

GAZETA DE FISICA

REVISTA DOS ESTUDANTES DE FÍSICA
E DOS FÍSICOS E TÉCNICO-FÍSICOS PORTUGUESES



VOL. III, FASC. 7
MARÇO, 1959

Frederico Joliot
(1900-1958)

VOL. III

GAZETA DE FÍSICA

FASC. 7

MARÇO — 1959

PUBLICAÇÃO DESTINADA AOS ESTUDANTES DE FÍSICA
E AOS FÍSICOS E TÉCNICO-FÍSICOS POR-
TUGUESES • VOLUMES PUBLICADOS:
VOL. I — 1946 a 1948 — IX FASCÍCULOS — 288 PÁGINAS
VOL. II — 1948 a 1953 — X FASCÍCULOS — 280 PÁGINAS

S U M Á R I O

O ensino da Física nas nossas Faculdades de Ciências, por <i>José Sarmento</i>	185
A obra científica de Frederico Joliot, por <i>Manuel Valadares</i>	188
Acerca do número de imagens dadas pelos espelhos planos inclinados entre si, por <i>Rómulo de Carvalho</i>	194
Algumas utilizações científicas dos satélites artificiais, por <i>R. O. Vicente</i>	203
PONTOS DE EXAME: Exames Universitários (Física)	208
Noticiário	211

A matéria de cada artigo é tratada sob a inteira responsabilidade do autor

COMISSÃO DE REDACÇÃO: J. Xavier de Brito — Rómulo de Carvalho — Armando Gibert — Lídia Salgueiro — Maria Augusta P. Fernández — José V. Gomes Ferreira — Ramiro Líbano Monteiro — Maria Helena Sampaio Carepa



PROPRIEDADE E EDIÇÃO: GAZETA DE MATEMÁTICA, L.^{DA} * CORRESPONDÊNCIA: GAZETA DE FÍSICA — LABORATÓRIO DE FÍSICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS DE LISBOA — RUA DA ESCOLA POLITÉCNICA — LISBOA * NÚMERO AVULSO: ESC. 12\$50 * ASSINATURA: 4 NÚMEROS ESC. 40\$00 * DEPOSITÁRIO: LIVRARIA ESCOLAR EDITORA — RUA DA ESCOLA POLITÉCNICA, 68 a 72 — TELEFONE 64040 — LISBOA

O ensino da Física nas nossas Faculdades de Ciências

O actual plano de estudos de Física nas nossas Faculdades não sofreu alteração apreciável desde que em 1911 elas foram criadas. Das ligeiras modificações até hoje introduzidas, destacaremos as duas mais significativas. A primeira foi originada pela criação em 1946 da licenciatura em Ciências Geofísicas que introduziu no grupo da Física as seguintes novas disciplinas: Geofísica, Meteorologia e Óptica, tendo sido suprimida a cadeira de «Acústica Óptica e Calor». A segunda foi motivada pela recente reforma dos estudos de Engenharia que criou as cadeiras de Física Atómica, Curso Complementar de Física e Electrónica e prolongou por mais um semestre a disciplina de Termodinâmica. Estas reformas no entanto pouco ou nada influíram na licenciatura em Ciências Físico Químicas, pois as suas disciplinas de Física reduzem-se ainda a: Curso Geral de Física, Electricidade, Termodinâmica (semestral), Óptica, e Mecânica Física (semestral). A este deficientíssimo plano de estudos que ignora os progressos da Física dos últimos decénios, temos a acrescentar uma outra causa que muito também tem prejudicado o seu ensino. Referimo-nos ao grande aumento que sofreu a população escolar nos últimos vinte anos, sem que simultaneamente se tivessem alargado os quadros e instalações das Faculdades de Ciências. Por isso o rendimento do ensino baixou notavelmente, muito principalmente na parte que diz respeito ao ensino

laboratorial. Estas deficiências são extremamente graves. Devido a elas os licenciados acabados de formar ficam com uma visão muito imperfeita do mundo físico que os cerca. Por isso, em geral, não se encontram em condições de poderem cabalmente desempenhar a missão que lhes compete, nem nos laboratórios de investigação, nem nas escolas onde deverão ensinar.

Resumindo; o nosso ensino de Física sofre de dois grandes males: falta de actualização do seu plano de estudos e deficiência do ensino laboratorial.

*

* *

Todos sabemos já, por ser um facto tantas e tantas vezes referido, que a expansão económica das nações industrializadas está hoje intimamente dependente do maior ou menor número de cientistas e engenheiros altamente qualificados de que elas poderão dispor. A preparação físico-matemática desses cientistas e engenheiros tem hoje de ser muito mais profunda e vasta do que era outrora. Passou há já muito o tempo em que os técnicos qualificados, para desempenharem cabalmente o seu trabalho, se limitavam em geral a aplicar uma meia dúzia de receitas que continuamente se repetiam. Nessa altura, uma deficiên-

cia de preparação científica pouco ou nada influiu, na maior parte dos casos, na boa marcha do empreendimento. Hoje o panorama modificou-se totalmente. Para assegurar a expansão económica, são necessários cientistas possuindo uma formação completa de base fisico-matemática, sem a qual eles não poderão desempenhar a missão que lhes cumpre assegurar.

Esta transformação económico-científica iniciada depois da primeira grande guerra e que ultimamente tanto se tem acentuado, devido ao aproveitamento das mais recentes descobertas científicas, é ilustrada pelos seguintes números. Enquanto que em 1900 nos E. U. a proporção entre cientistas, engenheiros altamente qualificados e simples trabalhadores era de 1 : 290, hoje passou a ser de 1 : 70. Num breve futuro, com o desenvolvimento da automação, esta razão, com certeza muito maior se tornará ainda.

