compreensão científica da Natureza; a do publicista que procura dar a conhecer, a um público mais vasto, a dimensão cultural do conhecimento científico.

A evolução científica e o estádio do desenvolvimento de um país podem ser representados pelos objectos, pelas Memórias, pela História das Instituições e pela vida dos Homens de Ciência, neste âmbito destaque-se os seus trabalhos: a reconstituição do Gabinete de Física Experimental criado pela Reforma de Pombal - de que resultou a constituição do Museu Pombalino de Física na Faculdade de Ciências da Universidade de

Coimbra - e a criação do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, a sua última obra, levada a cabo nos anos 70.

Atento às condições de ensino em geral e ao ensino da Física em particular, Mário Silva quis, em 1940, aproveitar a presença de alguns Cientistas estrangeiros em Coimbra, propondo-os para professores da Universidade, reunindo assim condições para iniciar em Coimbra o ensino da Física Teórica mas, tal proposta não foi aceite. Note-se que esta disciplina só surge curricularmente nas universidades portuguesas em meados dos anos sessenta.

Mário Silva não era alheio à situação socio-política do país, evidenciava, ao contrário, uma clara demarcação política na defesa dos interesses dos mais humildes e uma dignidade de verdadeiro democrata e antifascista. Entra em actividades políticas, a favor da democracia, em plena Segunda Guerra Mundial o que valeu a prisão, em 1946, permanecendo dois meses na cadeia da Policia política, no Porto, sem culpa formada, e, em Junho de 1947, a exoneração das suas funções como Professor Universitário.

6 - Epílogo.

Na tentativa de encontrar os traços de uma pista, eventualmente ténue, que nos conduza à linha de pesquisa científica que a personagem central deste nosso estudo virá a desenvolver, e tendo em conta como a emergência de novas matérias da Física iam abrindo caminho às concepções científicas modernas sobre a constituição da matéria, procuramos conhecer como esses novos conhecimentos começaram a ser difundidos ou incorporados por uma parte da comunidade científica portuguesa. Limitamo-nos ao caso da Universidade de Coimbra e, em particular, ao grupo de professores da sua Faculdade de Filosofia que ministrava o ensino na área da Física e Química.

Podemos constatar que, no domínio das propriedades da radiação e sobre a constituição da matéria, no final do século XIX - início do século XX, a actividade do Gabinete de Física da Universidade de Coimbra ficou marcada por trabalhos científicos sobre a constituição da matéria que demonstraram um conhecimento actual dos resultados experimentais e da produção teórica, ensaiando-se as primícias de uma investigação experimental. Embora escassos, quando comparados com os centros mais avançados, estes resultados reflectiam o esforço lento, até certo ponto alcançado, de meio século de actualização.

Com as reformas introduzidas pela República, a actualização dos conhecimentos científicos passa a uma nova fase, da qual podemos concluir: a saída dos Professores da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, por alguns anos, para, num bom Laboratório estrangeiro para fazerem a sua formação e como resultado desta medida, um assistente do Laboratório de Física vai para Paris e, ao regressar, realiza em Portugal, em 1915, o primeiro trabalho de investigação, obtendo resultados novos sobre radioactividade.

É nesta altura, em 1917, que Mário Silva ingressa no Curso de Ciências Físico-Químicas na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, é um aluno distinto, o que lhe permite ser convidado para assistente da Faculdade e, pouco tempo depois enviado para o estrangeiro onde virá a iniciar a sua carreira científica.

Ingressa no Laboratório Curie e, depois de publicar quatro trabalhos científicos nos Comptes Redus da Académie des Sciences de Paris, defende, em provas públicas, a sua dissertação de doutoramento, perante um Júri constituído por Marie Curie, Jean

Perrin e André Debierne, realizada sob a orientação de Marie Curie e que posteriormente publicará nos *Annales de Physique*.

Como corolário da sua actividade no Laboratório Curie, em Paris, Marie Curie consegue uma bolsa da Universidade de Paris para que Mário Silva prossiga a sua investigação que se começa a orientar para o domínio do estudo dos núcleos atómicos; mas, teve de interromper este trabalho porque de Coimbra começaram a exigir o seu retorno imediato.

É com alguma frustração que Mário Silva regressa a Portugal contudo, o seu regresso é acompanhado pela convicção que poderá, em breve, continuar, na sua Universidade, os trabalhos que tinha iniciado no Instituto do Rádio em Paris, pois tinha já reunido as condições para a instalação imediata de um Instituto do Rádio, feito à semelhança daquele, em Coimbra.

No retorno á Velha Universidade, apesar de estar muito ocupado com a regência de muitas cadeiras e verdadeiramente empenhado na instalação do Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra, Mário Silva realizou vários trabalhos de investigação científica, inseridos na temática iniciada em Paris. Contudo esta actividade científica inscrevem-se num período curto da sua vida na Universidade.

Mário Silva canaliza, então as suas energias para a dinamização e desenvolvimento das actividades do seu tão acalentado projecto, Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra que, embora sem existência oficial, começou a sua actividade pública organizando uma série de conferências, desenvolvendo um trabalho sobre radioactividade e chegou mesmo a fazer-se tratamento a alguns doentes. No entanto a cerimónia de inauguração nunca se realizou!

As palavras de Mário Silva, no discurso de apresentação da primeira conferência do Instituto do Rádio da Universidade de Coimbra, estão recheadas de entusiasmo e esperança. Não sabia ainda, que o fascismo se iria estabelecer em Portugal por muito tempo e viria a liquidar a sua carreira de Professor e Investigador.

Com o tempo Mário Silva ia tomando consciência dos impedimentos na concretização dos seus projectos, no entanto, não esmorecia. A sua actividade, enquanto professor, está longe de ser rotineira e dela destacamos quatro aspectos principais: a produção de textos pedagógicos ou livros de Física que ultrapassam a habitual edição de apontamentos; um empenhamento evidente em transmitir os conhecimento científicos

actuais; a apresentação das matérias científicas dentro de um enquadramento histórico-filosófico necessário à sua plena compreensão e a extensão do ensino da física, extracurricularmente, a sectores profissionais que dela necessitavam.

Mário Silva preocupou-se, ainda com a formação dos seus colaboradores, estimulando-os no estudo das Ciências Físicas e apoioando as suas iniciativas.

A evolução científica e o estádio do desenvolvimento de um país podem ser representados pelos objectos, pelas Memórias, pela História das Instituições e pela vida dos Homens de Ciência. Incluída na sua obra encontram-se trabalhos de grande relevo no âmbito da História das Ciências onde podemos evidenciar diversas facetas: a do «recuperador da memória institucional» da História da Física em Portugal; a do pensador que encontra na História e Filosofia da Ciência um suporte fundamental para a compreensão científica da Natureza; a do publicista que procura dar a conhecer, a um público mais vasto, a dimensão cultural do conhecimento científico. Seja-nos permitido destacar a reconstituição do Gabinete de Física Experimental criado pela Reforma de Pombal - de que resultou a constituição do Museu Pombalino de Física na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra - e a criação do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, a sua última obra, levada a cabo nos anos 70.

Dado que havia graves deficiências no ensino da Física Teórica em Portugal, Mário Silva quis, nos anos de 1940, aproveitar a presença de alguns Cientistas estrangeiros em Coimbra, fugidos ao regime nazi, propondo-os para professores da Universidade, reunindo assim as condições para criar em Coimbra uma Escola de Física Teórica mas, tal proposta não foi aceite.

No plano socio-político Mário Silva evidenciava uma clara demarcação política na defesa dos interesses dos mais humildes e uma dignidade de verdadeiro democrata e antifascista. Entra em actividades políticas, a favor da democracia, em plena Segunda Guerra Mundial o que valeu a prisão, em 1946, permanecendo dois meses na cadeia da Polícia política, no Porto, sem culpa formada, e, em Junho de 1947, a exoneração das suas funções como professor Universitário.

Depois da demissão Mário Silva chegou a trabalhar nas Caves Vice-Rei, vendendo vinho espumante (Nobre, João Paulo da Silva; 1997). É nomeado “Consultor

Científico” da Philips Portuguesa, ainda no ano 1947, cargo que ocupou até se reformar, em 1965.

Voltou, então, de novo á actividade científica dando explicações a alunos universitários de cadeiras universitárias, nas suas palavras:

«...tive a consolação de ver nas minhas aulas a totalidade do curso, enquanto às aulas do professor de então poucos iam. Foi realmente uma satisfação para mim o poder relembrar a minha vida activa de professor (...) A certa altura, em 1971, fiz 70 anos e estava a ver novamente perdida a minha actividade na Universidade no activo. Poderia enfim ter sido reintegrado nessa altura (...), mas não podia ter uma actividade docente, que não era permitido por lei. Depois de ter feito os meus 70 anos (...) o Ministro Veiga Simão (...) tendo tentado por ele próprio reintegrar não só a minha pessoa, como todos os catedráticos, nunca o conseguiu. Como tinha que, necessariamente, ir a Conselho de Ministros, sistematicamente era reprovado. (Silva, Mário; 1976a).

Em 1971, enquanto aguardava a sua reintegração (o que aconteceu apenas em 1976), o Sr. Ministro Veiga Simão nomeou Mário Silva como Presidente da Comissão de Planeamento¹ do Museu Nacional da Ciência e da Técnica e mais tarde seu Director². Este Museu surgiu por proposta de Mário Silva, recordando-se do que fizera no Laboratório de Física e do que vira em Paris umas décadas antes³, como ele próprio conta:

«O Professor Veiga Simão (...) sabendo da minha situação, chamou-me a Lisboa para me perguntar – feitos os 70 anos que iria eu fazer? – (...) Então veio-me a ideia antiga de 1925, a ideia do Conservatório, a que nessa altura dei já a forma de Museu, mas acrescentando sempre a palavra NACIONAL. Museu Nacional de Ciência e da Técnica. - Mas isso é uma magnífica ideia, respondeu. Assim nasceu este Museu dessa ideia e desse convite que me foi feito.» (Silva, Mário; 1976a).

É assim que Mário Silva nos aparece como Director do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, com sede em Coimbra, mas destinado a projectar-se pelo País inteiro.

¹ Despacho de 3 de Fevereiro de 1971 do Ministro da Educação, Professor Veiga Simão.

² Decreto-lei nº 347 de 12 de Maio de 1976, dos ministros da Comunicação Social e da Educação e da Investigação Científica, Dr. António de Almeida Santos e Major Victor Alves.

³ Quando, em 1926, Mário Silva visitou ocasionalmente o Conservatoire National des Arts et Métiers em Paris, questionou-se da razão de não haver um Conservatório de Artes e Ofícios em Portugal, desconhecendo, então, que Passos Manuel tinha criado (por sugestão de um grupo de Portugueses residentes em Paris) dois Conservatórios, um em Lisboa e outro no Porto em 1836 e 1837 respectivamente. Estes Conservatórios acabaram por ser extintos alguns anos depois.

Já sem tempo de recuperar o potencial da docência definitivamente perdida, Mário Silva pôde ainda assim legar á ciéncia e ao País um Museu dedicado à inventariação, recolha, classificação, beneficiação e conservação das espécies com interesse para o conhecimento da História da Ciéncia e da Técnica.

«...que se propõe ser dinâmico e actuante na vida nacional; um centro activo de ensino; uma verdadeira escola, dirigido aos portugueses do nosso tempo, onde estudantes, investigadores e eruditos tenham á mão o que é necessário para os elucidar sobre o Passado, a fim de que, compreendendo o sentido dos antecedentes, deles possam tirar o que interessa para o Presente e lhes abra horizontes para o Futuro. (Diniz, Cruz; 1976c).

Na nota de abertura das Publicações do Museu Nacional da Ciéncia e da Técnica, em 1971, Mário Silva declara:

«o objectivo fundamental que nos propomos é o de contribuir para que se faça um dia, com segurança e honestamente, a História da Ciéncia e da Técnica Portuguesas» (Silva, Mário (1976a)).

O nome de Mário Silva fica na História da Ciéncia em Portugal ligado aos primeiros trabalhos experimentais com radioactividade e aos consequentes estudos com vista ao conhecimento da estrutura da matéria. Mas fica também, e talvez de forma mais marcada, pela mensagem ímpar que transmitiu da condição de ser cidadão-cientista, convicto de que só pela ciéncia o homem atingirá uma dimensão universal. Esta mensagem encontra-se mais naquilo que Mário Silva pretendeu fazer, sem lho permitirem, do que em notáveis realizações. Citemos algumas:

- Pretendeu pôr os seus conhecimentos dos fenómenos radioactivos, reconhecidos em centros da especialidade no estrangeiro, ao serviço das vítimas da doença do seu século, mas não lho permitiram;
- Quis criar em Coimbra uma Escola de Física Teórica capaz de satisfazer as exigências do desenvolvimento científico e tecnológico que se avizinhava, e não lho consentiram;
- Democrata íntegro, quis partilhar com os seus concidadãos o juízo esclarecido que possuía, e prenderam-no;
- Pedagogo brilhante, Professor amado e respeitado pelos seus alunos, tentou transmitir-lhe os conhecimentos científicos actuais, apresentando as matérias científicas

dentro de um enquadramento histórico-filosófico necessário à sua plena compreensão, e foi afastado compulsivamente da docência universitária.

Sempre que avançava um passo, havia quem lhe barrasse o caminho; vencia o obscurantismo. Ora, não é possível alcançar níveis de bem-estar compatíveis com os legítimos anseios do povo, sem uma forte estrutura científica que afaste, de vez, a ameaça do obscurantismo alterando os nossos hábitos culturais. Porque foram os hábitos culturais, mais do que a maldade de algumas pessoas, que quiseram calar a sua voz. Mas não o conseguiram, essa voz chegou até nós! Saibamos ouvi-la!

7 – Bibliografia

7.1 - Bibliografia Geral

- Basto, Álvaro José da Silva (1897): *Os raios catódicos e os raios X de Röntgen*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Basto, Álvaro José da Silva (1912), *Organização da Faculdade de sciencias em Portugal*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Basto, Egas F. Pinto (1908): *Theoria dos electrões*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Basto, Egas F. Pinto (1931): *O átomo de hidrogénio*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 1 (1);
- Bastos, Henrique Teixeira (1885): *Theoria eletromagnética da luz*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Bastos, Henrique Teixeira (1896a): *Raios X de Röntgen*, O Instituto, XLIII, (1), Coimbra, p 38-41;
- Bastos, Henrique Teixeira (1896b): *Raios X de Röntgen – novas experiências*, O Instituto, XLIII, (1), Coimbra, p 274 – 279;
- Bastos, Henrique Teixeira (1902): *Pequeno Guia de Physica Pratica*, F. França Amado, Coimbra;
- Beck, Guido (1942a): *Introduction à la Théorie des Quanta*, Tipografia da Atlântida, Coimbra;
- Beck, Guido (1942b): *Sur la Theorie Quantique des champs statiques*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, X, Coimbra;
- Becquerel, H. (1896): *Comptes Rendues*, 122, in Salgueiro, Lídea, 1996;
- Bohr, Niels (1921): *Atomic Struture*, in Nature, p. 107 e 108;
- Benoit Lelong (1997): *Revue d'histoire des sciences*, 50/1-2, 89-130
- Boudia, Soraya (1997): *Le Laboratoire Curie au cœur d'un réseau de compétences*, in *La Recherche* 300 Juillet – Août 1997, p. 82-86;
- Bradbury, M. Norris (1933): *Les valeurs absolues de la mobilité des ions gazeux dans le gaz purs*, The Physical Review, 40 (4);
- Bruhat, G. (1963): *Électricité*, Paris, Masson & Cie, Editeurs
- Buignet, Henri (1877): *Manipulations de Physique- cours de travaux pratiques*, Paris;

- Cannizzaro (1857): *Jornal Nuovo Cimento*, vol. 7, 321-360, cit in Dictionary of Scientific Biography, Charles Coulston Gillispie, Editor in Chief, Charles Scribner's Sons, New York, 1981, vol. 3, p. 45-49
- Carvalho, Anselmo Ferraz (1901): *Fenómenos magneto-ópticos*, Coimbra;
- Carvalho, Joaquim Augusto Simões de (1872): *Memória Histórica da Faculdade de Philosophia*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Carvalho, Matias de (1858a): *Primeiro relatório*, O Instituto, VII(10), p. 109-111;
- Carvalho, Matias de (1858b): *Observações magnéticas relativas ao eclipse solar de 15 de março de 1858 realizadas no Observatório Real de Bruxelas*, O Instituto, VII(11), p. 131-132;
- Carvalho, Rómulo (1986): *História do ensino em Portugal*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa;
- Carvalho, Rómulo de (1954): *A pretensa descoberta da lei das acções magnéticas, por Dalla Bella, em 1781, na Universidade de Coimbra* [Coimbra], in Colectânea de Estudos Históricos (1953-1994), Cultura e Actividade Científica em Portugal, Évora, Ed. Universidade de Évora, p. 311-334;
- Cassiano, Rocheta (1971): *A esquina de São Pedro... De domingo a Domingo*, O Algarve, 1 de Fevereiro de 1971;
- Clausius (1857): *Ueber die art der Bewegung Welche Wir Warme Nennen*, Annalen der Physik, 100, p. 497-507, cit. in Dictionary of Scientific Biography, Charles Coulston Gillispie, Editor in Chief, Charles Scribner's Sons, New York, 1981, vol. 3, p. 306.
- Curie, Marie (1935): *Radioactivité*, Masson, Paris;
- Curie, Marie (1920): *Sur la distribution des intervalles d'émission des particules α du polonium*, J. de Phys. et le Rad., I, p.12, cit. in Silva, Mário A. da (1927a);
- Curie Pierre, et al. (1898): cit. in *História e Antologia*, Gazeta de Física, 1 (9), 1948;
- Dahl, Per F. (1997): *Flash of the Cathode Rays, A history of J.J. Thomson's Electron*, Bristol and Philadelphia, Institute of Physics Publishing.
- Dalton, John (1808): *New System of Chemical Philosophy*, London, vol. I, pt. 1, 1808, pt. 2, 1810, vol. 2, pt. 1, 1827, 2nd ed. Of pt. 1, 1842, cit. in Dictionary of Scientific Biography, Charles Coulston Gillispie, Editor in Chief, Charles Scribner's Sons, New York, 1981, vol. 3, p. 547.

