

4.º ANO

	Aulas teóricas	Aulas práticas	Total
Física Quântica	3	4	7
Electrónica	3	4	7
Mecânica-Física	3	4	7
Relatividade	3	4	7
			28 h.

5.º ANO

Física Atómica e Nuclear	3	4	7
Óptica.....	3	4	7
Física do Estado sólido	3	4	7
Acústica — 1.º Semestre ..	3	4	7
História da Física — 2.º Semestre	3	—	3
<i>Totais : 1.º Semestre</i>			28 h.
<i>» 2.º Semestre.....</i>			24 h.

A arrumação das diferentes disciplinas obedeceu aos seguintes requisitos. Como as cadeiras especiais, Electricidade, Termodinâmica, etc., só deverão ser frequentadas pelos alunos que já possuam conhecimentos gerais de física, só a partir do 3.º ano é que estas se encontram distribuídas. Relativamente ao ordenamento das cadeiras especiais, pelos 3.º, 4.º, e 5.º anos, atendeu-se, dentro do possível, à necessidade de primeiramente se frequentarem as disciplinas cujos conhecimentos possam ser úteis no estudo das outras restantes. Por essa razão Electricidade precede: Electrónica, Mecânica-Física, Relatividade e Óptica; Me-

cânica Racional precede: Física Quântica, Mecânica Física e Relatividade; Física Quântica precede Física Atómica e Nuclear, Óptica e Física do Estado Sólido; Mecânica Física precede Acústica. Finalmente, pela mesma razão, a História da Física ficou relegada para o último semestre do último ano.

A colocação do Curso Geral de Física, primeira parte, logo no primeiro ano da licenciatura, implica que na primeira metade do primeiro semestre, o referido curso seja apresentado em nível bastante elementar, pois os alunos não possuem ainda suficientes conhecimentos matemáticos. No entanto este prejuízo parece-nos suficientemente compensado, não só pela boa arrumação das restantes disciplinas, mas também por assim se evitar que os futuros licenciados em Física interrompam, logo no primeiro ano, a sequência dos estudos de Física iniciados no liceu. Além disso o inconveniente apontado poderá ser muito atenuado desde que se inicie pela Óptica Geométrica o Curso Geral de Física, 1.ª Parte. Como se sabe, num curso geral de Física, esse estudo pode-se fazer com os rudimentos de matemática adquiridos no ensino secundário.

Esperamos que esta contribuição para a reforma do plano de estudos da Física, desperte o interesse das entidades ligadas a este tão importante problema.

JOSÉ SARMENTO
 PROF. CATEDRÁTICO DA F. C. L.

A obra científica de Frederico Joliot

Na vasta obra científica de Frederico Joliot três assuntos de investigação realçam: — a contribuição fundamental dada para a descoberta do neutrão, a descoberta da radioactividade artificial, a concepção do primeiro reactor nuclear.

A descoberta do neutrão comporta três fases perfeitamente distintas. A primeira

reside nas experiências feitas na Alemanha, por Bothe e Becker, bombardeando alguns elementos de baixo número atómico (boro, berílio, etc.) com partículas alfa emitidas pelos radioelementos naturais; estes investigadores descobriram, utilizando como detectores contadores de Geiger-Müller, que aqueles elementos, sob a acção das parti-

culas alfa, emitiam radiações que admitiram serem do mesmo tipo das radiações gama dos radioelementos naturais mas muito mais penetrantes.

Após a publicação destes resultados, em 1930, imediatamente no Instituto de Radio de Paris, Irene Curie e seu marido Frederico Joliot, e no Laboratório Cavendish de Cambridge uma «*équipe*» dirigida por Chadwick retomaram as experiências de Bothe e Becker.

Os Joliot-Curie — designação que lhes foi dada pela primeira vez pelos cientistas ingleses — utilizaram uma câmara de ionização, em ligação com um electrómetro de alta sensibilidade, e uma câmara de nevoeiro Wilson. Graças a esta aparelhagem descobriram que a radiação de Bothe e Becker tinha a propriedade fundamental de projectar com elevada velocidade os núcleos dos átomos da substância que servia de alvo; a câmara de Wilson, permitiu-lhes mesmo fotografar as trajectórias dos núcleos projectados de hidrogénio, de hélio e de azoto.

Os resultados destas experiências foram publicados em 18 de Janeiro de 1932. As experiências do Laboratório Cavendish, que até aí tinham sido realizadas com uma câmara de Wilson sem que, aliás, o efeito de projecção nuclear tivesse sido observado, tomaram imediatamente um outro rumo. Chadwick resolveu, utilizando para tal um amplificador proporcional (aparelhagem que não existia ainda no Instituto de Rádio de Paris), determinar as energias cinéticas dos núcleos projectados. Rápidamente chegou à conclusão que só partículas materiais — e não radiação gama — de massa vizinha da do protão poderiam provocar este efeito; porém, para que estas partículas pudessem atravessar grandes espessuras de matéria era necessário que fossem neutras. Chadwick deu a estas partículas o nome de «neutrão», designação que dez anos antes havia sido proposta por Rutherford ao emitir a hipótese que tal tipo de partículas poderia existir nos núcleos. Acrescenta-se que dez anos tinham bastado para que, a

hipótese de Rutherford tivesse sido inteiramente esquecida...

Os resultados de Chadwick, publicados em 27 de Fevereiro de 1932, são a terceira das fases que conduziram à descoberta do neutrão; as duas primeiras foram a descoberta de uma radiação penetrante e a propriedade que esta radiação tem de projectar núcleos atômicos. A descoberta do neutrão é bem uma obra de cooperação científica internacional — para ela contribuíram sucessivamente investigadores alemães, franceses e ingleses. Tudo isto se passava, evidentemente, numa época em que não havia segredos na Física Nuclear...

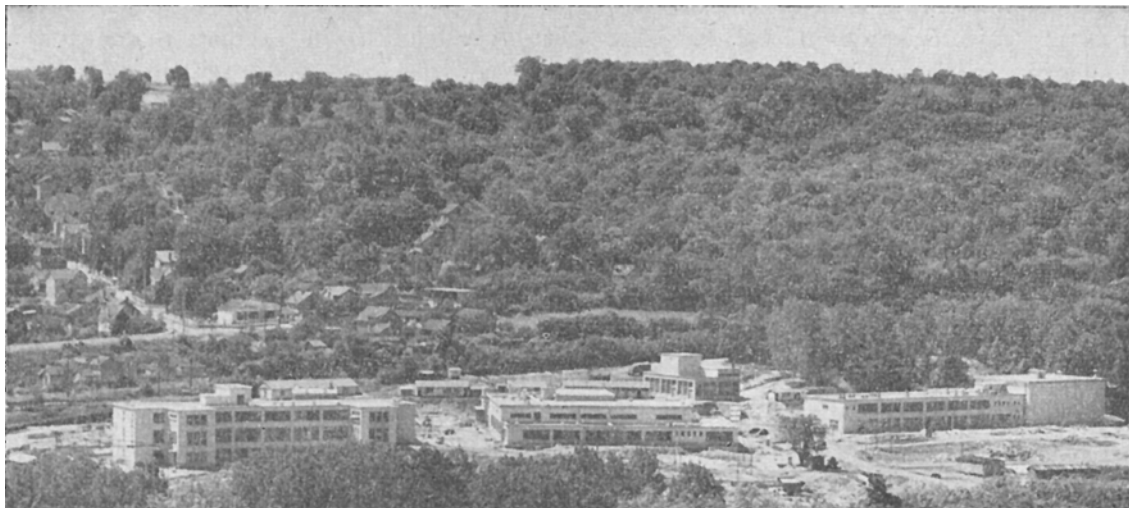
Na continuação das suas experiências respeitantes à acção das partículas sobre os elementos de baixo número atômico, os Joliot-Curie observaram que alguns destes elementos emitiam não só neutrões como também electrões positivos. Resolveram estudar se o limiar de energia das partículas α bombardeantes para o qual estes elementos emitiam neutrões e positões era o mesmo ou se seria possível descer suficientemente a energia das partículas α de tal maneira que só houvesse emissão de um dos tipos de partícula. Foi no decorrer destas experiências que os Joliot-Curie descobriram um facto absolutamente inesperado: — se a experiência era realizada aumentando gradualmente a energia das partículas α havia um valor da energia para o qual *simultaneamente* começava a emissão dos neutrões e positões, mas se a experiência era realizada em sentido contrário, isto é, partindo de grandes energias α e diminuindo-a sucessivamente havia um valor da energia (aliás o mesmo da experiência anterior) para o qual *cessava* a emissão de neutrões mas *continuava* a de positões. Para esta aparente contradição impunha-se a explicação seguinte: — ao passo que a emissão dos neutrões era simultânea do bombardeamento pelas partículas alfa, a emissão dos electrões positivos fazia-se num intervalo de tempo mais ou menos longo após a irradiação α . Com efeito, os Joliot-Curie veri-

ficaram que o boro, o alumínio e o magnésio, uma vez bombardeados com partículas α de alta energia continuavam a emitir posições durante um lapso de tempo apreciável mesmo depois de ter cessado o bombardeamento. Estudando a maneira como decrescia então a emissão dos posições, eles concluíram que a lei de decrescimento era do mesmo tipo da dos elementos radioactivos naturais.