- David, Fernando Soares (1947): *O Ensino Superior de Física: A Física Teórica no Ensino Superior de Física*, Gazeta de Física, I (2), p. 41-43;
- Fitas, A. J., Marcial E. Rodrigues, M. Fátima Nunes (2000): *A Filosofia da Ciência no Portugal do século XX*, in Pedro Calafate (dir.), História do Pensamento Filosófico Português, (vol.5, tomo II), Lisboa, Editorial Caminho;
- Franck (1910): Verh. d. d. Phys. Ges. T. 12, p. 291, cit. in Silva, Mário A. da (1927-b);
- Gagean, David Lopes e Manuel da Costa Leite (1991): *Cultura Científica em Portugal: A Universidade e o ensino científico da Relatividade e da Quântica na 1º metade do século XX*. In Actas do Congresso «História da Universidade»-7º centenário, vol. I, Universidade de Coimbra, Coimbra, p. 499- 512;
- Gil, Fernando Bragança (1995): *O estudo dos raios X e o início da investigação em física nas Universidades Portuguesas*, in Gazeta de Física, 18 (3) p.11-17;
- Gordon, J. E. H. (1881): *Traité experimental d'électricité et de magnétisme*; trad. M. J. Raynaud, Librairie J. B. Baillière et Fils, Paris;
- Gregoire, Raymond (1948): Histoire de la Découverte de la Radioactivité Naturelle, Gazeta de Física, 1 (9).
- Heilbron, J. L. (1981): *J. J. Thomson*, in C. Gillispie, *Dictionary of Scientific Biography*, New York, Charles Scribner's sons
- Kabzinska, Krystyna (1989): *Os estudantes portugueses do Lab. Curie no Instituto do Rádio, em Paris, e os Pioneiros do Estudo do Cancro em Portugal*, in Gazeta de Física, 12 (3), p. 102-109;
- Kohlrausch, Frederico (1869): *Leitfaden der praktischen physik*, Berlim;
- Kovarik and L. W. Mc Keekan (1925): Bulletin of the National Research Council, 10 March 1925, p 31, cit in Silva, Mário A. da (1927a);
- Kowzan, Halina (1967): Piec wspomnien z rozami. (Cinco recordações das rosas), Swiat, 44, cit. in Kabzinska, Krystyna (1988);
- Langevin, Paul (1905): *Magnétisme et Théorie des Électrons*, Annales de Chimie et Physique, 5, 70,
- Langevin, Paul (1950): *Oeuvres Scientifiques de Paul Langevin*, Centre National Recherche Sientificques, Paris.
- Laporte, Marcel (1939): *Décharge électrique dans les gaz*, Armand Colin, Paris;

- Laporte, M. (1927): *Recherches sur les mobilités des ions dans les gaz*, Bulletin de la Soc. Française de Physique, 18 Février 1927;
- Laporte, M e Mário Augusto da Silva (1926): *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur*, Comptes Redus Académie des Sciences, Paris, t.183, p. 287;
- Laporte, M e Mário Augusto da Silva (1926): *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur*, O Instituto, 73(5), 783;
- Lelong, Benoit (1997) *Paul Villard, J. – J. Thomson et la composition des rayons cathodique*, Revue d'histoire des sciences, 50/1-2, 89-130 ;
- Lobo, Costa (1917): *Explicação Física da Atracção Universal*, O Instituto, 64(12), p. 611-613;
- Lobo, F.M. Costa (1923): *La Structure de l'Univers*, O Instituto, 70(11), p.484;
- Lobo, F. M. da Costa (1931): *Theories in Physics resulting from the Phenomena of Radio-activity*”, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, I;
- Loeb (1922): *The Relative Affinity of some Gas Molecules for Electrons*, Phil. Mag., t.43, p. 229, cit. in Silva, Mário A. da (1929);
- Lopes, Octávio Gonçalves (1976): *Homenagem da Câmara Municipal de Coimbra ao Prof. Doutor Mário Silva*, Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, 6, Coimbra, p. 37-47;
- Mach, E. (1910) *Die Leitgedanken, ..., in Scientia*, 8, 234, cit in Dictionary of Scientific Biography, Charles Coulston Gillispie, Editor in Chief, Charles Scribner's Sons, New York, 1981, vol. 8, p. 595-607.
- Maracinéanu (1924): *These présentée à la Faculté des Sciences de Paris*, cit in Silva, Mário A. da (1927a);
- Martins, Décio R. (1991): *Aspectos da Evolução do Ensino da Física Experimental em Coimbra*, Departamento de Física da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Martins, Francisco Eugénio (1970): *Um perfil e uma obra- Prof. Mário Silva*, Vida Mundial, 27 de Março de 1970;
- Martins, J. L. Rodrigues (1969): *Curriculum Vitæ*, Luanda;
- Mascart, E. e J. Joubert (1886): *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, G. Masson, Paris;

- Maxwell, J. C. (1873): *A treatise on electricity and magnetism*, At the Clarendon Press, Oxford;
- Memórias de Pierre Curie, Marie Curie e G. Bémont (1898): *Sur une nouvelle substance fortement radioactive, contenue dans la pechblende*, Comptes Rendues, t. CXXVII, nº 26; cit. in *História e Antologia, Gazeta de Física*, 1 (9) (1948);
- Nazareth, F. M. de Sousa (1915): *Ionização dos gases em vaso fechado*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Nazareth, Francisco Martins de Sousa (1916): *Sobre um electrómetro de folhas de ouro*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Nazareth, Francisco Martins de Sousa (1916): *Sobre um electrómetro de folhas de ouro*, O Instituto, 63(1), Coimbra, p. 4-22;
- Nobre, Francisco Ribeiro (1934): *Tratado de Física Elementar*, Aillaud & Lelos, L.^{da}, 23^a Edição, Lisboa;
- Ostwald, W., (1909): *Grundriss der allgemeinen Chemie*, cit in Dictionary of Scientific Biography, Charles Coulston Gillispie, Editor in Chief, Charles Scribner's Sons, New York, 1981, vol. 9, p. 455-468.
- Pais, Abraham (1988): *Inward Bound – Of matter and force in the physical world*, Oxford University Press, Oxford;
- Perrin, J., *Comptes Rendues*, t. CXXI, 1895, p. 1130, in Langevin, Paul; 1950, p. 49
- Pestre, Dominique (1984): *Physique et physiciens en France 1918-1940*, Éditions des archives contemporaines, Paris;
- Policarpo, Armando P.L. et al. (1992): *Detectores de Radiação em Portugal no século XX*, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa;
- Rayleigh (1969): *The life of Sir J.J. Thomson*, London, Dausons of Pall Mall
- Remédios, Mendes dos (1912): *A Universidade de Coimbra perante a Nova Reforma dos Estudos*, Revista da Universidade de Coimbra, vol. 1;
- Rosas, Fernando (1994): *O Estado Novo (1926-1974)*, in José Mattoso (Dir.), *História de Portugal*, vol. VII, Lisboa, Círculo de Leitores;
- Simão, Veiga (1997): *Discurso de Homenagem que a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra fez ao Prof. Doutor Mário Silva*

- pela ocasião dos 50 anos da sua aposentação compulsiva. Homenagem ao Prof. Doutor Mário Silva, Museu de Física, Coimbra;
- Sousa, Jacinto António de (1870): cit. in Carvalho, Joaquim Augusto Simões de (1872), p. 203;
- Sousa, Jacinto António de (1878): *Gabinete de Physica da Faculdade de Philosophia na Universidade de Coimbra*, Coimbra Imprensa da Universidade, in Policarpo, Armando P.L. et al (1992), Detectores de Radiação em Portugal no século XX, Publicações do II Centenário da Academia das Ciências de Lisboa, Lisboa;
- Stoney, G. J., (1868): *Phil. Mag.* V.36, 132, in Pais, Abrahan, 1988, p. 74;
- Thomson, J.J. (1894): *Phil. Mag.*, 38, 365, in Dahl, P.; 1997, p.111;
- Thomson, J. J. (1897): *Phil Mag.*, v. 44, 311, in Pais, Abraham; 1988, p. 86
- Thomson, J. J. (1903), *Conduction of electricity through gases*, Cambridge;
- Thomson, J. J. (1915): *The mobility of negative ions at low pressures* Phil. Mag., XXX, p. 321;
- Torgal, Luís Reis (1993): «*Instrução Pública*» - o sentido e a força de um conceito liberal, in José Mattoso (dir.), *História de Portugal*, vol. V, Círculo de Leitores, Lisboa;
- Townsend (1901): *Phil. Trans.*, A, t. CVC, in Langevin, Paul, 1950, p. 54.
- Tumlirz, O. (1883): *Die elektromagnetische theorie des lichtes*, Druck und Verlag von B. G. Teubner, Leipzig;
- Universidade de Coimbra – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Museu de Física (1997): *O Engenho e a arte. Colecção de Instrumentos do Real Gabinete de Física*, Fundação Caloustre Gulbenkian, Lisboa;
- Videira, António A. P. (s/ data): *Guido Beck - Transições e ideais de um fisico sem fronteiras*, Sonopress-Ritmo Indústria e Comércio Fonográfica Lda, São Paulo, Brasil;
- Videira, António Augusto Passos (1997): *O Arquivo Guido Beck e a História da Física Teórica em Portugal*, Gazeta de Física 20(4), 7-12;
- Villa-Maior, Visconde de (1877): *Exposição Succinta da Organização Actual da Universidade de Coimbra*, Imprensa da Universidade, Coimbra;

- Wahlin (1922): *Behavior of free electrons toward gas molecules*, Phys. Rev., t.19, p. 173, cit in Silva, Mário A. da (1929);
- Watson, W. (1750): Phil. Trans. RS, 45, 104, in Dahl, 1997, p. 39;
- Wellisch (1916): *Free Electrons in Gases*, Phil. Mag., XXXI, p.186, cit. in Silva, Mário A. da (1929);
- Wessel, Walter (1931): *Formation et manifestations des Atomes*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 1(2).
- Wurtz A. (1869): Histoire des doctrines chimiques, Hachette, Paris, reproduit comme «Discours préliminaire» du *Dictionnaire de chimie pure et appliquée*, cit in Bensaude-Vicent et al., 1996

7.2 – Revistas, jornais e relatórios consultados

- Actas do Conselho da Faculdade de Philosophia;
- Actas da congregação da Faculdade de Ciências;
- A Cidade de 1923
- Garrido, António de Meirelles: (1889) *Programa da 5ª cadeira*, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Gazeta da Matemática (1942a), n(o) 10;
- Gazeta da Matemática (1942b), n(o) 12;
- Novidades de Janeiro e Fevereiro de 1896;
- Processos dos Professores: *Mário Augusto da Silva, Francisco Martins de Sousa Nazareth, Jacinto António de Sousa, António dos Santos Viegas, Matias de Carvalho de Vasconcelos*, Arquivo da Universidade de Coimbra;
- Relatórios da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, Imprensa da Universidade, Coimbra;
- Viegas, A. S (1889): *Programa da 3ª cadeira*, Imprensa da Universidade, Coimbra.

7.3 - Bibliografia sobre Mário Silva

- Caetano, E. (1977): *Mário Silva, Professor e Democrata*, Coimbra Editora, Coimbra;
- Correia, Fausto (1976): *Prof. Mário Silva: Fui o primeiro inimigo de Salazar*, A Luta, 23 de Fevereiro de 1976 (entrevista a Mário Silva);
- Diniz, Cruz (1976a): *A propósito do Museu Pombalino*, Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, 6, Coimbra, p. 55;

- Diniz, Cruz (1976b): *Homenagem da Câmara Municipal de Coimbra ao Prof. Doutor Mário Silva*, Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, 6, Coimbra, p. 37;
- Diniz, Cruz (1976c): *O Prof. Doutor Mário Augusto da Silva (Director do Museu Nacional da Ciência e da Técnica)*, Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, 6, Coimbra, p. 21-34;
- Martins, Francisco Eugénio (1970): *Um perfil e uma obra- Prof. Mário Silva*, Vida Mundial, 27 de Março de 1970;
- Nobre, João Paulo da Silva (1997): *Recordando Aspectos da Vida e Obra de Mário Augusto da Silva*, Coimbra.

7.4 - Bibliografia de Mário Silva

- Silva, M. (1923): *Scécção Scientífica, Abrindo...*, A Cidade, 21 de Fevereiro de 1923;
- Silva, Mário A. da (1927a) *Sur une nouvelle détermination de la période du polonium*, Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris, t.184, p.187;
- Silva, Mário A. da (1927a) *Sur une nouvelle détermination de la période du polonium*, O Instituto, 74(5), p. 773;
- Silva, Mário A. da (1927b) *Sur la Déformation de la Courbe d'ionisation dans l'Argon pur par Addition d'Oxygène*, Comptes Redus Académie des Sciences, Paris, t.185, p. 65;
- Silva, Mário A. da (1928a): *Sur l'Affinité de l'Oxygène pour les Électrons*, Comptes Redus Académie des Sciences, Paris, t.186, p. 583;
- Silva, Mário A. da (1928b): *Electrons et ions positifs dans l'argon pur*, Comptes Rendus Académie des Sciences, Paris, t.187, p. 32;
- Silva, Mário A. da (1929): *Recherches Experimentales Sur l'Électroaffinité des Gaz*, Annales de Physique, X série, 12, Setembro de 1929;
- Silva, Mário A. da (1931a) : *Sur une méthode de détermination de la vie moyenne d'un ion négatif*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 1, (7);
- Silva, Mário A. da (1931b): *Sobre dois métodos de determinação da probabilidade h de Thomson*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 1, p. 85;
- Silva, Mário (1931c): *La Radioactivité des Gaz Spontanés de la Sourse de Luso*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, I (2);

- Silva, Mário (1931d): *Newton, Experimentador*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, II (1), Coimbra, p. 1-60;
- Silva, Mário (1932a): *Resumo das lições sobre a Física das Radiações Ionizantes*, I-Parte; Tipográfica Alves M., Coimbra.
- Silva, Mário (1932b): *La Theorie physique basée sur les phénomènes de radioactivité, du Dr. F. M. da Costa Lobo*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, II (4);
- Silva, Mário A. da (1933a): *Les valeurs absolues de la mobilité des ions gazeux dans le gaz purs*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 3, p. 9;
- Silva, Mário A. da (1933b): *L'ionisation dans l'hydrogène très pur*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 3, p. 50;
- Silva, Mário A. da (1933c): *Sur la Charge Électrique du Recul Radioactif*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 3, p.39;
- Silva, Mário (1937): *Lições de Física*. (Apontamentos para os alunos de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra), I livro – Macro-Física ou Física fenomenológica, II livro – Micro-Física ou Física quântica, Livraria Académica, Coimbra;
- Silva, Mário (1938): *Madame Curie no 40º aniversário da descoberta do Rádio*, *Notícias de Coimbra*, 4 de Dezembro de 1938;
- Silva, Mário (1939a): *Uma Emissora Universitária de Coimbra*, Gazeta de Coimbra, nº 4004, de 14/19/1939;
- Silva, Mário (1939b): *Um novo Museu em Coimbra: o Museu Pombalino de Física da Faculdade de Ciências*, Publications du Laboratoire de Physique de L'Université de Coimbra, 1(3);
- Silva, Mário (1939b): *Um novo Museu em Coimbra: o Museu Pombalino de Física da Faculdade de Ciências*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, VII (1);
- Silva, Mário (1940): *Lições de Física – 3ª parte do I livro – Energia Electromagnética*, fasc. 1º, *Campo Electrostático e Magnético no Vazio*, Livraria Académica, Coimbra.
- Silva, Mário (1941): *A actividade científica dos primeiros directores do Gabinete de Física que a reforma pombalina criou em Coimbra em 1772*, Congresso do

- Mundo Português, Lisboa, Ed. Comissão Executiva dos Centenários, vol. XII, p. 291- 305;
- Silva, Mário (1941): *A actividade científica dos primeiros directores do Gabinete de Física que a reforma pombalina criou em Coimbra, em 1772*, Publications du Laboratoire de Physique de L'Université de Coimbra, 1(4);
- Silva, Mário (1942a): *Algumas considerações sobre a forma complexa das leis de Kirchoff aplicável aos circuitos em corrente alternada*, Rev. da Fac. de Ciências da Univ. Coimbra, 9 (1);
- Silva, Mário (1942b): *Le Champ Electromagnétique Variable*, Coimbra;
- Silva, Mário (1945a), *Mecânica Física: Princípios fundamentais: Newton – Einstein*.- Lições feitas aos alunos do curso de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra - Editorial Saber – Cursos Universitários, Coimbra;
- Silva, Mário (1945b): *O Ilustre cientista Doutor Mário Silva fez-nos oportunas e interessantes considerações sobre a recente construção da bomba atómica*, 1º de Janeiro nº 217 de 9 de Agosto de 1945;
- Silva, Mário (1945c): *Teoria do Campo Electromagnético – volume I – Maxwell-Lorentz-Einstein*, Coimbra;
- Silva, Mário (1947a): *Teoria do Campo Electromagnético – volume II – Coulomb-Derster-Ampère*, Coimbra;
- Silva, Mário (1947b): *Teoria do Campo Electromagnético – volume III – Faraday-Steinmetz-Hertz*, Coimbra;
- Silva, Mário (1957): *Velhas recordações do Laboratório Curie*, Seara Nova, Janeiro- Abril de 1957;
- Silva, Mário A. (1963): *Niels Bohr, um cientista da era atómica*, Seara Nova, Separata da revista Seara Nova, nº 1415, Lisboa;
- Silva, Mário (1967a): *Curso Complementar de Física*, vol. I e II, Coimbra;
- Silva, Mário (1967b): *Problemas Resolvidos de Física Geral*, vol I, Coimbra;
- Silva, Mário (1967c): *Cálculo Vectorial e Cinemática*, Coimbra;
- Silva, Mário A. (1971a): *Elogio da Ciência*, Coimbra Editora Limitada, Coimbra;
- Silva, Mário (1971b): *A vida e a obra de Vicente Coelho de Seabra Silva e Teles*, Publicações do Museu da Ciência e da Técnica, 1, Coimbra, p. 9-35;

- Silva, Mário (1972): *A vida e a obra de Bento de Moura*, Publicações do Museu da Ciência e da Técnica, 2, Coimbra, p. 172-181;
- Silva, Mário (1973): *Uma carta de João Hyacinho de Magalhaens*, Publicações do Museu da Ciência e da Técnica, 3, Coimbra, p. 125-140;
- Silva, Mário (1976a): *Discurso de Abertura do Museu Nacional da Ciência e da Técnica* (na qualidade de Director), Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, 6, Coimbra, p. 9;
- Silva, Mário (s/data) *Lições de Física*, Livraria Académica, Coimbra.
- Silva, Mário (1976b), *Discurso de Homenagem da Câmara Municipal de Coimbra a 10 de Novembro de 1976*, Publicações do Museu Nacional da Ciência e da Técnica, nº 6, Coimbra, p. 48;

Traduções

- Silva, Mário (1947c): *Estrutura da matéria*, Capítulo XIV de Panorama da Ciência Contemporânea- de J. H. Thomson e J. Huxley;
- Silva, Mário (1948): *Introdução á Matemática*, de A. N. Whitehead, Colecção Studium;
- Silva, Mário (1958): *O Significado da Relatividade*, de A. Einstein, Colecção Studium;
- Silva, Mário (1964): *Pensamento científico moderno* de Jean Ulmo, Colecção Studium.

8 - Anexos

Anexos 3.1 a 3.6; 4.1 a 4.5 e 5.1 a 5.5 - material referido ao longo do texto nos capítulos 3, 4 e 5 respectivamente;

Anexos A1 a A6 - Trabalhos científicos de Mário Silva efectuados no Laboratório Curie do Instituto do Rádio em Paris;

Anexos B1 a B6 - Trabalhos científicos de Mário Silva feitos no Laboratório de Física da Faculdade de Ciências, em Coimbra;

Anexos C1 a C5 - “Rosto” algumas publicações de Mário Silva;

Anexos D1 a D6 - “Rosto” dos livros científico-pedagógicos de Mário Silva,

Cofraria

Coimbra, de *Nº 3* *de*

*Ruehmkorff - Fabricant d'instru-
ments de Physique = Paris.*

*Vendu à l'Université de Coimbra
le 15 Juillet 1869*

1	Phosphoroscope de M. Becquerel	120 "
2	Plaques fixes pour Machines de Röntz	50 "
1	D. tournant	25 "
1	Flacon de verni pour D.	3 "
1	Plaque condensatrice	12 "
1	Diaphragme pour lanterne électrique	15 "
1	Ballon pour contenir les vapeurs	25 "
1	Appareil à gaz nitreux	18 "
24	Mitré de tube à gaz en caoutchouc	27 "
1	Plaque de Caoutchouc durci	18 "
	Fil couvert de gutta-percha 4 Kil. 3000 à 14 fr. — — —	51 60
2	Cahiers de feuilles d'or à 2 fr. — — —	4 "
	Total	368 60
	Emballage — — — —	10 "
	Total	378 60

*São Fr. 378,60 Cent., equivalent à
Fl. 68,150, au Cambio de 540/3*

c.A. Viegas

*Recebi a quantia de fl. 68 declarada
de fizeram a determinar e visto fomeos e*

60 Cent. que mandei entregar ao Sr.
Buchnikoff, por meio da sua ordem
praticada pelo Dr. D. Abilio Monteiro
sobre a casa Chiffaud de Paris, em
data de 2 de Novembro de 1869.

Coimbra 31 de Janeiro de 1870

D. J. S. Viegas

Se estoi Conforme o original

L. Faria e Sousa

Leipzig, d. 1. Febr. 1872

Berechnung
für die Universität zu Coimbra.

von Emil Stöber Jr.

Gymnaische Str. 26.

		Mtbr.	dtgr.	Pf.
1 Kiste				
573 Wellenmaschine in Fessel	- - -	100	-	-
584 Grosser Motor mit doppelte Elektrine.	- - -	100	-	-
1 Kiste	Electrisirmaschine 2 Scheiben u. selber ter Durch.	200	-	-
	Anreger für X m - Electricität	- -	5	-
132 2. Blatt an electrisches Papier	- - -	-	10	-
486 Batterie nach Riess	- - -	35	-	-
577 Volta Fundamentalsapparat	- - -	20	-	-
578 Apparat zur Beobachtung der unipolaren Induction mit Flügeln	- - -	12	-	-
1 Kiste	2 Große Glasscheiben für Electrisir.			
13 Kisten mit Kunk ausgeschlag und Verpackung	14	-		
		485	10	-

Impostas extra factura em 486 Thalers
10 Grös, equivalentes ao C^o de 690 f. por
chafei, a. - - - - - R. 335,570

Quantia que recebi para enviar ao destino

D. S. Affilicatos Vieira

Costa Confissione o original

D. Joaquim da Costa

Guarde-se Poco das Escolas,
em 28 de Junho de 1872

V. de V. Maia

INSTRUÇÃO SUPERIOR

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Faculdade de Philosophia

Folha geral da despesa do Expediente do Gabinete
de Physica no mez de Junho de 1872

N.º 5

Importância dos instrumentos vindos do Observatório, como consta da fa- chada junta	335,570
Réis.....	335,570

Importa esta folha na quantia de ~~trezentos e trinta e cinco mil quinhentos e setenta réis~~ que fica lançada a fl. do L. competente. Coimbra, de Junho de 1872.

O Director



gada. Gabinete de Physica,
de Fevereiro de 1882

O Director

(Duplicada)

Visto. Paço das Escolas,
em 13 de Fevereiro de 1882.

P. Collet

M. A. D. M. Viegas

Universidade de Coimbra

Anexo 3.3

Gabinete de Physica

N.º

Folha das despesas minadas

feitas no mês de Janeiro de 1882

Designação dos objectos	Preço	Importância
Assinatura do Jornal de Physica the orica e aplicada entre o 1882 frente até Lisboa e direitos pagos na Al- fandega d'uma libra de Blanté - Condução da mesma libra de Lisboa ate o Gabinete	3.000	3.000
Pincel grande para limpar as paredes Paro	4.680	540
Amolar uma tesoura	320	320
Pinceis de pesca	040	040
Preguiinhos p' segurar o papel na mesinha do presidente Composto	030	040
Réis.....	8.5680	

Recebi do Sr. Thesoureiro da Universidade vinte mil reis centos e vinte reis
importância d'esta folha,
que passei recto em duplicado. Coimbra, de 13 de Fevereiro de 1882.

DEPOIS DA CAMPANHA

A campanha de África Oriental foi gloriosa, mas é preciso que não fique estéril. O esforço brilhante dos nossos soldados restaurou o prestígio do nosso domínio, mas não constituiu bases novas de renascimento. Afastou-se o perigo, que nos ameaçava, limpou-se o terreno de obstáculos e inimigos, mas não se creou, porque não era isso missão das nossas tropas, a vida nova em que temos de assentear a prosperidade da província. E essa a missão, que especialmente incumbe agora ao governo.

No tocante ao caminho de ferro de Lourenço Marques, sabemos que o sr. ministro da marinha expediu as instruções mais terminantes, para que a linha possa satisfazer a todas as exigências do trânsito valioso, que procura, e que tem sido contrariado por falta de material e de instalações idóneas. As ordens transmittidas ao sr. governador interino da província autorizam e recomendam a adopção das providências, que forem julgadas necessárias para fazer cessar as justas queixas do comércio. N'essé ponto, estamos descansados. Mas isso não é tudo. E a esta hora, com as informações, que verbalmente deu o sr. comissário régio, que para esse fim assistiu a um conselho de ministros, o governo deve conhecer o mais, que é necessário realizar, para se consolidar o nosso domínio n'aquelas paragens e desenvolver a província, e mais particularmente a região ao sul do Zambeze. Convém não perder tempo. Será esse o melhor modo de fazer frutificar as vitórias dos valentes expedições.

Não é somente a do governo, que tem de manifestar-se, embora a elle pertença a direcção superior e a iniciativa do movimento. O governo, só por si, não poderá fazer tudo. Pode mandar expedições, que efectuaram prodígios de valentia e constância militares, mas não pode organizar empresas e fomentar actividades, de onde saiam milagres comerciais e industriais. Compete ao governo indicar o que se faz preciso, e estabelecer as condições em que a actividade nacional poderá ali exercer-se; compete depois ás diferentes classes interessadas, e em especial aos capitalistas, saírem do seu retrairo, e prestarem a cooperação, que d'ellas reclama o bem público, e que lhes dará largos e abundantes benefícios.

Todos devemos convencer-nos de que as expedições não foram mandadas simplesmente para meterem mais uma lâncā em África, e para reacenderem o apagado brilho das nossas antigas glórias. Para tal, fum apenas, teria sido a empresa excessivamente cara, e o sacrifício em extremo penoso. A obra é mais vasta e complexa. Primeiro foram os soldados; agora, que o caminho está livre, que vá a indústria e o comércio. Cada qual no seu posto.

Não conhecemos, nem pretendemos para nosso interesse averiguar, quais as condições em que essas actividades devem ser solicitadas e poderão ser admitidas a exercer-se. O sr. comissário régio mostrou-se inteiramente contrário ao regime das concessões de mero favor, quasi sempre procuradas para serem negociadas e revendidas, o que, além de importar immoralidade e descredito, muitas vezes envolve sérios perigos de complicações internacionaes.

O sr. comissário régio cortou por essas concessões, e procedeu muito bem, embora isso lhe custasse alguns dissabores de guerra accintos, promovidos pelos especuladores desapontados. Mas a esse regime, inconveniente por mais d'um motivo, tem de ser substituído outro, que atraia e fixe as actividades, sem as quais a província não poderá prosperar, porque não é o governo que habde, fazer tudo, e nem mesmo pode fazer milagre.

Quais são as bases fundamentaes desse regime? Em que limites, ou a que ordem de empresas deve ser aplicado? Quais as condições geraes da sua applicação? É natural, que o governo tenha já conversado alguma coisa, e volte a conversar mais detidamente com o sr. comissário régio sobre estes diferentes pontos. O que, porém, muito interessa é que uma resolução oficial dos poderes publicos se não de-

Novidades

morre. Deve o ferro ser batido enquanto está quente; e é enquanto não arrefecem os entusiasmos pelos brilhantes feitos dos nossos soldados, que convém solicitar e promover as diferentes actividades nacionaes para as expedições e empresas pacíficas, que tem de ser complemento das operações de guerra. Não nos deixemos cair novamente no marasmo e na inacção.

A' ultima hora

LOURENÇO MARQUES, 29.—Preso o Mahazul e um tio, seu principal cabecilha.

(a) Governador

A nossa boa sorte quiz que os festejos em honra dos expedições de África se encerrasse com mais uma boa notícia, que é o complemento da consagração dos seus esforços militares.

Os dois regulos rebeldes, o Mahazul e o Zichacha, e o potentado, a quem obedeciam como soberano, o Gungunhana, estão em nosso poder. A nossa victoria é completa.

Mais uma vez, gritemos n'um brado patriótico:

Viva o exercito!

Viva a marinha!

Casos do dia

Uma folha jacobinacea solta hoje gritos embravecidos por causa da notícia, que hontem dêmos, de ter o sr. ministro da guerra resolvido admitir as irmãs hospitaleras a fazer serviço no hospital militar, onde o pessoal ordinario é insuficiente para acudir ás diferentes necessidades criadas pela grande influencia de doenças n'estes últimos dias.

Atentado contra a liberdade, afronta ao paiz, triunhos do jesuitismo, e outras que taes palavras, são as exclamações, com que é acolhida aquela resolução, que ainda mais do que o bom criterio do ministro serve para realçar o mérito d'aqueellas bondosas creaures, que fazem consistir o melhor dos seus prazeres em serem utiles aos enfermos.

Em França, a jacobinagem conseguiu fazer expulsas de quasi todos os hospitais civils as irmãs hospitaleras. Foi a mesma jacobinagem, que de lá e das esq'as tirou o emblema da cruz, mas o serviço de enfermeiros resentiu-se por tal modo, que a pouco e pouco as irmãs hospitaleras foram readmitidas em muitos dos hospitais, donde haviam sido expulsas. E por seu lado, o ministerio da guerra e o da marinha recusaram sempre a expulsar as irmãs da caridade, e outras irmãs hospitaleras. Raro é até o anno, em que não são condecoradas com a legião de honra algumas dessas caridosas irmãs. E assim que a França militar, apesar de republicana, presta homenagem áquellas dedicações. Não as ha mais admiráveis e mais prestimosas, por que tem por fundamento o abandono e o sacrificio incondicional da propria vida.

Por muitos felizes se deram os nossos soldados expedições em encontrar, junto dos seus leitos de enfermos, em Moçambique, algumas dessas santas e devotadas creaures. Perguntaram os expedições o que elles lá lhes foram, e para o que lhe servem. Perguntaram-nos ao sr. comissário régio, cujas tradições de dramaturgo são a tal respeito mais do que insuspeitas. E se a resposta é só um concerto de louvores, deixem que essas irmãs continuem aqui a sua missão consoladora, e que os expedições, que já as viram em África, possam beneficiar aquas do sacerdote carinhoso das mesmas virtudes, que tantos sofrimentos aliviaram e a ninguém molestan nem offendem.

Telegramma, que tem uma certa importancia:

Londres, 29.—Lord Hamilton, secretario de estado da India, discursando hontem à noite em Criswick, annunciou a proxima solução honrosa do conflito com os Estados Unidos mediante a condição de que a Inglaterra, se respeitar a doutrina de Monroe, com relação á America, fará respeitar a mesma doutrina nas suas colónias, nomeadamente na África do sul.

Outro telegramma de grave significação:

Londres, 28.—Segundo consta ao corresp'ente em S. Petersburgo da Lige de defesa armada, o grão-sultão Abdul Hamid propôz uma aliança á Russia: esta ocuparia a Anatolia e garantiria a segurança do trono no grão-sultão; a França e a Itália aceitaram estes factos; e a Inglaterra ocuparia a ilha de Chipre.

O Standard entende que a si'ça do grão-sultão Abdul Hamid não é desse-pa, a Inglaterra não quer a queda da Turquia, mas pretende tirar da queda do imperio otomano tantas vantagens quanto tirarem as outras potencias que tenham contribuido para essa queda.

No primeira parte do telegramma ha equivo. A ilha de Chipre já est' nos dominios da Inglaterra, desla a ultima guerra turco-russa. Tomou conta dela, como interventora na revisão do tratado de Santo-Stephano, feita em Berlim.

Talvez se trate da ilha de Creta.

Mas o que se ve, e que se trata ja de partidas:

Ficamos imprecisos em profunda maneira com a opiniao, que se attribue ao dr. Ruygen, de que os novos reis unidos, e que chega a descerem, não poderão pregar a causa da civilidade, etc.

Estavamo' ansi e vendo que se libera

dentro das cabeças dos illustres dirigentes do pharol dos Navegantes. E nada!

Devem lá bairar macaqueiros do tamanho de chimpanzés.

A comissão de guerra, que hoje reuniu na camara dos srs. deputados, não tomou ainda nenhuma resolução definitiva sobre os postos de distinção aos expedições.

Tem de haver uma ou mais reuniões simultaneas

da comissão de guerra com a marinha, que

hoje ficou constituída, visto que o projecto de lei das promoções interessa ás duas classes militares.

Na reunião de hoje foram apresentados diversos alvites, entre os quais o de se considerarem quadros a que os officiares promovidos fiquem pertencendo como augmentados, voltando esses quadros á sua normalidade com a saída dos militares que tinhão merecido a distinção.

Também lembrou a promoção sem prejuizo de antiguidade, mas acompanhada de pensão especial, o que talvez resolvesse a questão pelo lado pecuniário, deixando a, porém, subsistir pela outra face.

Como disse nos, nenhuma resolução definitiva foi ainda tomada. Nas reuniões que a comissão de guerra tiver de celebrar com a marinha, que será presidida pelo sr. Ferreira de Almeida, é que deve a questão ficar resolvida.

A titulo de informação, diremos que na marinha existe a promoção por distinção, sem respeto ás nenhuma especie.

O sr. conselheiro Antonio Ennes conferenciou hoje largamente com o sr. presidente do conselho.

Conferenciaram também com o sr. Hintze Ribeiro os srs. coronel Galhardo, que hoje regressou do Porto, e mithrudo da marinha.

O contraf' Vasco da Gama entrou a barra hontem á noite, como tñhamos anunciado, fundeando em S. José de Ribamar. Hoje de manhã levantou ferro, seguindo para o quadro dos navios de guerra, a fim de retornar á sua boia.

O sr. conselheiro Ferreira do Amaral desempenhou imediatamente, indo apresentar-se ao conselho do almirantado e conferenciar com o sr. ministro da marinha. Mais tarde o comandante do Vasco da Gama voltou ao alfitantado, onde esteve até ás 4 horas.

O Vasco da Gama sofreu algumas avarias importantes quando teve de arribar a Corfu; em consequencia do temporal. Traz o gurupê partido, assim como o encanamento de vapor. Vae sofrer as necessarias reparações.

Os officiaes do couraçado desembarcaram ás noite dia. Um deles vem com uma enterite, e, ao saltar em terra, recebeu a triste noticia de que se enterrava hoje um filhinho seu.

Algumas pracas que seem doentes recolheram ao hospital da Estrela, sendo para ali conduzidas em carruagens de praça.

A direcção da sociedade de geografia foliou bordo do Vasco da Gama comprimir o sr. conselheiro Ferreira do Amaral; seu presidente.

Vae haver a seguinte promoção na armada:

Na vaga do sr. vice-almirante Antonio de Souza Pereira de Sampaio, que passa a comissão especial por nomeado presidente da comissão de cartographia, é promovido a vice-almirante o sr. contra-almirante Ferreira Marques, vogal do conselho do almirantado.

Na vaga do sr. Ferreira Marques é promovido a contra-almirante o sr. capitão de mar e guerra Fernando Augusto da Costa Cabral, passando a capitão de mar e guerra o sr. capitão de fragata Carlos Leopoldo dos Santos Diniz; a capitães de fragata os srs. capitães tenentes João Bras de Oliveira, lente da escola naval, e Julio Alves de Sousa Vaz; a capitães tenentes os srs. 1.º tenentes Eduardo Alexandrino Salter de Sousa, em comissão no ultramar, e Antonio da Fonseca Sarmento; a 1.º tenente o sr. 2.º tenente João Manuel de Carvalho.

O sr. conselheiro Thomaz Ribeiro, ministro de Portugal no Brazil, conferenciou hoje com alguns dos ministros.

Notícias recebidas do Cabo dizem que o ex-chefe vatum Gungunhana vem a bordo do Africano bastante doente.

Consta que v. o sair novamente do quadro da armada os engenheiros hydrographos, que passarão a ter o seu antigo quadro especial.

Recebeu-se comunicação oficial no ministerio da marinha de ter chegado hoje á Praia a canhoneira Rio Ave.

Ha amanhã assignatura real.

Falou hoje sobre o bill o sr. Teixeira de Sousa, que fez um excellent discurso, cheio de bom senso, defendendo os actos ditatoriais do governo, administrativos e politicos, e comparando a situação que os actuais ministros encontraram subindo ao poder, com aquela em que hoj'e achamos.

Falou perfeitamente, e disse com uma grande singeleza verdades como punhos. Está habilitado a uma descompostura do Pharol. E leva a.

Respondeu-lhe o sr. Mariano de Carvalho, que também não está livre d'aqueilla calamidade, mas que se negou a acreditar que o paiz tivesse recibido como aplauso o decreto que santificou o dia de S. José, tanto tão desafogando os tyranos, que ate fugiu para o Egypto, para não aturar Herodes.

Eram cerca de cinco horas da tarde quando S. José partiu para a terra das cebolas. Toda a camara iria com contado.

O contingente do corpo de muriheiros que amanhã assiste ás exequias na Sé Patriarchal, por alma dos expedições falecidos, é composto de 16 pracas condecoradas com a medalha Rainha D. Amélia.

A canhoneira Liberal recebeu hoje ordem para sair na dia 6 de fevereiro. Não se sabe ainda se vae para Macau se vae para Moçambique.

A Tavira regressa a Lisboa brevemente.

A comissão dos negocios externos da camara dos deputados elegerá seu presidente o sr. conselheiro José Dias Ferreira.

O sr. ministro dos negocios estrangeiros apresentou hoje á camara a proposta para ratificação do tratado de comércio com a Suécia-Noruega. As propostas relativas as convenções e acordos generais com a Russia e a

Estavamo' ansi e vendo que se libera

presidencia, que em breve as distribuirá ás comissões respectivas.

Foram convidados todos os empregados da direcção geral do ultramar a assistir ás exequias que, pelos expedições de África ultimamente falecidos, se devem realizar ámanhã na Sé Patriarchal.

O sr. ministro da marinha leva ámãnhã á assignatura real,alem dos decretos das promoções a que em que outro lugar nos referimos, os seguintes:

Nomeado commandante interino da canhoneira Rio Ave, o 1.º tenente Julio Gallis.

Exonerado do comando da corveta Rainha de Portugal o sr. capitão de mar e guerra Augusto Vassadim.

Nomeado para o substituir o sr. capitão de mar e guerra Torquato Machado.

Proponendo a 2.º tenente, dois guardas marinhas.

Confirmando o sr. Leonardo Basto da Conceição no lugar de tesoureiro da alfândega de Moçambique.

Promovendo a 1.º oficial da direcção geral do ultramar o 2.º oficial sr. Augusto Ribeiro.

Promovendo a 2.º oficial da mesma direcção geral o amanuense sr. João Afonso do Nascimento.

Confirmando o sr. Joaquim Sant'Anna Palha, no lugar de verificador da alfândega de Moçambique.

Approvando a nova tabella de rações a bordo dos navios de guerra, sem augmento de despesa.

Approvando a nova tabella de rações a bordo dos navios de guerra, sem augmento de despesa.

Approvando a nova tabella de rações a bordo dos navios de guerra, sem augmento de despesa.

Approvando a nova tabella de rações a bordo dos navios de guerra, sem augmento de despesa.

Approvando a nova tabella

Anexo 3.7
Professores das cadeiras de Física na Faculdade de Philosophia e na Faculdade de Ciências até aos anos 1920

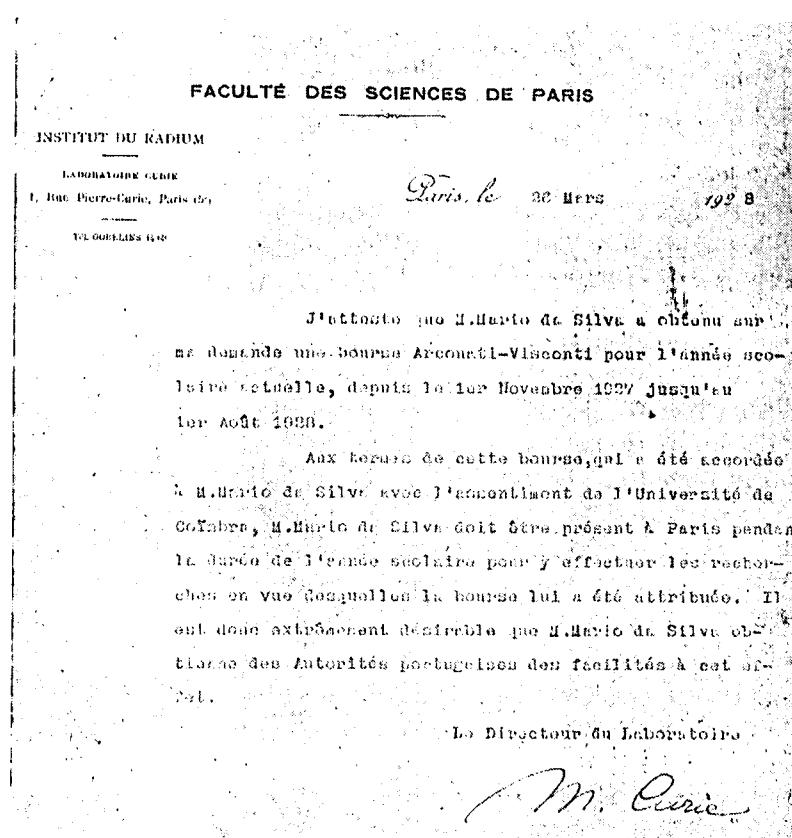
NOME	NASC.	MORTE	RESUMO BIOGRÁFICO	PUBLICAÇÕES
Jacinto Antônio de Sousa	1818	1880	Bacharel em Filosofia em Junho de 1848, Licenciado a 18 de Dezembro de 1857 e Doutor a 6 de Janeiro de 1858, Bacharel em Matemática em Julho de 1850 e Bacharel em Direito em Junho de 1854. Ensinou Física Experimental, Física dos Imponderáveis, Química Inorgânica e Mineralogia. Realizou diversas missões científicas ao estrangeiro	<i>Aditamento à memória histórica da Faculdade de Filosofia</i> , Coimbra, 1873.
Joaquim Augusto Simões de Carvalho	1822	1902	Bacharel em Matemática em Julho de 1840, Licenciado a 27 de Julho de 1842 e Doutor a 31 de Julho de 1842. Ensinou Física Experimental, Anatomia e Fisiologia Comparadas, Química Orgânica, Análise Química, Zoologia, Mineralogia, Botânica e Geologia e Arte de Minas.	<i>Lições de Filosofia Química</i> , Coimbra, 1851; <i>Memória Histórica da Faculdade de Filosofia</i> , Coimbra, 1872
Matias de Carvalho de Vasconcelos	1822	1910	Bacharel em Matemática em Junho de 1853, Licenciado em Filosofia a 19 de Julho de 1854 e Doutor a 23 de Julho de 1854. Ensinou Física Experimental, Física dos Imponderáveis, Química Orgânica e Zoologia. Realizou diversas missões científicas ao estrangeiro.	<i>Princípios de Física e Química</i> , Coimbra, 1855
Albino Augusto Geraldes de Moraes	1825	1888	Bacharel em Medicina em Junho de 1857. Bacharel em Filosofia em Junho de 1858, Licenciado em Filosofia a 15 de Outubro de 1859 e Doutor a 30 de Outubro de 1859. Ensinou Física, Química Orgânica, Análise Química, Zoologia e Mineralogia	<i>Constituição física de atmosfera</i> , Coimbra, 1858; <i>Questões de Filosofia Natural (Notas e Apontamentos)</i> , Coimbra, entre 1878 e 1881.
Manuel Paulino de Oliveira (1837-?)	1837	?	Bacharel em Junho de 1860. Licenciado a 21 de Julho de 1862 e Doutor a 27 de Julho de 1862. Ensinou Física Experimental, Física dos Imponderáveis, Química Orgânica, Química Inorgânica, Zoologia e Botânica.	Trabalhos sobre Botânica e Zoologia.
António dos Santos Viegas (1838-1914)	1838	1914	Bacharel em Filosofia em Julho de 1857, Licenciado em Julho de 1859 e Doutor em Outubro de 1859. Ensinou Física Experimental, Física dos Imponderáveis, Química Orgânica, Química Inorgânica, Mineralogia e Botânica. Foi Comissário especial do Governo na Exposição de Electricidade de Paris em 1881, realizou diversas missões científicas ao estrangeiro e representou Portugal em vários congressos internacionais. Transitou para a Faculdade de Ciências	<i>Curso de Physica dos imponderáveis. O programa para a 3ª cadeira de Physica - 1ª parte</i> Coimbra, 1889, 1871, e. em 1889
Francisco Augusto Corrêa Barata	1847	1910	Bacharel em Matemática em Junho de 1869, Licenciado em Filosofia em Março de 1871. Ensinou Zoologia, Química Inorgânica, Mineralogia e Química Orgânica.	<i>Da atomicidade - Estudo sobre as Theorias chimicas moderna</i> , Coimbra, 1871; <i>As raças históricas da Península Ibérica</i> , Coimbra, 1873; <i>Origens antropológicas da Europa</i> , s/data; <i>Lições de Química Orgânica</i>
Bernardo Aires	1850	1931	Bacharel em Filosofia em Junho de 1891, Licenciado a 12 de Dezembro de 1891. Ensinou Física, Química Orgânica, Química Inorgânica, Zoologia e Antropologia.	<i>A viscosidade dos líquidos; A circulação atmosférica e a previsão do tempo</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1899 e <i>Compêndios de Zoologia</i>
Bernardino Luis Machado Guimarães	1851	1944	Bacharel em Filosofia em Julho de 1873, Licenciado a 14 de Janeiro de 1875 e Doutor a 2 de Julho de 1876. Ensinou Física, Química Orgânica, Antropologia, Paleontologia e Botânica. Transitou para a Faculdade de Ciências	<i>Teoria mecânica na reflexão e na refracção da luz; Dedução das leis dos pequenos movimentos periódicos da força elástica e Teoria matemática da interferência</i>
António de Meireles Guedes Pereira Garrido	1856	1895	Bacharel em Filosofia em Julho de 1874, Licenciado em Março de 1877 e Doutor em Julho de 1878. Ensinou Física e Química Orgânica.	<i>Estudo sobre a legislação de minas</i> , Coimbra, 1868; <i>Theoria matemática da propagação da luz nos meios homogéneos</i> , Porto, Tipografia Ocidental, 1877; <i>O Radiômetro</i> , Coimbra, 1879; <i>O programa para a 5ª cadeira de Physica - 2ª parte</i> , Coimbra, 1889.
Francisco José de Sousa Gomes	1860	1911	Bacharel em Filosofia em Junho de 1880, Licenciado a 9 de Março de 1882 e Doutor a 26 de Novembro de 1882. Ensinou Física, Química Orgânica, Química Inorgânica, Análise Química e Botânica.	Obras didácticas de Química para o ensino secundário e <i>Física para o IV e VII anos</i> .
Henrique Teixeira Bastos	1861	1943	Bacharel em Filosofia em Junho de 1882, Licenciado a 4 de Abril de 1884 e Doutor a 27 de Julho	<i>Unidades Eléctricas</i> , Imprensa da Universidade,