Tudo levava pois a admitir que do bombardeamento por partículas α dos elementos referidos resultava a criação de novos radioelementos. Mas antes de publicar uma tal conclusão que na época era absolutamente revolucionária os Joliot-Curie quiseram demonstrar, por via química, que esta interpretação era a justa. Com efeito, consideremos, por exemplo, o caso do bombardeamento α do alumínio: a reacção nuclear

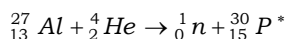
Quere dizer, o resultado do bombardeamento dos átomos de alumínio com partículas alfa, é a emissão de neutrões e a formação de um núcleo de fósforo diferente, aliás, do isótopo estável (número de massa 31). O isótopo de fósforo assim formado seria um elemento radioactivo que emitiria electrões positivos, transformando-se num dos isótopos naturais do elemento silício..

Para verificar esta hipótese, isto é, se se formava fósforo radioactivo (radiofósforo), Irene Curie e Frederica Joliot propuzeram-se separá-lo por via química, apesar do seu curto período de semi-desintegração (três minutos e quinze segundos). Dissolveram o alumínio, logo após o bombardeamento, em ácido clorídrico e recolheram os gases que se libertavam, verificando que eram radioactivos (o hidrogénio nascente arrasava o fósforo sob a forma de hidrogénio

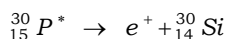


Vista aérea dos novos laboratórios de física nuclear da Faculdade de Ciências de Paris edificados em Orsay

que os Joliot-Curie admitiram que se realizava era:



à qual se seguia a transmutação



fosforado); o alumínio dissolvido no tratamento com o ácido clorídrico era evaporado a seco, não apresentando radioactividade.

É curioso notar que foi a primeira vez que quimicamente se verificou a natureza dos produtos de uma transmutação provocada, e isto porque foi também a primeira vez que um dos produtos resultantes da

transmutação, sendo radioactivo podia ser observado pelos métodos da radioactividade; com efeito, a quantidade de radioelemento formado, nas condições em que trabalhavam os Joliot-Curie, era da ordem de cem mil átomos (massa de $0,5 \times 10^{-18}$ grama) quantidade esta que método químico algum permitiria assinalar.

O anúncio da descoberta da radioactividade artificial provocou uma sensação que dificilmente poderão ajuizar os que não viveram essa época científica. Com efeito, os que tinham acompanhado a evolução da radioactividade e que tinham conhecimento da série de experiências que Rutherford e a sua escola tinham empreendido, após a sua descoberta das transmutações provocadas, no propósito de crear novos radioelementos; admitiam, mais ou menos explicitamente que, aparte os radioelementos naturais, não era possível criar nos laboratórios outros elementos dotados de propriedades radioactivas. Muitos espíritos — e dos melhores da época consideravam mesmo que a radioactividade tinha atingido um ponto morto: o que havia de importante estava descoberto e o esforço da investigação a realizar limitava-se ao campo da metrologia.

A descoberta da radioactividade artificial modificava completamente este panorama, abrindo novas e vastas perspectivas, que não tardaram a ser exploradas em todo o mundo, quer no domínio da ciência fundamental, quer no campo das aplicações à química, à biologia, à medicina, à indústria, etc.. Dois anos mais tarde, em 1935, a atribuição do prémio Nobel de Química a Irene Curie e Frederico Joliot consagrava, para o grande público, o valor da sua descoberta.

Em 1937, o Colégio de França confia a Joliot uma das suas cátedras e o encargo de crear e dirigir um Laboratório de Física e Química Nucleares. Frederico Joliot deixa o Instituto de Rádio, onde Irene Curie continua a trabalhar, e, com alguns dos seus discípulos, vai fundar o novo Laboratório do Colégio de França. É já na direcção deste novo Laboratório que, pouco tempo

depois, Joliot toma conhecimento que Hahn e Strassmann demonstraram, por via química, a cisão do urânio submetido ao bombardeamento de neutrões. Joliot imagina imediatamente, de resto inspirado pela sua longa prática de investigação em radioactividade, dois métodos físicos para pôr em evidência o mesmo fenómeno.