NOME	NASC.	MORTE	RESUMO BIOGRÁFICO	PUBLICAÇÕES
			de 1884. Ensinou Física, Química Orgânica e Antropologia. Teixeira Bastos transitou para a Faculdade de Ciências.	Coimbra, 1884; <i>Theoria Electromagné-tica da Luz</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1885; <i>Raios X de Röntgen</i> , O Instituto, XLIII, (1) 1896, p 38-41; <i>Raios X de Röntgen – novas experiências</i> , O Instituto, XLIII, (1) 1896, p 274 - 279
Álvaro José da Silva Basto	1873	1924	Bacharel em Matemática em Junho de 1893, Licenciado a 30 de Março de 1895 e Doutor a 25 de Julho de 1897. Bacharel em Filosofia em Junho de 1896, Licenciado a 14 de Janeiro de 1897 e Doutor a 21 de Julho de 1897. Ensinou Física, Química Orgânica, Análise Química, Zoologia e Petrologia. Transitou para a Faculdade de Ciências	<i>Os raios catódicos e os raios X de Röntgen</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1897; <i>Sobre a equação de laplace a três variáveis</i> , Coimbra, 1897; <i>Introdução á teoria da dissociação electrolítica</i> , Coimbra, 1897; <i>Lições de esterioquímica professadas na cadeira de chimica orgânica da Universidade por Álvaro Basto</i> , Coimbra, 1901; <i>Os fenómenos e as disposições experimentais da telegrafia sem fio</i> , Coimbra, 1904; <i>Organização da Faculdade de sciencias em Portugal</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1912
António Afonso A. Pereira da Fonseca	1874	1903	Bacharel em Filosofia em Julho de 1895, Licenciado a 12 de Dezembro de 1896 e Doutor a 4 de Julho de 1897. Ensinou Química Orgânica e Zoologia.	<i>Oscilações eléctricas (2vols)</i> , Coimbra, 1897: vol. 1 - Óptica das oscilações- vol.-2 - O efeito das oscilações.
Anselmo Ferraz de Carvalho	1878	1955	Bacharel em Filosofia em Julho de 1899, Licenciado a 7 de Abril de 1900 e Doutor a 5 de Maio de 1901. Ensinou Geologia e Física do Globo, Analise Química, Química Inorgânica, Mineralogia e Geologia. Transitou para a Faculdade de Ciências.	<i>Phenomenos magneto-ópticos</i> , Coimbra, 1901; <i>Equilibrios Chimicos</i> , Coimbra, 1902. Publicou ainda outros trabalhos no âmbito da Geografia.
Egas Ferreira Pinto Basto	1881	1937	Bacharel em Filosofia em Agosto de 1907, Licenciado a 9 de Maio de 1908 e Doutor a 19 de Julho de 1908. Ensinou Análise Química e Química Inorgânica. Transitou para a Faculdade de Ciências.	<i>Theoria dos electrões</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1908; <i>Theoria dos electrões- continuação</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1908; <i>Expressão do resultado da análise em águas minerais</i> , Coimbra, 1933; <i>Determinação de Radioactividade em águas minerais</i> , Separata da Rev.da Fac. De Ciências, Coimbra, 1937
António Alberto Torres Garcia	1889	?	Bacharel em Filosofia, em 1911. Ensinou Física, como assistente, em 1920/1922	
Francisco Martins de Sousa Nazareth	1889	?	Bacharel em Filosofia 1913 e Doutor em 1920. Ensinou, Física, Física dos Sólidos e dos Fluidos, Electricidade e Química Física, como assistente, de 1912 a 1929. Fez um estágio de curta duração, em 1914, em Paris nos Laboratórios Gif e Curie, onde trabalhou em radioactividade. Foi demitido, em 1929, por estar incorso no Art. 20 do Regulamento dos Funcionários Civis. Foi anulada a demissão a 8 de Maio de 1952, e nomeado Professor Catedrático em 22 de Maio do mesmo ano, com posse a 14 de Junho de 1952. Rescindindo o contrato, a seu pedido, em 14 de Junho de 1952 e aposentado em 1 de Dezembro de 1959.	<i>Ionização dos gases em vaso fechado</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1915; <i>Sobre um electrômetro de folhas de ouro</i> , Imprensa da Universidade, Coimbra, 1916.
Aníbal do Amaral Cabral	1890	?	Bacharel em Filosofia em 1912. Ensinou Física, como assistente, em 1919/1921. Exonerado a seu pedido em Dezembro de 1921.	
Rui da Silva Leitão	1892	?	Bacharel em 1913. Ensinou Física, como assistente, de 1913 a 1917.	
António Augusto Riley da Mota	1893	?	Bacharel em 1920. Ensinou Física, como assistente, de 1915 a 1920. Exonerado a seu pedido Novembro de 1920.	
Fernando Luís de Moraes Zamith	1895	?	Bacharel em 1916. Ensinou Física, como assistente, de 1915 a 1920.	<i>A electrostática</i> , Coimbra, 1919.
Francisco José Horta e Costa Henriques	1902	1928	Licenciado em 1923. Ensinou Física Médica, Electricidade e Física Geral, como assistente, de 1924 a 1927. Interrompeu o exercício das funções, por doença, em Outubro de 1927	



Sur une nouvelle détermination de la puissance du Polonium
 J'ai au vaccin évidemment d'adopter
~~Dans les termes antérieurs j'avais pris comme base 0.001 Atto.~~
~~Le point de départ de l'opposition de l'argon pur dans le mesurage de l'ionisation.~~
 j'adopte dans l'argon extrêmement pur, avec l'exception de l'hydrogène.
 que j'ai pu trouver pendant 8 mois
 Les mesures qui ont permis d'obtenir une nouvelle détermination
 de la puissance du Polonium dans les conditions qui
 malheureusement de gis par accident qui
 par contre l'argent l'argent dans lequel il est ce gis
 1. Dans l'argon pur la saturation du courant est facile-
 ment réalisée ainsi qu'il a été indiqué dans une note
 précédent¹¹. Cette saturation est déjà obtenue sous une tension
 de 50 volts comme il résulte des courbes de la fig.
 2. On est assuré, car, parfaitement étanche à la chaleur
 et l'humidité, car, ainsi qu'il a été montré dans la note précé-
 demment mentionnée, la moindre trace de gis qui ne
 serait interrompu, aurait déformé considérablement la
 courbe l'ionisation.
 3. Le polonium se pose sur une lame d'argent, dont
 le courant d'une feuille de mince de 1 mm d'épaisseur
 fixé sur les bords par de la paraffine. La rotation
 du dépôt de Polonium est nécessaire pour éviter les
 projections. Ce substratum a été également très signalé
 par M. J. Cava¹². L'usage du mince qui n'est pas

Anexo 4.3



DIRECÇÃO
INSTRUÇÃO PÚBLICA
DIRECÇÃO GERAL
ASSISTENTE
L.
10 54

Exmo Srº Reitor da Universidade de
Coimbra

Fls.44

Em satisfação do ofício de V.Exa nº 157

L^o 15 de 21 do presente mês, venho comunicar
que S.Exa o Ministro, por despacho de 23, auto-
riscou o 1^o assistente, Licenciado Mario Augusto
da Silva, a continuar, até ao fim do corrente
ano, o seu estágio em Paris, no Laboratorio de
madame Curie, atendendo á maneira como tem si-
do apreciados os seus trabalhos que lhe merece-
ram a concessão de um prémio de 11.000 francos
pela Faculdade de Sciencias de Paris, circuns-
tancia que até agora era desconhecida desta
Direcção Geral.

O respectivo passaporte, solicitado ao
Ministério do Interior, já foi concedido e en-
tregue ao interessado.

Saudade e Fraternidade

Direcção Geral do Ensino Superior, em 26 de
março de 1920. O DIRECTOR GERAL

J.M. de Gairos, Cello,

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

INSTITUT DU RADIUM

LABORATOIRE CURIE

1, Rue Pierre-Curie, Paris (5^e)

Paris, le

27 Novembre

1929

Afin d'assurer à M. da Silva une bourse de l'Institut du Radium de Paris pour l'année 1929-1930.

Chichou

Monsieur Mario da SILVA a travaillé dans mon Laboratoire depuis Novembre 1925 jusqu'à fin Décembre 1928.

Admis au Laboratoire comme boursier de l'Université de Coimbra, il s'est rapidement mis au courant de la technique du Laboratoire et a commencé des recherches sur les conditions de l'ionisation dans l'argon pur, d'abord en collaboration avec M. Leporte, Assistant du Laboratoire, ensuite indépendamment.

Dans ses recherches, M.M.da Silva a fait preuve de beaucoup d'intelligence, d'assiduité et d'un vif intérêt pour la science. Ces recherches, très signées et bien conduites, ont mis en évidence la présence d'électrons libres dans l'argon pur ionisé ainsi que diverses données relatives au comportement de ces électrons et des ions positifs.

Pour permettre à M.M.da Silva de continuer dans mon Laboratoire ses très intéressantes recherches, L'Université de Paris lui a accordé, sur ma proposition, une bourse de la Fondation Arconati-Visconti, dont il a bénéficié pendant un an et un trimestre vers la fin

.....

de son séjour.

Je puis confirmer mon estime pour M. Marie A. de Silva et je souhaite qu'il trouve dans sa situation actuelle les possibilités de travail scientifique, qu'à mon avis, il mérite d'obtenir.

Le Directeur du Laboratoire

M. Curie



**INSTITUTO DO RÁDIO
DA UNIVERSIDADE DE COIMBRA**
Anexo às Faculdades
de Medicina e de Ciências

* *

Instituto dos Tumores.
Serviços de Raios X,
Rádio e Diatermia.

Largo do Hospital, 1, r/c Telefone n.º 559
Endereço telegráfico:
IRUC COIMBRA

* *

Secção de Física:
Serviço de rádio-actividade.

Largo do Marquês de Pombal, 1, r/c
Telefone n.º 569

SERVICO DA REPÚBLICA

P=H/7500

Cra:

H=II25C milimicrocuries/hora ,

logo

P=II25C/7500 = I,5 miligramas

Potencia radioactiva : I,5 miligramas
de radio.

Este resultado indica que a quantidade máxima de emanação que a fonte pode acumular num espaço fechado ou (segundo a expressão de Lepape) a quantidade de emanação em equilíbrio com a fonte, é I,5 milicuries.

Capacidade do emanotorio

Para calcular a capacidade do emanotorio, deve atender-se ás doses terapêuticas empregadas na inalação da emanação de rádio.

Sobre este assunto, as opiniões são muito diversas. Por esta razão, em vez de calcular a capacidade máxima do emanotorio que se pretende construir no Luso, servindo como base uma dose considerada como ótima, preferimos antes fixar uma determinada capacidade, e, para esta capacidade, julgada suficiente, calcular a quantidade máxima de emanação que a fonte é capaz de nela acumular.

O confronto do resultado obtido com as diferentes doses terapêuticas e as respectivas doses a empregar, elucidará sobre a conveniência de aumentar ou diminuir a capacidade proposta.

Fazemos, por exemplo, os cálculos para uma capacidade igual à do emanotorio de Crâneu -50 metros cúbicos.

Num emanotorio com esta capacidade, a fonte do Luso pode manter uma radioactividade de 30 mil microcuries por litro d'ar.

Esta quantidade de emanação é muito superior à que se utiliza em muitos emanotérios, e que não é igualmente inferior às quantidades mais elevadas que têm sido utilizadas.



SERVIÇO DA REPÚBLICA
—DEC—
MINISTÉRIO DAS FINANÇAS
—DGP—
DIRECÇÃO GERAL DA FAZENDA PÚBLICA

Manda o Governo da República Portuguesa, pelo Ministro das Finanças, dar público testemunho de louvor ao Professor Catedrático da Universidade de Coimbra, MÁRIO AUGUSTO DA SILVA, pelo grande interesse demonstrado na organização do Cadastro dos bens afectos ao Laboratório de Física, que dirige, e por haver, depois de porfiados esforços, conseguido reconstituir, em parte, a antiga coleção de Física da Faculdade de Filosofia, proveniente do Real Colégio dos Nobres, recolhendo instrumentos dispersos e adquirindo outros que haviam sido vendidos, dando deste modo um exemplo eloquente de dedicação por esta parte do Património do Estado.

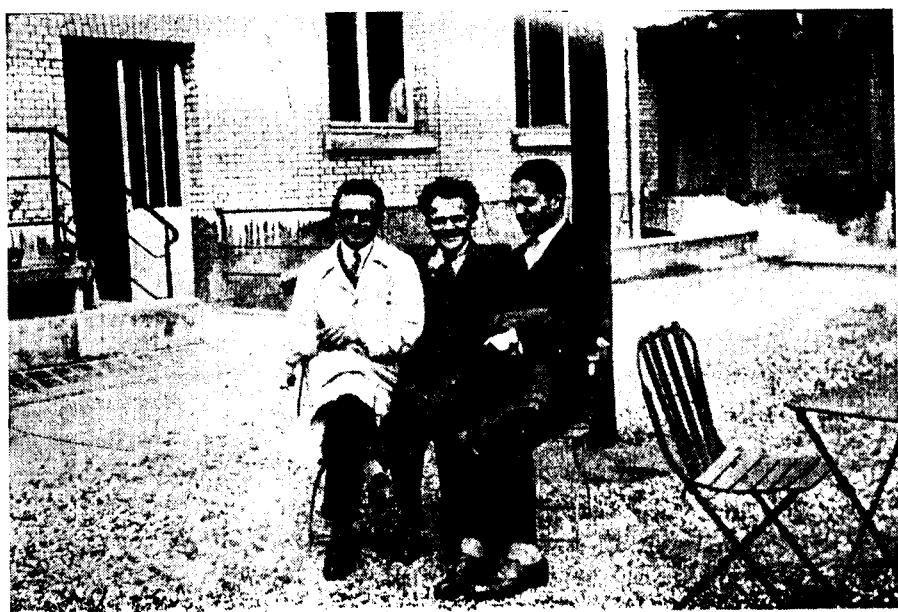
Ministério das Finanças, em 14 de Março de 1942.

PELO MINISTRO DAS FINANÇAS,

(a) Luiz Supico Pinto

Publicada no "Diário do Governo" nº. 63 da II^a. Série de 18 de Março de 1942.

Anexo 5.3



LABORATÓRIO DE FÍSICA
DA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Coimbra, le 23 oct. 1940.

Demande le professeur Guido Beck
Camp de l'autoroute - Albi (Tarn)
31740 France

Demande et la ch. Collège

Je vous remercie votre lettre avec un retard considérable,
M. car je constate qu'elle a été expédiée le 29 Septembre.

J'ai présenté votre demande au Conseil de la Faculté, et j'ai eu le plaisir de rappeler devant tous les collègues les remarquables travaux que vous avez déjà publiés. Il a été résolu de donner satisfaction à votre demande, regrettant peut-être que vous ne puissiez obtenir ici tous les renseignements dont vous aurez besoin pour vos travaux, étant donné que, dernièrement, il y a eu un grave retard dans l'envoi des publications scientifiques.

Dans l'attente de vos nouvelles, je vous prie d'agréer mes sentiments les plus cordiaux,

Mario A. da Silva
Directeur du Laboratoire de Physique
de l'Université de Coimbra
(Portugal)

5

9.7.1949. M
Jorge P. Leal Jr. Dr. Rei
Jones.

O Dr. Guido Beck vai amar
ante ao Porto falar consigo,
a conselhos meus. Sei que o
meu Drº Leal Jr tem a maior
consideração pelo Dr. Guido Beck
e por isso não desistiu de chegar
a prestar-me uma pena sua faza-
lha. Sei que fiz-lhe tudo o que
pude para dissuadi-lo, contra a intuição
do meu e certas suas vantagens.

Sua acúbia recobrará o príncipe,
Protegendo-a de mim, garantindo
toda sua paz: desempenhando. Vou
fazer o propósito de fazer com que
a frívola praticante já acabe
de ser libertada.

Quero que Sr. Deixite valer,
o J. A. C concedam ao Sr. príncipe
Dele uma subvenção de R. 500.000.

Com isto fará com que
eu tenha que me desafiar de
remover a bala da prisioneira

um contrato de pesquisa com o dr.
Deck. Por Sustentos que ele tem
contrato, a Faculdade de Coimbra
não está disposta a fazer qualquer
pedido nesse sentido. Foi por
essa razão que esse e o dr. Deck nos
lancinhas de si. Poderá ser
queijo arraial - chega alguma
cosa do Porto? Ele lá vai
para conversar com o que. Da
lhe fui de férias - coisa que for
fazer.

en avanzar
dicho trámite.
Si esto no es así
y en su caso, el
juez avisa, en
particular, para
que el juez de
causalidad esté de acuerdo
con la ejecución
de la medida

el juez

de causalidad

firmar, por lo que
el juez de causalidad
puede firmar
esta medida,

Con y entre anticipados
aportaciones e cumplir
prestes con el menor

del Trabajo,

Mario Silva

(P.S) Acabo de hablar con el Juez de
causalidad y este nos informó que los trabajos
que se han hecho en los puentes son
muy pocos y que el trabajo de los trabajos
ya no es necesario. Los trabajos que
se han hecho son muy pocos y que el trabajo
que se ha hecho es muy poca parte de los
trabajos que se han hecho. Los trabajos que
se han hecho son muy pocos y que el trabajo
que se ha hecho es muy poca parte de los
trabajos que se han hecho.

C.R. Acad. Sciences (Paris) 183 (1926) 232

CHIMIE PHYSIQUE. — *Mobilité des ions négatifs et courants d'ionisation dans l'argon pur.* Note (¹) de MM. MARCEL LAPORTE et MARIO A. DA SILVA.

Franck et Hertz, dans des mesures déjà anciennes (²), ont signalé l'existence d'ions négatifs très mobiles ($K > 200 \text{ cm : s}$) dans l'argon extrêmement pur.