O primeiro destes métodos consistia em se servir da energia de recuo, que devem ter os núcleos resultantes da cisão, para os captar no exterior da massa de urânio onde o fenómeno se produz o segundo, o de fotografar numa câmara de Wilson as trajectórias dos produtos da cisão provocada numa fina camada de urânio, colocada no interior da câmara, pelo bombardeamento com neutrões. Na nota à Academia das Ciências de Paris, em que anuncia o resultado positivo destas experiências, Joliot assinala que provavelmente a cisão do urânio é acompanhada da emissão de neutrões. Esta vai ser a directriz fundamental, que o guiará na actividade científica imediata, porque nela reside talvez a possibilidade de pôr em execução a ideia que ele próprio enunciou quatro anos antes, ao receber o prémio Nobel: — será possível dispôr da enorme quantidade de energia armazenada nos núcleos atómicos no dia em que se souber produzir uma reacção nuclear em cadeia.

Em colaboração com dois dos seus discípulos, Halban e Kowarski, Joliot empreende o estudo experimental da cisão do urânio com o fim de determinar quantos neutrões são emitidos por cisão. A «*équipe*» chega ao resultado que em cada cisão são emitidos três neutrões rápidos. As perspectivas de uma reacção em cadeia precisam-se; se fôr possível aproveitar, em média, mais do que um dos neutrões libertados para provocar novas cisões, obter-se-á uma cadeia divergente.

Ao grupo junta-se Francis Perrin e os quatro vão estudar experimental e teoricamente como realizar o dispositivo que permitirá a partir de uma primeira cisão, aumentar, manter ou diminuir o ritmo das cisões posteriores. O trabalho avança rapidamente

e a «*équipe*» chega à conclusão que será possível estabelecer um reactor nuclear com óxido de urânio, como matéria prima, empregando como moderador dos neutrões água pesada e como regulador da actividade da pilha, barras de cádmio. Joliot e os seus colaboradores, em Outubro de 1939, depositam um pedido de patente de invenção e entregam uma nota fechada à Academia das Ciências de Paris. Joliot adquire nove toneladas de óxido de urânio à Companhia Mineira do Alto Katanga e compra toda a reserva de água pesada que existe na Noruega. Apesar da segunda guerra mundial já ter começado, os planos para a construção do primeiro reactor nuclear precisam-se, a sua montagem vai começar... Mas o exército francês é derrotado; Junho de 1940 é mês da capitulação, o invasor alemão ocupa a França. Joliot não quer que os seus planos caiam nas mãos do inimigo; organiza a fuga para Inglaterra dos seus colaboradores Halban e Kowarski, a quem confia toda a água pesada e autoriza-os a transmitir aos cientistas ingleses os planos que a «*équipe*» havia elaborado. Francis Perrin segue para a América do Norte. A consciência de Joliot debate-se perante um terrível dilema: o cientista sabe que se emigrar poderá realizar no estrangeiro os seus planos e que o seu nome ficará ligado a uma das mais extraordinárias descobertas do nosso tempo; o homem, filho duma modesta família francesa, quer continuar no solo da terra onde nasceu para combater o ocupante.

É o homem que vence. Joliot fica em Paris e é no seu Laboratório do Colégio de França, ocupado pelos alemães, que ele vai fabricar de suas próprias mãos os explosivos com que os seus camaradas de resistência procurarão enfraquecer o inimigo.

O historiador que dentro de vinte ou trinta anos, apagadas as paixões da época, comparar a nota à Academia das Ciências e o pedido de patente de invenção com o primeiro relatório da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos da América do Norte, não poderá deixar de concluir que só a guerra mun-

dial impediu que fosse em França que, pela primeira vez, funcionasse uma pilha atômica. São estes três assuntos de investigação — neutrão, radioactividade artificial, reactor atômico — que, como dizíamos no princípio deste artigo, permitem na biografia de Joliot-investigador, relegar para um segundo plano a obra, aliás notável, que ele realizou em electroquímica dos radioelementos, ionização produzida pela radiação α , radioactividade do samário, materialização externa e interna, aniquilação dos electrões positivos, pesquisas em biologia, utilizando radioelementos artificiais, etc..

Se a obra de Joliot, como investigador, foi excepcional, a sua obra como organizador e director de investigações foi também notável. Esta associação na mesma personalidade do grande investigador e do grande director é assaz invulgar para que não deva ser assinalada.

Convidado em 1937, pelo seu antigo mestre Paul Langevin, a ingressar no corpo docente do Colégio de França, aí fundou, como atraz se disse, e dirigiu até à morte o Laboratório de Física e Química Nucleares. Este laboratório tomou rapidamente um grande desenvolvimento, tendo sido instalado nele um dos primeiros ciclotrões que funcionou na Europa.

Simultaneamente à sua ida para o Colégio de França, o Centro Nacional de Investigação Científica encarregou Joliot de crear, dependendo do Centro, um Laboratório de Síntese Atômica. Neste laboratório se efectuaram numerosos trabalhos de aplicação de radioelementos artificiais, foram instalados vários aceleradores de partículas e, há poucos anos, um betatrão.

Em 1944, após a libertação de Paris, Joliot é nomeado director do Centro Nacional de Investigação Científica, que reorganiza completamente, em especial no sentido de poder aumentar consideravelmente o número de investigadores, convicto como está que no desenvolvimento da investigação científica reside o futuro de todas as nações que não se queiram deixar colonizar.

Em 1946 é nomeado Alto Comissário da Energia Atómica, que acaba de ser creada, e deixa a direcção do Centro Nacional de Investigação Científica. O primeiro objectivo que a Energia Atómica Francesa se propõe é o de construir e pôr em funcionamento uma pilha atómica. Joliot e os seus colaboradores resolvem que esta pilha será construída segundo o projecto de 1940 e a obra começa perante o cepticismo sorridente dos cientistas anglo-americanos. Menos de dois anos depois a pilha entra em funcionamento e o cepticismo transforma-se em mau humor. Em Abril de 50 o governo francês da época demite Joliot de Alto Comissário.

Em 1956, a morte de Irene Curie coloca de novo Frederico Joliot perante uma escolha difícil. Com efeito, Madame Joliot tinha empreendido uma vasta obra no sentido de dotar a Universidade Francesa, e em especial, a Faculdade de Ciências de Paris dos laboratórios necessários para permitir recuperar o atrazo em que, no domínio da investigação fundamental, se encontram em França certos sectores da Física nuclear. Após demorados e múltiplos esforços, Madame Joliot tinha conseguido os créditos necessários, os planos estavam estabelecidos e as obras de construção na cidade de Orsay, arredores de Paris, dos laboratórios de física nuclear iam começar quando Irene Joliot-Curie faleceu. A realização deste projecto exigia uma personalidade activa, dotada de grande prestígio para vencer as resistências, que inevitavelmente surgiam e, por esta razão, todos os que tinham colaborado com Madame Joliot na elaboração do projecto de Orsay insistiram com o Professor Joliot para que fosse ele a realizar o projecto que tinha sido concebido por sua mulher. Mas, por outro lado, os médicos que o tinham acompanhado na grave doença que o afectava alguns meses antes, que sabiam como o seu organismo estava enfraquecido pela acção durante mais de trinta anos das radiações, aconselhavam-no insistentemente a não tomar novos encargos particularmente fatigantes. Apesar disso,

Joliot aceita suceder a sua mulher na cátedra da Faculdade de Ciências de Paris. Dois anos depois — à hora da sua morte — a quase totalidade dos laboratórios projectados por Madame Joliot está edificada, apetrechada e em funcionamento.

O êxito obtido por Joliot em todas as funções de direcção, que desempenhou, residiu não só na planificação, que ele sabia efectuar do trabalho a realizar, mas ainda no entusiasmo comunicativo, que ele conseguia insuflar em todos os seus colaboradores nas frequentes reuniões, que com eles tinha, reuniões nas quais a distribuição do trabalho se efectuava sem atritos nem problemas pessoais, mas com o único fim de levar a cabo e rapidamente a obra projectada.

Uma personalidade tão rica de vitalidade como era a de Frederico Joliot não podia naturalmente alhear-se dos problemas sociais. É manifesto que a análise do que foi a sua vasta actividade neste campo ultrapassa o condicionamento imposto a uma revista desta natureza, mas não parecerá certamente descabido reproduzir a este propósito e como fecho deste artigo as palavras, que o actual Ministro Nacional de França, Jean Berthoin, proferiu, no pátio da Sorbonne, diante do catafalco de Frederico Joliot: —

«Ele foi um desses altos espíritos que, como Einstein, no instante em que começou a desenhar-se a construção de um novo universo dotado de possibilidades gigantescas sobre os fundamentos que eles tinham estabelecido, se sentiram invadidos por um nobre escrúpulo que põe, ele próprio, problemas complexos e graves à consciência nacional e internacional.

Não é nem o lugar nem o momento de evocar estas vastas polémicas, tomadas de repente inteiramente vãs. Diante do caixão de um apóstolo da Verdade científica, apaixonado por tudo quanto lhe parecia verdadeiro em concordância com a sua concepção do mundo, elas extinguem-se como dissonâncias parasitas e ridículas na sombria harmonia do nosso luto.»

MANUEL VALADARES

Directeur de Recherches au C. N. R. S.