Les expériences faites par l'un de nous (³) afin de déterminer les courbes de répartition des ions négatifs dans l'argon, ne contenant plus que 3 pour 1000 environ d'oxygène, ont confirmé l'existence d'ions très mobiles et montré en outre qu'il subsistait des ions de faibles mobilités, dont on pouvait espérer se débarrasser par une purification complète.

Le dispositif expérimental décrit (³) ne permet pas de mesurer des mobilités de l'ordre de 200 cm : s, mais on peut vérifier par une méthode indirecte l'existence d'ions de grandes mobilités et la disparition des ions peu mobiles lorsque l'argon est soigneusement purifié.

On sait que le courant d'ionisation entre plateaux parallèles croît avec le champ et tend vers une valeur de saturation, qui est atteinte lorsque la tension est suffisante pour rendre négligeable la recombinaison des ions des deux signes. La tension nécessaire pour réaliser la saturation dépend évidemment de la mobilité des ions, car, pour un même champ, des ions plus mobiles se séparent plus rapidement et le nombre des recombinations diminue.

On pourrait donc penser que, dans l'argon parfaitement pur, le courant de saturation serait obtenu pour une tension beaucoup plus faible que dans l'air. Cette prévision a été confirmée ainsi qu'il résulte des courbes suivantes. Sur la figure 1 sont indiqués les courants d'ionisation dans l'air (courbe I) et dans l'argon soigneusement purifié (courbe II) produits par une même source de polonium (recouverte d'une lame de mica de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur) entre deux plateaux parallèles distants de 3^{cm}, 5, sous la pres-

(¹) Séance du 19 juillet 1926.

(²) FRANCK et HERTZ, *Verh. d. Deuts. Phys. Ges.*, 12, 1910, p. 291-298.

(³) MARCEL LAPORTE, *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 620 et 781.

(2)

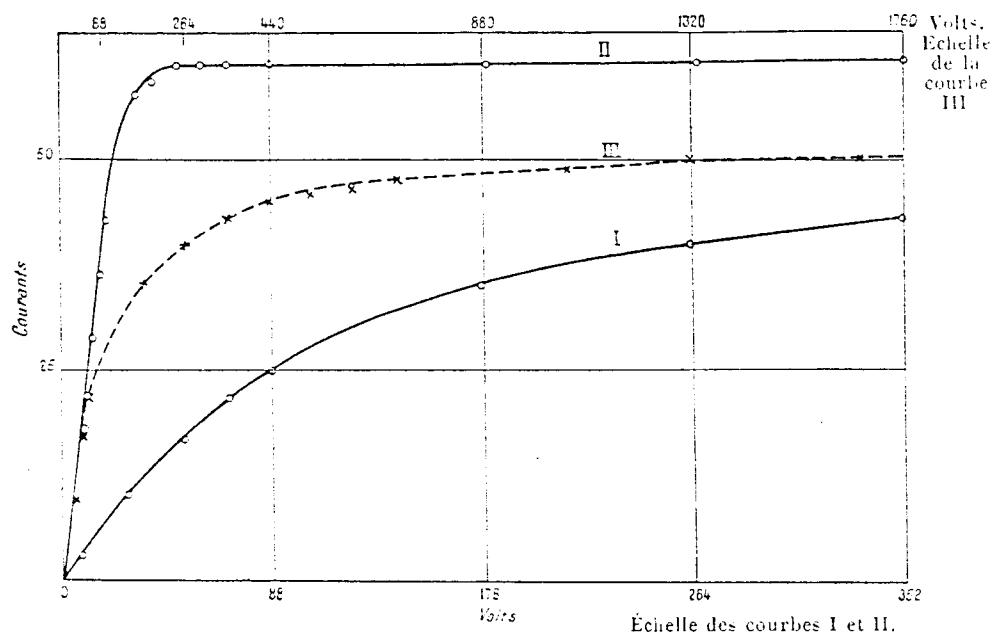


Fig. 1.

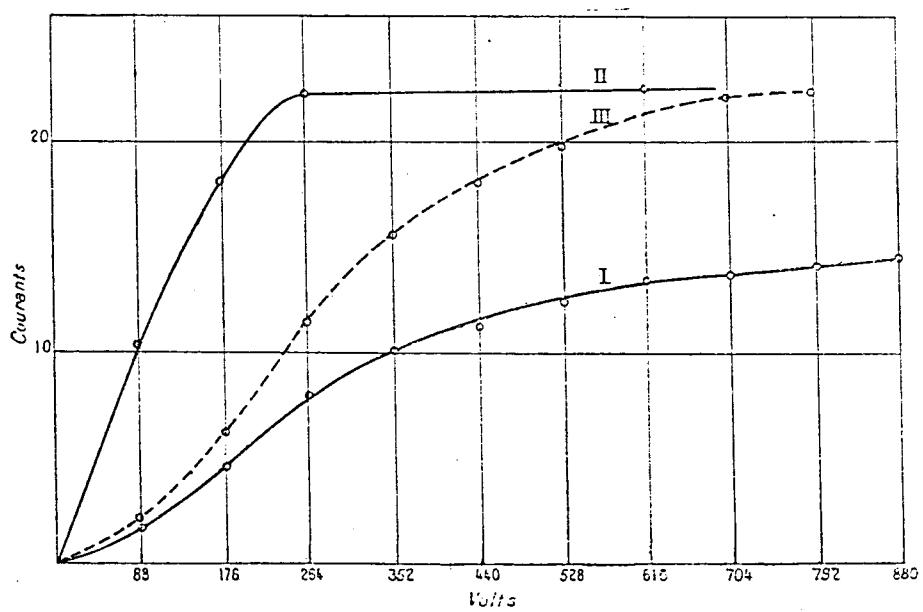


Fig. 2.

(3)

sion atmosphérique. On voit que la saturation est obtenue dans l'argon sous 50 volts seulement, tandis qu'elle n'est pas encore atteinte dans l'air pour 1760 volts ainsi qu'il ressort de la courbe III tracée à une échelle plus petite pour les tensions.

La figure 2 indique l'effet des impuretés sur la déformation de la courbe d'ionisation. La courbe I est relative à l'air, la courbe II a l'argon moins bien purifié que dans les expériences précédentes, la saturation n'est obtenue que pour 264 volts; la courbe III est relative à l'argon 24 heures après le remplissage de la chambre d'ionisation dont l'étanchéité n'était pas encore parfaite.

Comme application de ces résultats on peut songer à utiliser des chambres d'ionisation à argon très pur, pour la mesure des courants d'ionisation intenses, dont la saturation pourra s'obtenir commodément sous de faibles tensions.

Il est probable que l'existence des grandes mobilités des ions négatifs dans l'argon est due à ce que les électrons sont repoussés par l'anneau électronique extérieur complet; ces faits sont certainement en connexion avec le manque d'affinités chimiques des gaz rares, et les particularités de la décharge électrique dans ces gaz.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 183, p. 287, séance du 26 juillet 1926.)

C. R. Acad. Sciences (Paris) 184 (1927) 197

RADIOACTIVITÉ. — Sur une nouvelle détermination de la période du polonium. Note (¹) de M. MARIO A. DA SILVA.

J'ai eu l'occasion récemment d'exécuter une série de mesures de l'ionisation produite dans l'argon extrêmement pur par les rayons α du polonium.

Ces mesures m'ont permis d'obtenir une nouvelle détermination de la période du polonium dans des conditions qui diffèrent de celles réalisées précédemment et qui paraissent particulièrement favorables.

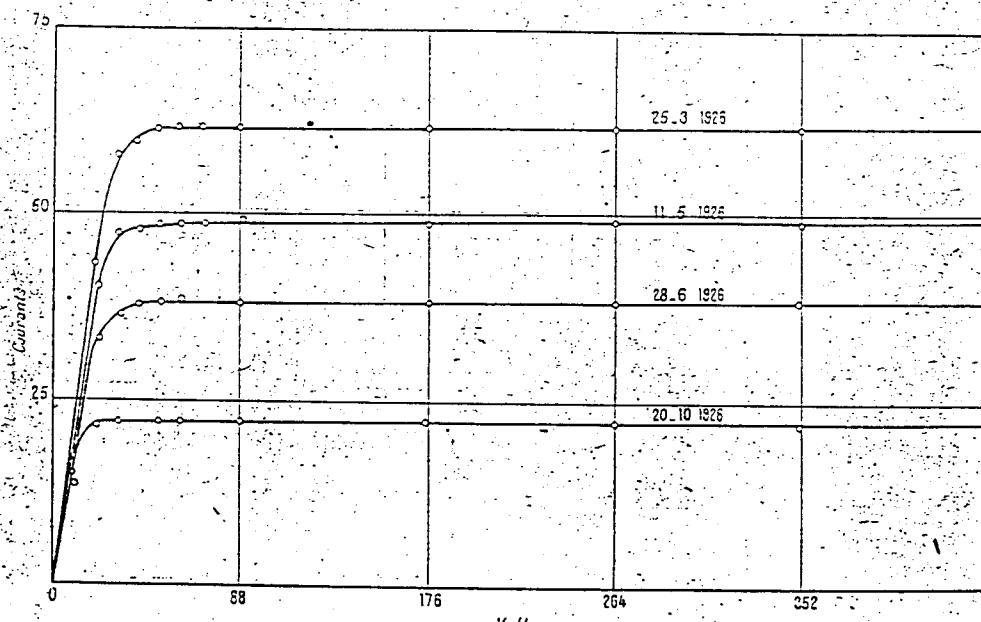


Fig. 1.

1^o Dans l'argon pur, la saturation du courant est facilement réalisée ainsi qu'il a été indiqué dans une Note précédente (²). Cette saturation est déjà obtenue sous une tension de 50 volts, comme il ressort des courbes de la figure 1;

2^o On est assuré de la parfaite étanchéité de la chambre d'ionisation, car,

(¹) Séance du 4 janvier 1927.

(²) MARCEL LAPORTE et MARIO A. DA SILVA, Comptes rendus, 183, 1926, p. 287.

(2)

ainsi qu'il a été montré dans la Note précédemment mentionnée, la moindre trace de gaz qui se serait introduite aurait déformé considérablement la courbe d'ionisation;

3^e Le polonium, déposé sur une lame d'argent, était recouvert d'une feuille de mica de $\frac{1}{100}$ de millimètre d'épaisseur fixée sur les bords par de la paraffine.

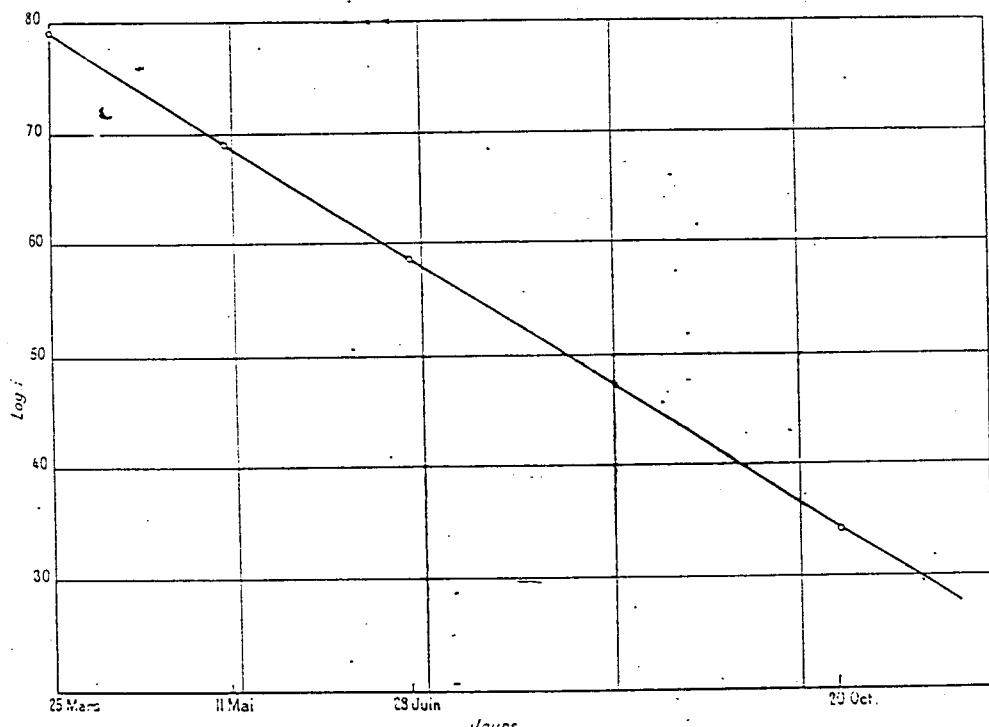


Fig. 2.

Cette protection du dépôt de polonium est nécessaire pour éviter les projections de substance active, phénomène déjà signalé par M^{me} Curie (¹). L'usage du mica, qui reste inaltéré sous l'action des rayons, paraît préférable à celui d'une feuille métallique.

Les mesures ont porté sur une durée de huit mois et la courbe logarithmique (fig. 2) qu'on en déduit donne la valeur de 140,2 jours pour la période.

Ce nombre est très voisin de celui obtenu par M^{me} Curie avec une source protégée par une feuille d'aluminium (¹) et de celui obtenu par M^{me} Mar-

(¹) *Journal de Physique et le Radium*, 1, 1920, p. 12.

(3)

cineanu qui a exécuté à ce sujet une série de recherches en employant comme support de polonium différentes substances (¹) et en utilisant, dans certains cas, des écrans de protection; il est, par contre, notablement plus élevé que celui qui est indiqué dans les Tables de Constantes (²).

Le travail présent me semble un argument en faveur de l'adoption pour la période du polonium d'un nombre très voisin de 140 jours.

(¹) Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris, 1924.

(²) KOVARIK and L.-W. Mc KEEHAN, *Bulletin of the National Research Council*, 10, March 1925, p. 31.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*, t. 184, p. 197, séance du 24 janvier 1927.)

C. R., Acad. Sciences (Paris) 185 (1927) 62

SÉANCE DU 4 JUILLET 1927.

65

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la déformation de la courbe d'ionisation dans l'argon pur par addition d'oxygène.* Note de M. MARIO A. DA SILVA, présentée par M. Jean Perrin.

Il a été établi (¹) que la saturation des courants d'ionisation est obtenue dans l'argon parfaitement pur pour des tensions beaucoup plus petites que dans l'air et que les courbes d'ionisation se déforment énormément par la présence d'impuretés même en quantités très faibles.

Ces phénomènes sont probablement liés d'une part à l'existence des électrons libres dans l'argon pur et d'autre part à la formation d'ions complexes, moins mobiles, en présence de gaz ayant une affinité électronique.

Je me suis proposé d'étudier la déformation des courbes d'ionisation dans l'argon pur par des quantités progressivement croissantes d'oxygène, afin d'obtenir quelques renseignements sur l'affinité électronique de ce gaz, suivant une méthode indiquée par M. Laporte (²).

L'argon dont la pureté a été vérifiée par son examen spectroscopique, a été introduit dans la chambre d'ionisation jusqu'à la pression de 737^{mm},9 de mercure. La masse introduite a été de 2²,9102, le volume de la chambre étant de 1792^{cm³}.

L'oxygène a été obtenu en décomposant par la chaleur, dans un appareil vide et sec, le MnO·K cristallisé. Son introduction dans la chambre d'ionisation était faite à l'aide du manomètre représenté dans la figure 1. On aspirait l'oxygène des ballons A et B et on le comprimait dans le tube capillaire C au moyen du mercure qui remplissait le manomètre. La pression de l'oxygène étant ainsi toujours supérieure à la pression de l'argon, on produisait l'entrée de l'oxygène dans la chambre d'ionisation en ouvrant le robinet *a*. On s'arrangeait toujours pour que la pression de l'oxygène dans le tube C restât la même avant et après l'ouverture du robinet *a*. Dans ces conditions la masse d'oxygène qu'on introduisait était proportionnelle au déplacement du mercure dans le tube C :

$$m = \frac{d\pi c(H + \delta)}{760(1 + \alpha t)} \times (n - n_1),$$

(¹) MARCEL LAPORTE et MARIO A. DA SILVA, *Comptes rendus*, 183, 1926, p. 287.

(²) MARCEL LAPORTE, Thèses présentées à la Faculté des Sciences de Paris, 1927.

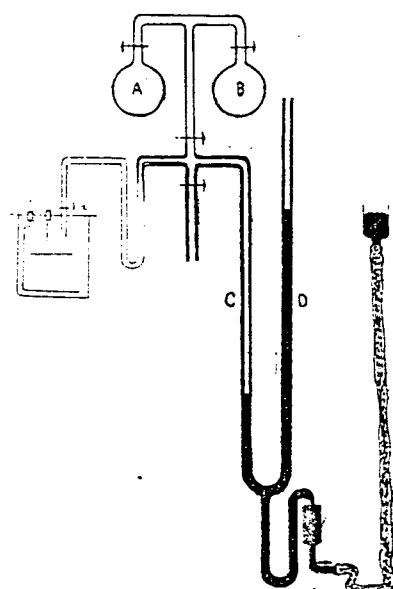


Fig. 1.

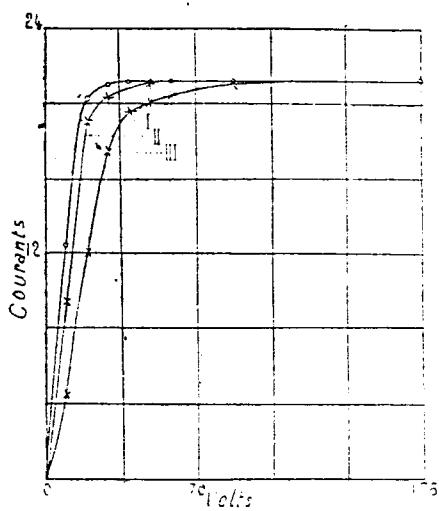


Fig. 2.

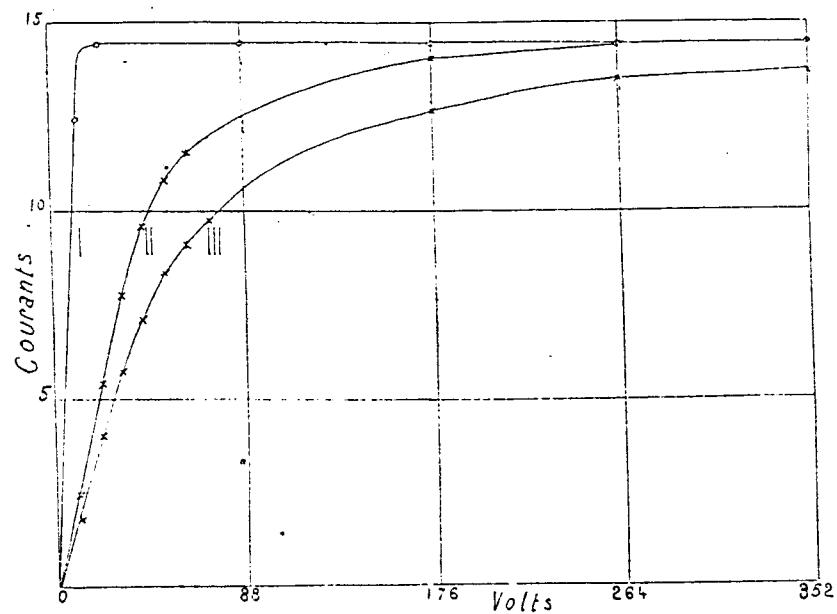


Fig. 3.

d étant la densité de l'oxygène, H la pression atmosphérique, \bar{z} la différence de niveau du mercure dans les deux branches du manomètre, t la température, $n - n_0$ le déplacement du mercure en C et c le volume de chaque division du manomètre.

Les figures 2 et 3 montrent les déformations successives des courbes d'ionisation. Sur la figure 2, la courbe I est relative à l'argon pur et les courbes II et III indiquent les déformations pour des masses d'oxygène sec respectivement égales à 0,0008122^s et 0,007159^s, c'est-à-dire pour des pourcentages en volume égaux à 0,03 pour 100 et 0,3 pour 100.

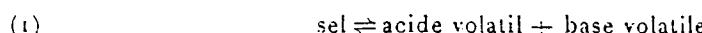
Sur la figure 3 la courbe I est relative à l'argon pur et les courbes II et III indiquent les déformations pour 2,4 pour 100 et 4 pour 100 d'oxygène. Cette dernière courbe ne se déforme plus quand on augmente encore la quantité d'oxygène.

Pour toutes ces expériences, l'ionisation était produite entre deux plateaux parallèles distants de 4^{cm}, par une source de polonium recouverte d'une feuille de mica et d'une feuille d'or laissant subsister 3^{cm} de parcours des rayons α . Il s'agit donc ici d'une ionisation en volume. Des expériences semblables sont en cours avec une couche de gaz ionisé mince, ce qui permettra probablement une interprétation théorique plus simple des résultats.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Équilibre dans une phase gazeuse entre acide et base : produit de volatilité.* Note (1) de M. A. TIAN, présentée par M. Jean Perrin.

Mis en présence à l'état de gaz, les acides et les bases s'unissent en donnant des sels ; la réaction se fait généralement par simple addition, sans élimination d'eau, les véritables bases du type hydrate, n'étant pratiquement pas volatiles. Cette union peut être considérée comme réversible. La dissociation des sels à constituants volatils est en effet facile à mettre en évidence par élévation de température, et elle est même notable, dès la température ordinaire, si l'un des constituants est peu ionisé en solution.

Il y a donc similitude entre la réaction réversible



et la réaction ionique



(1) Séance du 27 juin 1927.

C. R. Acad. Scien. Paris 186 (1928) 555
 CR Acad Sciences (Paris) 186 (1928) 555

SÉANCE DU 27 FÉVRIER 1928.

583

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'affinité de l'oxygène pour les électrons.*
 Note (¹) de M. MARIO A. DA SILVA, présentée par M. Jean Perrin.

Dans une Note précédente (²), on a montré comment les courbes d'ionisation dans l'argon pur sont déformées par addition d'oxygène. Ces expériences ont été reprises dans le cas où l'ionisation est produite dans une couche mince de gaz à la surface de l'un des plateaux du condensateur de mesure. Ce plateau est porté à la tension, et le plateau opposé, distant de 5^{cm}, est relié à un électromètre à quadrants.

La figure 1 montre les résultats obtenus à la pression de 701^{mm} de mercure et à la température de 22°. Les courbes I et III sont relatives à l'argon pur et montrent que le courant qui traverse le gaz dépend énormément du sens du champ appliqué. Quand le courant est transporté par les ions négatifs (courbe I), la saturation est obtenue pour une tension de 312,88 volts, tandis qu'il faut une tension six fois plus grande quand le transport a lieu par les ions positifs. Ceci met en évidence la grande différence de mobilité des deux espèces d'ions et conduit à penser que, dans l'argon pur, les charges négatives sont constituées par des électrons libres.

Si l'on ajoute maintenant de l'oxygène en proportion croissante, on constate que la courbe I se déforme progressivement et que, par contre, la courbe III reste la même. Sur la figure 1, la courbe II montre la grande déformation de la courbe I pour une proportion de 3 pour 100 d'oxygène. Une déformation notable est déjà observée pour une proportion de 3×10^{-3} seulement d'oxygène.

Il ressort nettement de ce résultat que les molécules d'oxygène fixent les électrons avec une très grande facilité, tandis que, ainsi qu'il sera établi dans une prochaine Note, *tous* les électrons restent libres dans l'argon parfaitement pur.

Le fait que la courbe III ne subit aucune déformation donne à penser que les molécules d'oxygène ne se fixent pas sur les ions positifs d'argon pour former des ions complexes.

Il pourrait toutefois se produire que les ions positifs d'argon arrachent un électron aux molécules neutres d'oxygène qu'ils rencontrent, la diffé-

(¹) Séance du 19 décembre 1927.

(²) MARIO A. DA SILVA, *Comptes rendus*, 183, 1927, p. 65.

rence des mobilités des ions positifs d'argon et des ions positifs d'oxygène étant trop petite pour qu'il en résulte une déformation de la courbe III.

La courbe II montre une autre particularité qui mérite d'être signalée. Elle diffère très peu de la courbe des ions positifs pour les faibles tensions, ce qui indique que la mobilité moyenne des ions négatifs est voisine de celle des ions positifs. On voit cependant que lorsqu'on augmente la tension, les deux courbes se séparent et la courbe II approche rapidement de la saturation. La mobilité moyenne des ions négatifs doit être ainsi *fonction du champ appliqué*. Ceci contredit certains résultats qui ont été obtenus par

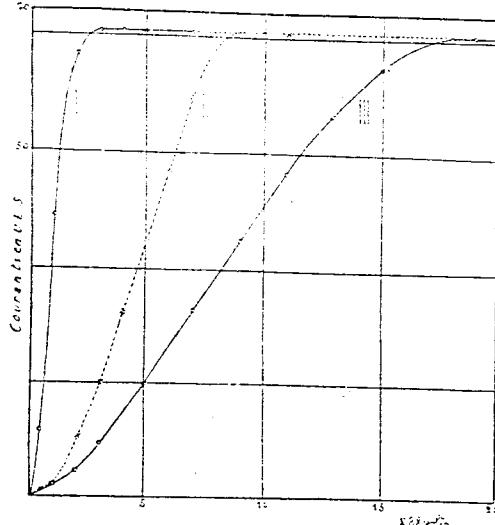


Fig. 1.

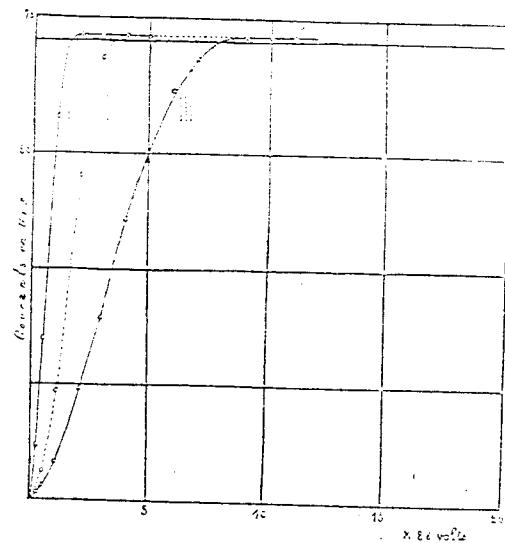


Fig. 2.

d'autres expérimentateurs et qui indiquent que les grandes mobilités qu'on trouve dans l'argon tombent à la valeur normale de la mobilité des ions négatifs dans les gaz pour une certaine proportion d'oxygène, indépendante du champ.

Sur la figure 2, on voit l'effet de la pression sur la déformation relative des courbes d'ionisation. Les courbes I, II et III correspondent à celles de la figure 1, seulement elles ont été obtenues à la pression de 272^{mm}. La proportion de l'oxygène et la valeur du courant de saturation sont les mêmes dans les deux cas. On voit que la déformation est d'autant plus petite que la pression est elle-même plus petite.

Tous ces résultats peuvent s'interpréter si l'on tient compte de la théorie de J.-J. Thomson qui suppose que la formation des ions négatifs dans les gaz dépend d'une constante qui définit la probabilité pour qu'un électron qui rencontre une molécule du gaz se fixe sur elle et forme un ion.

tension plaque, mis en parallèle, les petits accumulateurs se rechargent aisément, à défaut de piles sèches. La cuisinière fait directement par marmite ordinaire ou à pression; par chauffage de la paroi d'un four ou indirectement par circulation d'un liquide chauffant (par exemple d'eau) jusqu'à 300°.

De nuit on aurait recours à l'accumulation des calories. Enfin, grâce à la grande différence entre la grandeur de la surface réceptrice des rayons et leur concentration sur un petit foyer, on peut obtenir des températures très élevées d'une progression théoriquement indéfinie.

Les dimensions pourraient, sans aucune difficulté de construction en série, s'étendre jusqu'à 3^m de diamètre, représentant une surface de près de 7^{m²} d'insolation, c'est-à-dire 45 fois supérieure à notre récepteur. Même avec des moyens industriels, le rendement des grands appareils serait encore proportionnellement accru.

Enfin, la courbure du miroir permet d'obtenir à volonté, suivant son tracé géométrique, toutes les formes de foyer : plan, linéaire ou punctiforme, ce que l'on ne peut réaliser avec la forme cylindrique.

Donc : simplicité, haut rendement, robustesse, encombrement réduit, transport aisés, facilité d'adaptation à tous les usages de la chaleur dans des contrées constamment ensoleillées, dépourvues de tout combustible et de sources d'énergie, sont les caractéristiques de cet appareil de réception et d'utilisation thermique de la radiation solaire.

Cette question paraît bien digne d'intérêt au moment où une commission étudie le projet du Transsaharien.

C.R Acad. Sciences (Paris) 1928 32

ÉLECTRONIQUE. — Électrons et ions positifs dans l'argon pur.

Note⁽¹⁾ de M. MARIO A. DA SILVA, présentée par M. Jean Perrin.

On a indiqué, dans une Note antérieure⁽²⁾, la forme des courants d'ionisation obtenus, sous tension continue, dans l'argon pur, lorsque les ions sont produits dans une couche mince de gaz à la surface de l'un des plateaux du condensateur de mesure.

Ces résultats avaient conduit à penser que les ions négatifs, dans l'argon

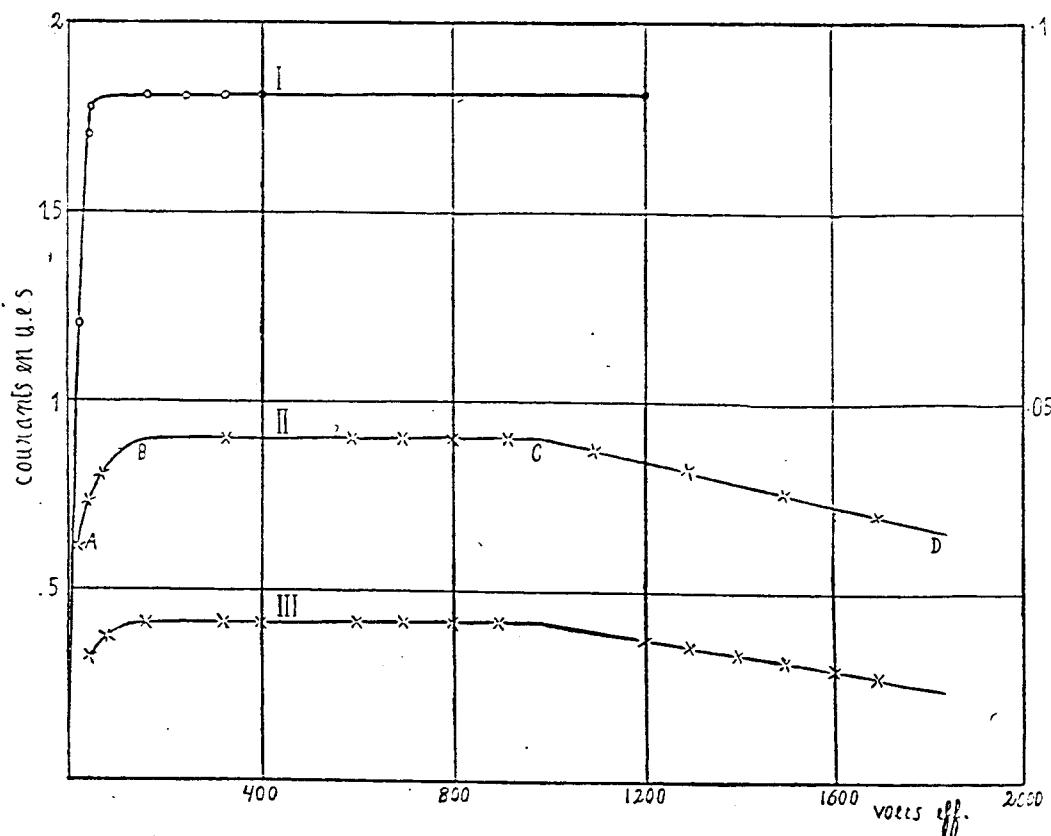
⁽¹⁾ Séance du 25 juin 1928.

⁽²⁾ MARIO A. DA SILVA, *Comptes rendus*, 186, 1928, p. 583.

suffisamment purifié, et même à la pression atmosphérique, sont *tous* des électrons libres.

Afin de confirmer ce résultat, on a remplacé la tension continue par une tension alternative sinusoïdale de 42 périodes, et mesuré, pour chaque valeur de cette tension, la charge moyenne apportée par seconde à l'électromètre.

Sur la figure, la courbe I représente les courants qu'on obtient à la



pression de 758^{mm} de mercure, sous tension continue. La courbe II représente la charge moyenne apportée à l'électromètre sous tension alternative, à la même pression et avec la même source d'ionisation. En abscisses sont portées les tensions efficaces.

On peut faire sur ces résultats les remarques suivantes : 1° cette charge moyenne est négative et la courbe II, que l'on n'a pu tracer avec précision qu'à partir d'une tension efficace de 5 volts, doit couper l'axe des abscisses

en un point très voisin de l'origine. Ce point aurait donné une tension critique V_0 qui aurait permis de déterminer la mobilité des ions négatifs par la formule

$$(1) \quad K = \frac{\pi n d^2}{2 e V^2},$$

où n est la fréquence du champ alternatif et d la distance des plateaux = 5 cm.

Il est possible cependant de se rendre compte de l'ordre de grandeur de cette mobilité. Déjà pour $V_0 = 5$, on aurait $K = 479$ cm/sec-volt/cm. Cette valeur est de l'ordre de grandeur des mobilités électroniques, ce qui confirme l'existence d'électrons libres dans l'argon, même à la pression atmosphérique: 2° ces électrons doivent être constituer tous les ions négatifs formés dans le gaz. On voit, en effet, sur la courbe que pour des champs encore faibles, pour lesquels des ions normaux effectueraient des oscillations dont l'amplitude serait beaucoup plus petite que la distance des plateaux, on reçoit un courant égal à la moitié du courant de saturation sous tension continue, c'est-à-dire que pendant l'alternance favorable aux ions positifs, il n'y a pas de charge apportée à l'électromètre et que pendant l'autre alternance, on reçoit tous les ions négatifs qui ont été produits, à l'exception d'une fraction négligeable (1 pour 100 environ) et qui n'est pas décelable à l'électromètre.

On peut donc conclure que, dans les limites de la sensibilité de l'appareil de mesure, tous les ions négatifs sont des électrons, tout au moins à partir d'un champ efficace moyen de 40 volts/cm.

En ce qui concerne les ions positifs qui sont produits dans le gaz en même temps que les électrons par la source ionisante, on conçoit qu'on pourra les faire arriver au plateau relié à l'électromètre, si l'on augmente suffisamment la tension. L'arrivée de ces ions se traduira par une diminution du courant transporté par les ions négatifs. C'est ce que montre, en effet, la partie CD de la courbe II. On réalise ainsi une application nouvelle de la méthode de Rutherford qui permet d'obtenir une détermination de la mobilité des ions positifs par la formule (1), la tension efficace V_0 étant donnée par le point C de la courbe.

Afin de se rendre compte de l'effet de l'intensité de l'ionisation (déformation possible du champ) sur la position du point C, on a repris les mesures avec des sources plus faibles. La courbe III indique une des courbes obtenues. Dans tous les cas, on a vérifié que le point V_0 reste le même, aux erreurs d'expérience près.

La valeur de la mobilité trouvée est de 2,2 cm/sec-volt/cm, à 760^{mm} de pression et 15° de température, plus grande que celle indiquée par Franck (1,36) mais comprise néanmoins entre les limites des courbes de répartition indiquées par M. Laporte (1) (0,9 et 3), relatives, il est vrai, à l'argon impur.

MAGNÉTISME. — *Le paramagnétisme du fer dans le ferricyanure de potassium,*
Note (2) de M^{me} PAULE COLLET et M. FRANCIS BIRCH, transmise par
M. Pierre Weiss.

Les moments atomiques dans les complexes de la famille du fer sont actuellement très discutés. Il importe donc de se procurer des données numériques précises sur ces substances.

Jusqu'à ces dernières années, pour ces corps comme pour beaucoup d'autres, la validité de la loi de Curie était implicitement admise. C'est ainsi que l'étude des solutions aqueuses de ferricyanure de potassium, faite il y a 4 ans par la méthode de dénivellation, avait donné pour l'atome de fer un moment de 11 magnétions (3).

Mais puisque même dans les solutions étendues le Point de Curie est souvent différent du zéro absolu, la détermination du moment atomique ne peut se faire qu'en mesurant le coefficient d'aimantation et sa variation thermique.

Honda et Ishiwara (4) avaient déjà mesuré la susceptibilité moléculaire γ_m du ferricyanure solide, de 25° à — 180°. Après correction du diamagnétisme du reste de la molécule, la courbe de $\frac{1}{\chi}$ en fonction de T, pour l'atome de fer, est une droite, satisfaisante surtout aux températures inférieures au zéro centigrade. On obtient pour le point de Curie $\theta = -49^\circ$ abs. et pour le moment de l'atome de fer $n = 13$ magnétions. Bien que les observations ne soient pas très précises, il est certain que les valeurs $n = 12$ et $n = 14$ sont à écarter.

Nous avons repris l'étude thermique du ferricyanure par la méthode d'attraction dans un champ non uniforme, en chauffant aussi loin que le

(1) *Thèses présentées à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris (1927).*

(2) Séance du 25 juin 1928.

(3) P. COLLET, *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 937.

(4) *Science Reports, Tokio*, 3, 1914, p. 303.

SÉRIE A, N° 1197
N° D'ORDRE :
2065

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES PHYSIQUES

PAR

Mario A. da SILVA

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ÉLECTROAFFINITÉ DES GAZ.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le Avril 1929 devant la Commission d'examen.

Mme CURIE..... *Présidente*
MM. JEAN PERRIN
DEBIERNE..... } *Examinateurs.*

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADEMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1929

~~indispensável libertar o Doutor Mário Silva do esgotante serviço docente que, pela sua grande dedicação à Faculdade, quis aceitar.~~

~~Cabe aqui exprimir o nosso profundo desgôsto pelo fim da brillante carreira, como professor, do nosso ilustre colega, o Doutor Henrique Teixeira Bastos. Foi atingido pelo limite de idade em Janeiro do ano corrente e retirou-se quando, pelo vigor do seu espírito, ainda tão valiosos serviços poderia prestar ao ensino. Perdeu a Universidade de Coimbra um professor de que legitimamente se orgulhava e de cujo zélo pelo seu prestígio sempre recebera as mais elevadas provas.~~

~~Publicam-se neste primeiro fascículo da REVISTA os relatórios do Doutor Egas Pinto Basto, até há pouco Director da Faculdade. Apresentam concisa e nitidamente o seu estado actual e justificam a sua aspiração de aperfeiçoamento. Se a Faculdade de Ciências, como as outras Faculdades da Universidade de Coimbra, perdesse a esperança em alcançar meios para a realizar, em breve se extinguiria a tradicional instituição, tantas vezes secular. Dias virão em que uma remodelação profunda do ensino superior eleve a Universidade de Coimbra ao nível das grandes universidades modernas. Enquanto não chegam, os seus professores esforçar-seão por evitá-la sua decadência, o seu progressivo abatimento.~~

A. FERRAZ DE CARVALHO.

Rev. Fac. Ciências 1 (1931) 7

Sur une méthode de détermination de la vie moyenne d'un ion négatif

Dans la troisième édition de son livre «Conduction of electricity through gases», J. J. Thomson attire l'attention sur l'intérêt quo pourrait présenter, pour l'étude du mécanisme de formation des ions négatifs gazeux, la détermination du temps moyen θ qu'un électron, fixé à un instant donné par une molécule, reste attaché à la molécule. Nous appellerons ce temps *vie moyenne de l'ion négatif*.

Nous nous sommes proposés de déterminer cette vie moyenne, en nous plaçant dans des conditions expérimentales aussi simples que celles qui ont été suggérées par J. J. Thomson. La condition la plus importante, est l'obtention d'une ionisation superficielle instantanée, contre un des plateaux d'une chambre d'ionisation. Si l'on connaît le nombre d'ions ainsi produits (à l'instant $t=0$), il devient alors extrêmement simple de calculer la vie moyenne θ à partir de la valeur de la charge reçue à l'autre plateau pendant un temps t inférieur à $\frac{d}{K_2 X}$, d étant la distance des plateaux, K_2 la mobilité des ions négatifs et $X = \frac{V}{d}$ le gradient du potentiel appliqué.

Soient (fig. 1 a) A et C deux plateaux métalliques distants de $2d$ centimètres l'un de l'autre et B une toile également métallique placée à mi-distance entre A et C.

Sur le plateau A est disposé la lame d'argent l avec un dépôt de Polonium de quelques milliers d'unités, recouverte d'une couche de mica argenté qui réduit le parcours des rayons à environ 1^{mm} d'air. On a ainsi une forte ionisation superficielle sur le plateau A.

Le plateau A et la toile B sont reliés à deux balais b_1 et b_2 qui s'appuient sur des arcs métalliques fixés à un disque tour-

nant D, ainsi qu'il est indiqué sur la partie b de la (fig. 1). On voit sur la fig. que le balais b_2 relié à la toile B reste en contact avec l'arc a_2 , porté à un potentiel de +300 volts, pendant un temps qui est environ de $\frac{3}{4} T$ et en contact avec l'arc c_2 , porté à un potentiel de -300 volts, pendant un temps rigoureusement

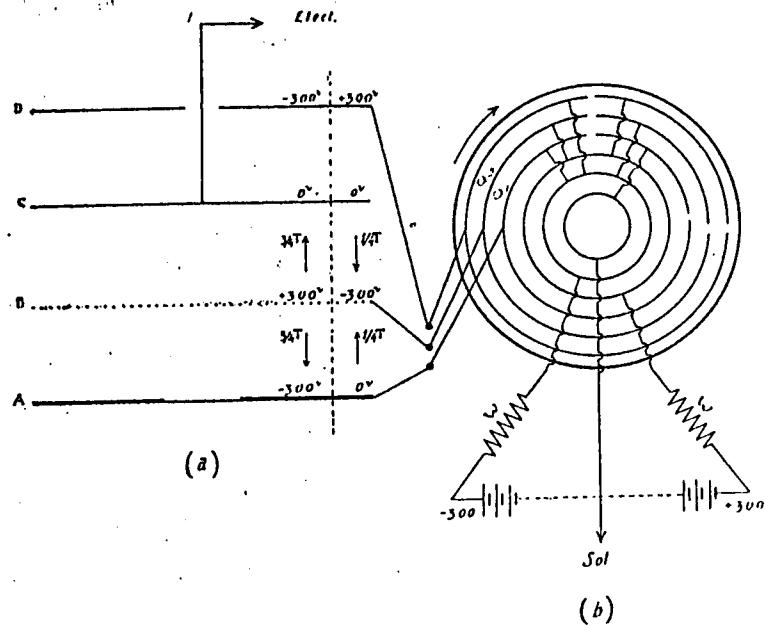


Fig. 1

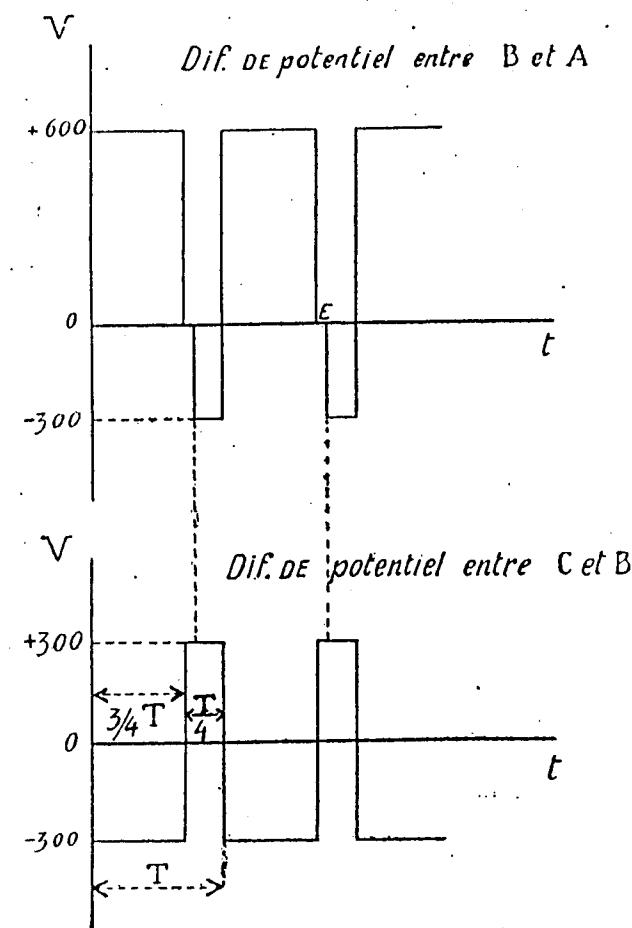
égal à $\frac{1}{4} T$, T étant la durée d'une révolution du disque. Le potentiel de la toile oscille donc entre +300 volts et -300 volts.

D'autre part, le plateau A est en contact soit avec l'arc a_1 , porté à un potentiel de -300 volts, soit avec l'arc c_1 , porté au potentiel zéro. Comme l'arc a_1 est un peu plus long que l'arc a_2 , on voit que la différence de potentiel entre la toile B et le plateau A varie avec le temps suivant le graphique représenté sur la (fig. 2) où l'on remarque en particulier qu'il n'y a pas de champ entre A et B pendant le temps très court ϵ . (On a exagéré sur la fig. 2 la longueur qui représente ce temps ϵ).

Le plateau C, étant relié à un électromètre Curio-Dobrino et un quartz piézo-electrique, est toujours maintenu au potentiel zéro. Les variations du potentiel de B produisent donc un

champ alternatif entre B et C, ainsi qu'il est indiqué sur la (fig. 3).

Le plateau D' relié au balai b_3 , est destiné à compenser les



Figs. 2 e 3

charges induites sur l'électromètre par la variation du potentiel de B.

Il est facile maintenant de voir les phénomènes qui se produisent pendant la rotation du disque D.

Lorsque la toile est au potentiel +300 volts et le plateau A au potentiel -300 volts, les ions négatifs sont dirigés vers la

toile et ont le temps d'y arriver, le temps de parcours étant plus petit que le temps d'établissement de ces tensions. A un moment donné, le potentiel de la toile devient -300 volts et pendant le temps très court où le plateau A reste au potentiel -300 volts. Pendant ce temps, il n'y a donc pas de champ entre A et B, tandis qu'il y a un champ assez grand entre B et C. Les ions négatifs qui ont été entraînés vers la toile sont donc pris pendant ce temps par le champ entre B et C et se déplacent entre B et C pendant le temps $\frac{1}{4} T$.

Tout se passe donc comme si l'on avait produit à un certain instant une ionisation instantanée contre la toile et, aussitôt après, un champ entre la toile et le plateau relié à l'electromètre.

Les ions négatifs qui n'ont pas le temps d'arriver au plateau C pendant le temps $\frac{1}{4} T$, sont ramenés vers la toile dès que la tension de celle-ci est devenue positive. De nouveaux ions négatifs seront entraînés vers la toile par le champ entre A et B et les mêmes phénomènes se reproduiront.

Quant aux ions positifs produits entre A et B, ils n'auront jamais le temps d'atteindre la toile, leur mobilité étant plus petite que celle des ions négatifs.

En résumé, on prend régulièrement et à des instants donnés un certain nombre d'ions négatifs au niveau de la toile B et on les soumet pendant un temps égal à $\frac{1}{4} T$ à un champ qui les entraîne vers le plateau C où l'on mesure le courant qu'ils apportent à l'electromètre.

La méthode fournit tout d'abord un moyen d'obtenir la mobilité des ions négatifs (ou positifs) dans des conditions qui nous semblent meilleures que celles utilisées par Frank et Pohl dans leur modification de la méthode bien connue du champ alterné due à Rutherford.

Elle permet ensuite de vérifier s'il y a des ions qui se décomposent dans leur trajet de B à C, comme il a été suggéré par J. J. Thomson et, dans le cas affirmatif, de mesurer la vie moyenne de ces ions.

On indiquera dans un prochain article les résultats que l'on a obtenus. Tous les appareils ont été construits au Laboratoire

de Physique de l'Université de Coimbra par les mécaniciens et les préparateurs du Laboratoire.

Ce travail a été exécuté grâce à une bourse qui m'a été accordée par la «Junta do Educação Nacional».

Coimbra, Laboratório de Física, 15 de Fevereiro de 1931.

MÁRIO A. DA SILVA.

MÁRIO A. DA SILVA

Doutor pela Universidade de Paris

Sobre dois métodos de determinação da probabilidade - h - de Thomson

(CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO DA AFINIDADE ELECTRÓNICA)

(TRABALHO SUBSIDIADO PELA JUNTA DE EDUCAÇÃO NACIONAL)



COIMBRA

IMPRENSA DA UNIVERSIDADE

1931

Rev. Fac. Ciencias 3 (1933) 50.

L'ionisation dans l'hydrogène très pur

D'après quelques résultats que j'ai déjà signalés dans un travail antérieur (1), j'ai été conduit à admettre l'existence d'ions positifs très mobiles dans l'hydrogène soumis à une purification

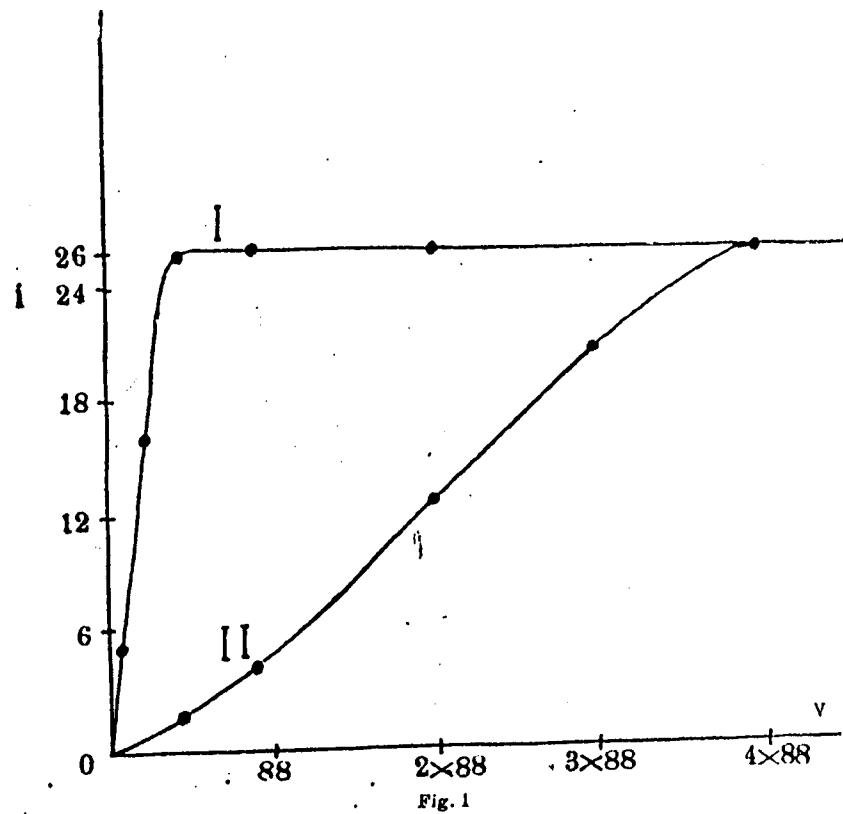


Fig. 1

(1) Mário A. da SILVA. Recherches expérimentales sur l'électroaffinité des gaz. *Annales de Physique*, x serie, tome XII, 1929.

aussi parfaito que possible. J'ai repris récomment cette question en comparant les courbes d'ionisation obtenues dans l'hydrogène avec celles de l'argon.

Les courants d'ionisation sont produits dans une chambre d'ionisation parfaitement étanche, entre deux plateaux parallèles distants de 5 cm. L'agent ionisant produit des ions positifs et

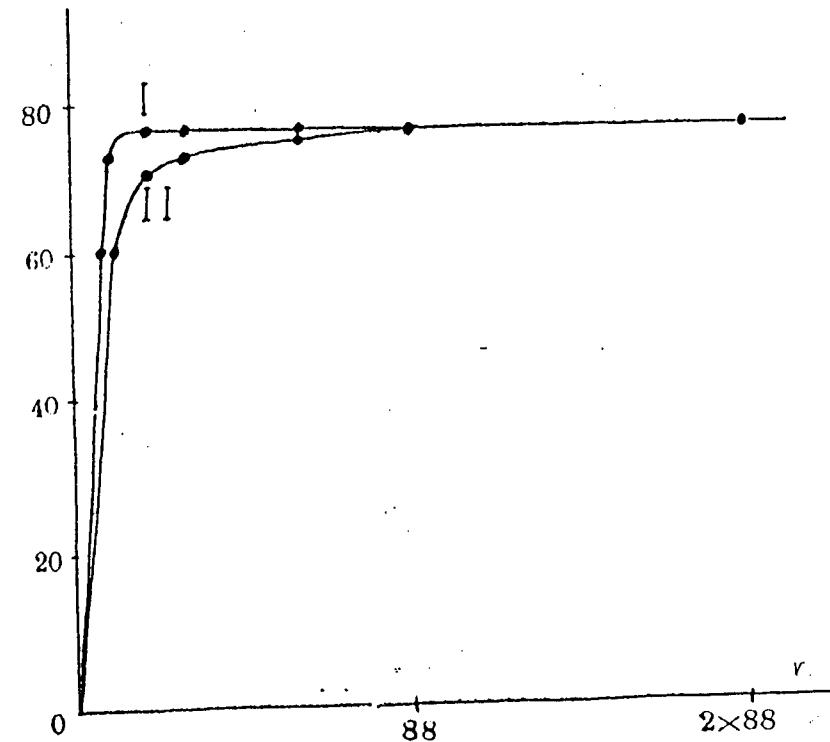


Fig. 2

négatifs dans une couche mince de gaz contre un des plateaux, l'autre plateau étant relié à l'électromètre.

La fig. 1 reproduit les deux courbes que l'on obtient avec l'argon à la pression atmosphérique; la courbe I est relative au transport du courant par les ions négatifs (électrons) et la courbe II, au transport par les ions positifs (mobilité $2.2 \text{ cm}^2/\text{sog/volt}$).

La fig. 2 montre ces mêmes courbes pour l'hydrogène (même pression que pour l'argon); si l'on compare ces courbes avec celles de la fig. 1, on vérifie que pour l'hydrogène, la courbe

des ions positifs n'est pas très différente du collo des ions négatifs (électrons) ce qui n'est pas le cas pour l'argon où les deux courbes sont très différentes. On en conclut que dans l'argon les deux espèces d'ions ont des mobilités très différentes (en accord avec ce que j'ai moi-même établi depuis longtemps) tandis que dans l'hydrogène la valeur moyenne de la mobilité des ions positifs semble ne pas être très différente de celle des ions négatifs (électrons).

Je me suis rendu compte ensuite si la courbe des ions positifs dans l'hydrogène est aussi sensible que celle des ions négatifs (électrons) à des traces de certaines impuretés.

J'ai vérifié que des petites rontrées d'air dans la chambre d'ionisation modifient en même temps les deux courbes, de sorte que, s'il y a lieu de considérer une affinité de certains molécules gazeuses pour les électrons, affinité que l'on désigne d'habitude sous le nom de « affinité électronique », il y a lieu de considérer également une affinité électropositive de ces mêmes molécules.

MARIO A. DA SILVA.

(Subsidiado pela Junta de Educação Nacional).

NOVOS ESTUDOS CARIOLOGICOS NO GÉNERO « NARCISSUS » L. (1)

Introdução

Entre os problemas fundamentais das Ciências Biológicas destacam-se dois, que, a parte do interesse que lhe tem sido dedicado pelos naturalistas, se encontram ainda bem longe de estar resolvidos. Esses problemas, a que aqui nos referimos, são:

- 1) O problema da classificação natural;
- 2) O problema da evolução.

O primeiro deles, cuja resolução é uma velha aspiração dos naturalistas post-lineanos, tem sido enfrentado em todos os grupos de plantas conhecidos, utilizando quase sómente os caracteres mais acessíveis à observação, isto é, os caracteres que nos fornecem a morfologia externa. Se é certo que, em alguns grupos de plantas, os resultados obtidos se podem considerar perfeitos, não é menos certo que, na grande maioria dos grupos, as classificações propostas têm muito de arbitrário, necessitando, por isso, de uma completa revisão, que acarretará, sem dúvida, importantes remodelações. Como os resultados taxonómicos, baseados sobre os caracteres da morfologia externa, foram levados, pelo menos em certos grupos, o mais longe possível, e só mostraram incapazes de, por si só, resolver os diversos problemas que se nos propõem, será necessário recorrer a outros caracteres, que possuam indubiatível valor taxonómico, e que, associando-se aos caracteres da morfologia externa, nos conduzam a uma solução, sólida e definitiva, pelo menos satisfatória, dos problemas em questão.

Aos caracteres da morfologia externa teremos, pois, de adicionar os dados fornecidos pela anatomia, pela embriologia e pela

(1) Dissertação para concurso a professor auxiliar de Botânica da Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra.

Riv. di Fac. Sciences de Univ. de Tunis
Vol III - N° 1 - 1933

Sur la charge électrique du recul radioactif

Lorsqu'un atome radioactif se désintègre et émet une particule α ou β , il a été démontré que l'atome formé au cours de la transformation, recule avec une vitesse qui doit être celle qui correspond à la conservation de la quantité de mouvement du système, étant donné que l'atome radioactif constitue, très probablement, au moment de la transformation, un système conservatif.

Il est assez facile de calculer, dans ces conditions, la vitesse initiale de ces atomes de recul à partir des vitesses connues des particules α et β et du rapport des masses des deux parties en mouvement.

Si l'on considère le cas du recul α , on sait que le rapport des masses est de l'ordre de 50 et que la vitesse des particules α est de l'ordre de $1,50 \times 10^9$ cm / seg. On aura donc pour le recul α des vitesses qui seront de l'ordre de 3×10^7 cm / seg. Pour le recul β , si la vitesse initiale des rayons β est plus grande que celle des rayons α , leur masse est, par contre, beaucoup plus petite; il en résulte que la quantité de mouvement transportée par une particule β est toujours plus petite que celle des particules α . La vitesse du recul β sera donc plus faible; le calcul montre qu'elle est de l'ordre de 3×10^5 cm / seg. Cette vitesse, bien que plus petite que celle du recul α , est néanmoins un peu plus grande que la vitesse moyenne des molécules gazeuses à la température ordinaire.

Dans les deux cas envisagés, les vitesses des atomes du recul seront donc suffisantes pour permettre à ces atomes de parcourir dans un gaz pour des pressions qui ne soient pas trop élevées, des distances mesurables et qui seront d'autant plus grandes que ces pressions seront plus faibles. Dans le vide, ces atomes de

recul se propagent en ligne droite et l'on a ainsi un véritable rayonnement matériel.

On peut distinguer, comme l'a fait M.^{me} Curie, les rayons dûs au recul α des rayons dûs au recul β . M.^{me} Curie les a désigné sous les noms respectivement de rayons a et b . L'étude des propriétés de ces rayons a déjà fait l'objet d'un grand nombre de recherches et l'on a réussi, malgré les difficultés que présente cette étude, à mettre en évidence un certain nombre de propriétés importantes.

Parmi ces propriétés, on a étudié la charge électrique transportée par ces atomes de recul.

Quelle est donc cette charge?

Cette question n'est pas susceptible d'une réponse unique. En effet, l'existence de cette charge et son signe dépendent, dans une large mesure, des conditions expérimentales sous lesquelles on peut considérer ces rayons. Il y a lieu de faire une distinction entre deux cas importants: *primo* — charge des particules au moment où elles sont émises; *secundo* — charge des particules à la fin de leur parcours dans un gaz donné.

Pour étudier la charge des particules au moment de l'émission, les différents expérimentateurs qui se sont occupés de cette question, ont opéré dans un vaste élevé. On a dans ces conditions un rayonnement sur lequel on peut faire agir un champ électrostatique ou magnétique. Si les particules qui dessinent les rayons a et b sont chargées, elles seront déviées par ces champs et le sens de la déviation donnera un autre le signe de la charge. C'est ce qui a été fait par Russ et Makower, d'une part, et Makower et Evans d'autre part. Les premiers, ont étudié l'action d'un champ électrostatique et les seconds, l'action d'un champ magnétique.

Le rayonnement sur lequel ont porté les observations de ces physiciens a été celui qui est dû à l'émission d'atomes de radium B par le radium A. Ils ont montré que ces atomes sont chargés positivement. Ce résultat est cependant contredit par d'autres expériences et semble ne pas être tout-à-fait généralisé. Briggs, par exemple, a montré que les atomes des émanations radioactives obtenus par recul, sont neutres, et Wertenstein arrive à une conclusion parallèle en ce qui concerne le recul dû au radium C.

Examinons maintenant le second cas, celui de la charge des particules à la fin de leur parcours dans les gaz.

Cette question est étroitement liée à celle de la distribution, dans un champ électrique, de la radioactivité induite due aux émanations radioactives lorsque ces émanations sont mélangées avec les gaz.

On a fait à ce sujet beaucoup de recherches. La première de ces recherches est déjà ancienne; elle a été faite en 1900 par Rutherford. Il a montré que lorsqu'on soumet l'émanation du thorium à un champ électrique, l'activité se porte de préférence sur la cathode. Un résultat analogue a été trouvé par M.^{me} Curie dans le cas de l'émanation du radium et par M. Doborne dans le cas de l'émanation de l'actinium. Les responsables pour cette activité cathodique sont les atomes du recul radioactif; ces atomes, après leur parcours dans un gaz, doivent donc être chargés positivement. Il y a cependant des atomes du recul qui ne se portent pas sur la cathode car on trouve que l'anode peut, elle aussi, présenter, du moins sous certains conditions expérimentales, une certaine activité, bien que cette activité soit toujours plus faible que celle déposée sur la cathode. Il est donc à déterminer si tous les atomes du recul, après leur passage au travers d'une matière quelconque, sont chargés positivement, ou s'il y en a qui soient neutres ou même négatifs.

Pour fixer les idées, considérons un cas bien défini, par ex., celui du dépôt actif dû à l'émanation du radium, sur lequel les recherches sont plus nombreuses.

Les résultats de ces recherches sont, comme pour le premier cas, contradictoires. Il faut chercher parmi les expériences effectuées, celles qui méritent plus de confiance. Je n'en mentionnerai donc que quelques-unes. Parmi les plus anciennes, celles de Wellisch et d'Henderson et, parmi les plus récentes, celles de Briggs et de Wertenstein.

Wellisch prétend avoir montré que, dans le cas du dépôt actif de l'émanation du radium, il y a toujours une fraction bien définie du nombre total d'atomes du recul radioactif qui sont chargés positivement, le reste étant neutre. Henderson, par contre, soutient que tous les atomes du dépôt produit par l'émanation du radium, sont chargés positivement à la fin de leur parcours dans l'air. On a donc deux conclusions contradictoires: la conclusion de Wellisch signifie — impossibilité de concentrer sur la cathode la totalité de l'activité induite, tandis que la conclusion de Henderson signifie — possibilité de recueillir sur la cathode

tous les atomes de la radioactivité induite. C'est là une question très importante pour certaines recherches de radioactivité où l'on a besoin de sources actives très intenses, qu'on ne saurait obtenir qu'à condition d'avoir un bon rendement pendant l'activation de l'électrode qui doit porter la source.

Après Wollisch et Henderson, Briggs et Wertenstein ont repris la question mais ils ont obtenu, eux aussi, des résultats contradictoires. Il y a cependant un résultat qui semble bien établi dans presque toutes les recherches entreprises, c'est l'influence de la nature du gaz et de ses conditions d'ionisation, sur le rendement de l'activation. Il semble, par exemple, que beaucoup d'atomes primitivement positifs perdent cette charge par recombinaison avec les ions négatifs très nombreux dans le gaz soumis à l'expérience. Ils peuvent devenir donc neutres ou même négatifs; il en résulte une diminution du nombre d'atomes qui doivent se porter sur la cathode.

J'ai pensé qu'il était intéressant, dans ces conditions, de rendre compte de l'effet obtenu dans un gaz qui par ses conditions très spéciales d'ionisation pourrait augmenter, même jusqu'à 100% le rendement d'une activation. Les résultats que j'ai obtenus, il y a quelques années en collaboration avec Mr. Laporte, pour l'argon soumis à une purification aussi parfaite que possible, m'ont suggéré l'idée de faire des essais d'activation dans ce gaz. En effet, les ions négatifs dans ce gaz restent à l'état d'électrons; il est donc facile de les éliminer très rapidement du gaz et de diminuer ainsi les chances de recombinaison de ces électrons avec les atomes positifs du recul radioactif. On devrait obtenir par là une augmentation de l'activité prise par une cathode plongée dans le gaz.

J'ai fait les essais d'activation avec l'émanation du radium, en employant un champ uniforme entre deux électrodes planes. Pour tous les essais effectués, le courant de saturation, bien que très intense était obtenu pour une tension relativement très peu élevée, ce résultat ayant été déjà mis en évidence dans des recherches antérieures. On était assuré par là que tous les électrons produits pendant l'ionisation du gaz ne se recombineraient pas avec les ions positifs.

Après quelques essais, j'ai dû reconnaître que, malgré les prévisions faites, le rendement n'était pas meilleur que dans d'autres gaz. Il est à présumer dans ces conditions que les

positivement, même dans un gaz, comme les conditions d'activation auraient pu paraître les meilleures.

Coimbra, Laboratório de Física, Agosto 1932.

MÁRIO A. DA SILVA.

(Boursier de la Junta de Educação Nacional).

Cabral. O nome do senhor Vítor Hugo de Azevedo Coutinho está pois ligado a um dos acontecimentos de maior valor da história dos nossos últimos tempos. Foi por este motivo que em Janeiro de 1923 lhe foi concedido o grau da Grap-Cruz da Ordem Militar de Cristo. Não posso terminar a enumeração dos serviços prestados ao país por S. Ex.^a, sem lembrar ainda que do 1923 a 1926 desempenhou um lugar de alta responsabilidade e de confiança do Governo Português: o de Alto Comissário da República na província de Moçambique, onde mais uma vez S. Ex.^a teve ocasião de demonstrar as suas qualidades de eminentemente homem público.

Tantos merecimentos na pessoa do senhor Comandante Azevedo Coutinho justificam a homenagem que neste momento lhe presta a Faculdade de Ciências, que se sente orgulhosa de o poder contar, de hoje em diante, no número dos seus doutores.

A esta homenagem associa-se na qualidade de Padrinho, o ilustre professor desta Universidade, o senhor Dr. João Pereira da Silva Dias, que é hoje um nome consagrado no nosso professorado de ensino superior.

É-me extremamente grato lembrar, neste momento, que o senhor Dr. Pereira Dias é um dos professores desta Universidade que maior e mais dedicada atenção tem prestado ao curso do Engenheiros Geógrafos que nos trouxe a útil colaboração do senhor Comandante Azevedo Coutinho.

Quando outros motivos não existissem, bastaria este, para sentir o maior prazer em testemunhar ao senhor Dr. Pereira Dias a minha maior estima e dirigir-lhe as minhas cordiais saudações.

1

SENHOR DIRECTOR DA FACULDADE DE CIÊNCIAS:

Em atenção aos altos merecimentos do insigne doutorando e à consideração que nos merece o padrinho ilustre que o recomenda, tenho a honra de pedir a V. Ex.^a se digne conceder ao senhor Capitão de mar e guerra Vítor Hugo de Azevedo Coutinho o grau de Doutor em Ciências Matemáticas e ordene que lhe sejam entreguas as respectivas insignias.

Disso.

Rev. Fac. Ciências 3 (1933) 9

«Les valeurs absolues de la mobilité des ions gazeux dans le gaz purs»

(SUR UNE ARTICLE DE M. BRADBURY)

Dans un article récent ayant pour titre: «The absolute values of the mobility of gaseous ions in pure gases» et paru dans la revue américaine de physique *The Physical Review* n.^o 4, vol. 40, M. Norris Bradbury prétend expliquer le désaccord qui existe entre certains de ses résultats et ceux que j'ai obtenus concernant l'ionisation de l'azote très pur; il conclut: «these results and those to follow show in reality that the N₂ was impure and that the Cu was apparently not removing all the oxygen. Similar conditions apply to Luhr's work in argon and probably explain the results of Mario da Silva who believed that attachment might take place between electrons and activated atoms of N and molecules of N₂. Since the attachment experiments of Cravath had shown that under ordinary conditions electron attachment should not take place in pure nitrogen, the existence of negative ions of a mobility 2,21 gave definite evidence that some impurity was present which could attach electrons».

Jo dois faire remarquer tout d'abord que le travail de M. Norris Bradbury représente, sans conteste, un effort très considérable en vue de mesurer les mobilités des ions gazeux dans des conditions bien définies de pression, de température et de pureté des gaz. Il développe un méthode très précise qui a sûrement l'avantage, sur d'autres méthodes, de posséder un pouvoir de résolution très grand, permettant ainsi de décider s'il existe ou non, dans un gaz pur, la répartition de mobilités qui a été trouvée par M. Laporte pour les gaz non soumis à des purifications spéciales.

Malgré cela, il existe dans le travail de M. Bradbury certains points faibles qui n'ont pas été signalés par lui. Il en résulte

que les considérations dévollopées par l'autour et les conclusions auxquelles il prétent arriver, méritent une critique assez sévère. J'en profiterai pour montrer qu'on ne peut pas accepter, sans restrictions, certains de ses résultats et en particulier ceux qui sont relatifs à l'azoto pur.

M. Norris Bradbury utilise, comme je l'avais moi-même déjà proposé en 1929, une chambre d'ionisation en verre avec un minimum de parties métalliques. L'auteur représente cette chambre par un schéma (fig. 1, a) qui est un peu trop schématique. En effet, on ne voit pas très bien comment l'auteur fait la mesure exacte de la pression et maintient cette pression constante pendant les mesures, en même temps qu'il est sûr que le gaz renfermé dans la chambre reste pur, sans contact, par exemple, avec la graisse d'un robinet. Il est vrai que M. Bradbury dit à propos de l'oxygène: «frozen alcohol was maintained on the trap during the time the gas was in the chamber». Mais alors, comment fait-il pour mesurer et maintenir la pression constante?

On ne peut accepter les résultats de M. Bradbury et ses nombres, réduits tous à la pression normale et qui sont présentés comme donnant les valeurs absolues des mobilités, qu'à condition d'être assuré sur la précision de toutes ses mesures.

Un autre point qui demanderais à être éclairci, c'est la précision de ses mesures électrométriques. Je doute que le plateau de la chambre d'ionisation relié à l'électromètre et soudé au verre de la chambre, soit suffisamment isolé pour permettre de bonnes mesures électrométriques, le verre n'étant pas, d'ordinaire, un bon isolant.

M. Norris Bradbury utilise sa méthode soit pour les ions positifs, soit pour les ions négatifs, même dans le cas où il y a des électrons libres. Il dit: «in the case of gases in which free electrons exist, a change in the cycle had to be made shown by the dotted lines in fig. 2. Otherwise, during the time of application δT of the retarding phase for positive ions, the free electrons having an approximate mobility of 10000 cm per sec., would be entirely swept across the field to the upper plate and completely mask the following positive current. Hence it was necessary to insert a small positive potential before the application of δT . This is sufficient to sweep the electrons entirely from the field to the lower plate».

C'est très bien en ce qui concerne la mesure de la mobi-

lité des ions positifs. Mais pour les ions négatifs la méthode ne peut rien donner lorsque l'affinité électronique du gaz est très petite, comme c'est précisément le cas pour l'azoto. En effet, la méthode exige l'application d'un champ de sens contraire au champ favorable, pendant le temps δT et qui est appliqué aussi tôt après l'ionisation du gaz. Or, ce champ entraîne vers le plateau inférieur tous les électrons produits qui n'ont pas le temps de se fixer sur les molécules du gaz.

Cette fixation n'aura lieu, dans la méthode de l'auteur, que dans les gaz à grande affinité électronique. Comment peut donc M. Bradbury conclure de ses expériences que l'azoto, par exemple, n'a pas d'affinité électronique? Il le dit pourtant croyant ainsi pouvoir confirmer un résultat analogue de M. Cravath. C'est, peut-on dire, cette croyance qui l'amène à dire que mes résultats s'expliquent par un défaut de purification de l'azoto.

Il est curieux de remarquer, d'autre part, que si l'on adopte, ainsi que le fait M. Bradbury, comme critérium de pureté du gaz, l'augmentation de la mobilité de l'ion positif, égal à 1,62 dans un cas et à 2,09 dans un échantillon soumis à une meilleure purification, on est amené à penser que l'azoto que j'ai utilisé était plus pur que celui employé par M. Bradbury; en effet, j'ai été conduit par la méthode que je décris dans mon travail, à une valeur de 3,1 pour cette mobilité. Je n'attache pas une grande précision à ce résultat; il indique cependant que l'azoto dont je me suis servi, était, du moins, aussi pur que celui purifié par M. Bradbury.

Il est à faire remarquer d'ailleurs que les résultats qui m'ont permis de conclure à une affinité non nulle de l'azoto pour les électrons, ont été obtenus dans les mêmes conditions expérimentales que ceux relatifs à l'argon et qui ont montré que pour ce gaz l'affinité était vraiment nulle.

Je ne crois donc pas que le travail de M. Bradbury soit à ce point décisif. J'espere qu'il puisse bientôt arriver, avec les ressources de son excellent laboratoire, à des conclusions plus sûres que celles présentées jusqu'ici.

MÁRIO A. DA SILVA.

(Subsidiado pela Junta de Educação Nacional).

M. S. S.

Rev. de Fac. Ceu Vol. I (1931) 39.

Radioactivité des gaz spontanés de la source thermale de Luso

L'Institut du Radium de l'Université de Coimbra s'est proposé la tâche d'effectuer, entre autres travaux de recherche scientifique, de nouvelles analyses des terrains et des eaux minérales portugaises, à fin de dresser un tableau, aussi complet que possible, de nos richesses radioactives.

Nous n'avons pas encore eu le temps d'initier ces travaux avec toute l'ampleur désirale et, dans ces conditions, nous ne pouvons présenter dans cet article que quelques données obtenues dans une première étude de la source thermale de Luso (Portugal).

C'est à la demande de L'Établissement thermal de Luso que nous avons effectué ce premier travail qui a porté exclusivement sur la radioactivité des gaz spontanés de la source principale et de la source S. João.

Ces gaz ont déjà fait l'object de quelques déterminations antérieures mais il semble, à en juger par les rapports présentés par les différents auteurs, qu'il n'y a pas eu, dans ces déterminations, un grand souci de précision. Je fais remarquer, en particulier, que ces auteurs n'indiquent jamais dans quelles conditions est mesuré le volume des gaz spontanés auquel ils rapportent la radioactivité. Or, nous pensons qu'il est toujours désirable de rapporter la radioactivité des gaz spontanés à un litre de gaz sec, mesuré dans les conditions normales de température (0° C) et de pression (760 mm. de mercure), et ceci s'impose particulièrement pour les sources qui présentent une radioactivité constante.

Les méthodes que nous avons utilisées dans notre travail, sont, à part quelques changements d'ordre technique, celles qui sont couramment employées au Laboratoire de Mad. Curie à l'Ins-

l'Institut du Radium de Paris où nous avons travaillé pendant quelque temps.

Nous avons fait plusieurs prélèvements d'échantillons de gaz des deux sources ayant toujours en soin de déssecher les gaz avant leur introduction dans les chambres d'ionisation, dont l'étancheité était parfaite. Les mesures ont été faites au Laboratoire, à Coimbra, avec l'excellent appareillage de la Maison Beaudouin de Paris. Dans toutes les déterminations, nous nous sommes servis d'un montage comportant un électromètre Curie-Delacroix et un quartz piézo électrique étaloné. Nous avons donc toujours mesuré les courants d'ionisation en valeur absolue, ce qui nous a permis de contrôler nos résultats par la formule bien connue de Duane.

On a obtenu les résultats suivants:

Source principale: — Quantité d'émanation du radium par litre de gaz sec à 0° C et 760 mm. à l'émergence: — 125 milimicrocuries.

Source S. João: — Cette source a une surface de dégagement des gaz très étendue et la température de l'eau n'est pas la même partout; il nous a donc paru utile de déterminer cette température à l'endroit même où l'on faisait le prélèvement. Nous n'avons constaté cependant que de très petites variations d'activité. En effet, la quantité d'émanation mesuré a été de 40,2 milimicrocuries par litre aux endroits les plus chauds et 36,4 milimicrocuries par litre aux endroits les plus froids, les volumes étant mesurés dans les conditions qui ont été indiquées plus haut.

Ces données montrent en outre que ces gaz sont, en moyenne, 2,3 moins radioactifs que ceux de la source principale.

Nous avons ensuite déterminé le débit gazeux de la source principale; on a obtenu un débit de 90 litres de gaz par heure.

Ce résultat a été confirmé depuis par M. le Docteur Lucio Abrantes, médecin de l'Établissement thermal. Il est par contre beaucoup plus grand que ceux indiqués dans tous les travaux antérieurs. M. le professeur Nazaréth, par exemple, indique un débit de 40 litres par heure.

La radioactivité spécifique des gaz et le débit gazeux étant connus, nous pouvons calculer l'hororadioactivité et la puissance

radioactive. Nous avons obtenu pour l'hororadioactivité $11,25 \text{ microcuries heure}$ et pour la puissance radioactive $1,5 \text{ miligrammes}$. Ceci signifie que la quantité d'émanation du radium en équilibre avec la source de Luso est de $1,5 \text{ milicuries}$. Étant donné la valeur très élevée de cette quantité d'émanation, nous avons signalé à la Direction de L'Etablissement thermal de Luso qu'il était possible de recueillir les gaz spontanés dans un émanatorium d'une capacité de, au moins, 50 mètres cubes et d'y maintenir à l'état d'équilibre radioactif, une activité de $30 \text{ milimicrocuries par litre d'air}$, quantité bien supérieur à celle utilisée dans beaucoup d'émanatoriums. Si l'on pense en outre à la quantité très considérable d'oxygène apportée par les gaz spontanés, on conclut que la source de Luso a des conditions très favorables pour la construction d'un magnifique émanatorium.

Coimbra, Instituto do Rádio da Universidade, Abril de 1930.

MÁRIO A. DA SILVA.

MÁRIO AUGUSTO DA SILVA

Algumas considerações sobre:

A forma complexa das leis
de Kirchoff aplicável aos cir-
cuitos, em corrente alternada



COIMBRA
Tipografia da Atlântida
1942

DR. MÁRIO SILVA

NEWTON EXPERIMENTADOR

CONFERÊNCIA REALIZADA NA
SALA DOS ACTOS GRANDES
NA SESSÃO DE HOMENAGEM
A NEWTON



COIMBRA
IMPRENSA DA UNIVERSIDADE
1932

PROF. MÁRIO SILVA

Sócio correspondente da Academia das Ciências de Lisboa
Doutor pela Sorbonne

A actividade científica dos primeiros directores do Gabinete de Física que a reforma pombalina criou em Coimbra, em 1772

A DESCOBERTA, FEITA EM COIMBRA, DA LEI DAS ACÇÕES MAGNÉTICAS

(Comunicação apresentada ao Congresso de História da Actividade Científica Portuguesa, realizado em Novembro, de 1940)



COIMBRA
TIPOGRAFIA DA ATLÂNTIDA
1940

Vol. I

Pág. 129 a 154

PUBLICATIONS

DU

LABORATOIRE DE PHYSIQUE

DE

L'UNIVERSITÉ DE COIMBRA

Directeur: MÁRIO A. DA SILVA

N.º 3

MÁRIO AUGUSTO DA SILVA — Um novo Museu em Coimbra: o
Museu pombalino de Física da Faculdade de Ciências
da Universidade.



TIPOGRAFIA DA ATLANTIDA
COIMBRA, 1939

Vol. I

Pág. 155 a 198

PUBLICATIONS

DU

LABORATOIRE DE PHYSIQUE

DE

L'UNIVERSITÉ DE COIMBRA

Directeur: MÁRIO A. DA SILVA

—
N.º 4
—

MÁRIO AUGUSTO DA SILVA — *A actividade científica dos primeiros directores do Gabinete de Física que a reforma pombalina criou em Coimbra, em 1772.*

JULIETA LOURO — *A vida e a obra de Madame Curie.*

MÁRIO AUGUSTO DA SILVA — *A vida e a obra de Edouard Branly.*

TIPOGRAFIA DA ATLANTIDA
COIMBRA, 1941

MÁRIO A. SILVA

NIELS BOHR

Um cientista da era atómica

Separata da Revista
«Seara Nova» N.º 1415
Setembro de 1963
LISBOA

49143

PROF. MÁRIO SILVA

LIÇÕES DE FÍSICA

(Apontamentos para uso dos alunos
de Física da Faculdade de Ciências
da Universidade de Coimbra).

I LIVRO — Macro-Física ou Física fenomenológica

- * 1.ª PARTE — Energia mecânica
- * 2.ª PARTE — Energia calorífica
- : 3.ª PARTE — Energia electro-magnética.

II LIVRO — Micro-Física ou Física quântica

- 1.ª PARTE — Estrutura da matéria
- 2.ª PARTE — Estrutura da luz.

253.
ge-cc



LIVRARIA ACADEMICA
MOURA MARQUES & FILHO
19, Largo de Miguel Bombarda
COIMBRA
1940

PROF. MÁRIO SILVA

LICÕES DE FÍSICA

(Apontamentos para uso dos alunos
de Física da Faculdade de Ciências
da Universidade de Coimbra).

3.^a PARTE DO I LIVRO

Energia electromagnética

FASCÍCULO 3.^o

Campo electromagnético estacionário



LIVRARIA ACADÉMICA
MOURA MARQUES & FILHO
Largo de Miguel Bombarda, 19
COIMBRA
1942

MÁRIO SILVA
Professor da Universidade de Coimbra

TEORIA
DO
CAMPO ELECTROMAGNÉTICO
(MAXWELL — LORENTZ — EINSTEIN)

VOLUME I

COIMBRA EDITORA, LIMITADA

MÁRIO SILVA
Professor da Universidade de Coimbra

TEORIA
DO
CAMPO ELECTROMAGNÉTICO
(COULOMB—OERSTED—AMPÈRE)

VOLUME II

(FASCÍCULO I, COM A TEORIA DO CAMPO ELECTROSTÁTICO)

COIMBRA EDITORA, LIMITADA

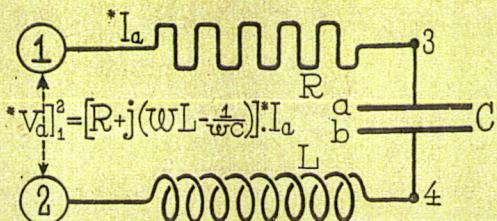
M Á R I O S I L V A
Professor da Universidade de Coimbra

TEORIA
DO
CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

(FARADAY—STEINMETZ—HERTZ)

VOLUME III

(FASCÍCULO I, COM A TEORIA GERAL DOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS)



C O I M B R A E D I T O R A , L I M I T A D A

MÁRIO SILVA
Professor da Universidade de Coimbra

MECÂNICA FÍSICA

(PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS)

NEWTON - EINSTEIN

VOLUME I

EDITORIAL "SABER" — CURSOS UNIVERSITÁRIOS
Depositária — COIMBRA EDITORA, LIMITADA — Coimbra