Em resumo: o futuro económico do nosso país e o seu prestígio entre as Nações estão inteiramente dependentes do número e qualidade dos cientistas que as nossas escolas poderão formar. Por isso, papel importantíssimo deverá estar reservado às nossas Faculdades de Ciências, pois serão elas que afinal de contas deverão formar os matemáticos, físicos, químicos, geólogos, etc., que serão necessários para levar a bom termo a tão desejada expansão económica. Mas o papel das Faculdades de Ciências é ainda mais vasto, pois não só lhes cumpre assegurar o ensino dos três primeiros anos das licenciaturas em engenharia, mas também são elas que deverão preparar os professores de ciências dos diferentes graus de ensino.

Perante a importância e gravidade das tarefas que lhes são impostas, parece-nos que se justifica que as Faculdades de Ciências sejam acarinhadas e que se lhes criem as condições e meios necessários para poderem cumprir a missão que têm o dever de desempenhar. Urge por isso reformar o seu

plano de estudos, criar laboratórios devidamente apetrechados, alargar os seus quadros, reorganizar as condições de acesso do seu pessoal docente, atrair a elas as massas juvenis, etc., etc..

Perante as necessidades atrás referidas, esperemos que o Governo e muito particularmente S. Ex.^a o Senhor Ministro da Educação Nacional de quem tanto esperamos, empreenda as referidas reformas e que hoje mais do que nunca, perante a necessidade de se executar mais um plano de fomento, se impõem.

A este grandioso plano geral de reformas não nos referiremos. Limitar-nos-emos unicamente a apresentar algumas sugestões que talvez possam ser aproveitadas na organização do futuro plano de estudos de Física.

*

* *

No esquema, a seguir apresentado, partimos do princípio que uma reforma dum plano de estudos numa escola superior não pode nem deve ser definitiva. A todo o tempo deverá este ser actualizado e modificado de acordo com a elevação do nível científico que se espera conseguir obter e de acordo também com o progresso geral da ciência.

Devido ao prodigioso desenvolvimento da Física, observado nos últimos decénios e que o actual e caduco plano de estudos ignora, basta apontar os recentes capítulos base da Física: Relatividade, Quântica, Electrónica, etc., para destacar quão extensa deve ser hoje a formação dum físico. Além disso, estes novos capítulos necessitam numa nova ferramenta matemática para poderem ser convenientemente estudados. Por isso, não só se torna inevitável o desdobramento em duas da actual licenciatura, uma em Física outra em Química, mas também estas deverão ser prolongadas por mais um ano. Não se justificaria mantê-las em quatro anos, quando qualquer das licenciaturas

de engenharia dura seis anos. Nem a vastidão dos estudos de Física é menor do que a dos estudos de engenharia, nem o seu nível científico deverá ser inferior. Antes pelo contrário, o nível deverá ser nitidamente mais elevado e necessitará duma preparação matemática mais profunda e vasta. Por isso não exageraremos se fixarmos em cinco anos a futura licenciatura em Física.

Vejamos agora quais as disciplinas que deverão constitui-la e como estas se deverão distribuir pelos diferentes anos. Começemos pelas disciplinas de matemática. A preparação matemática dum físico deve ser hoje muito mais extensa do que era outrora, pois não só deve saber utilizar o cálculo diferencial e integral, mas também deve estar apto a manejar o cálculo tensorial, operacional, etc.. O ideal seria que da licenciatura em Ciências Físicas fizessem parte quase todas as disciplinas da secção de Matemática. Mas como esta solução não é viável, será necessário que na organização do novo plano de estudos se forneçam aos futuros físicos o maior número de conhecimentos matemáticos de que estes necessitam, sem que contudo o número destas disciplinas se torne incompatível com uma licenciatura em cinco anos. Como resolver o problema? Parece-nos que com duas cadeiras anuais de *Matemáticas Gerais para Físicos*, no primeiro e segundo ano do curso e uma de *Matemáticas Superiores para Físicos*, também anual, no terceiro, se conseguiria uma preparação matemática suficiente. Para que nestas disciplinas haja tempo para se poderem abordar a maior parte dos problemas matemáticos que os físicos deverão conhecer, será necessário dar-lhes *uma orientação bem diferente da que se costuma dar entre nas às disciplinas matemáticas*. Estes cursos deverão ser orientados no sentido de ensinar aos físicos a Matemática de que necessitam e se necessário fôr sacrificar-se-á um pouco o rigor da lógica, para haver tempo de abordar os

vários problemas matemáticos de interesse físico.

A distribuição destas três cadeiras pelos três primeiros anos permitira que no quarto e quinto anos se possam estudar em nível superior as diferentes disciplinas de Física. Além disso, as disciplinas de Electricidade e Termodinâmica do 3.º ano também já poderão ser estudadas num nível nitidamente superior ao do Curso Geral de Física, II Parte.

Como esboço dum futuro plano de estudos baseado nas considerações precedentes na hipótese de se manter o actual programa do ensino liceal, apresentamos o seguinte esquema.

1.º ANO

	Aulas teóricas	Aulas práticas	Total
Matemáticas Gerais para Físicos — 1.ª Parte .	3	4	7
Curso Geral de Química — 1.ª Parte.....	3	4	7
Curso Geral de Física — 1.ª Parte.....	3	4	7
Curso Geral de Desenho —	—	6	<u>6</u>
<i>Total por semana.....</i>			27 h.

2.º ANO

Matemáticas Gerais para Físicos — 2.ª Parte .	3	4	7
Curso Geral de Química — 2.ª Parte	3	4	7
Curso Geral de Física — 2.ª Parte	3	4	7
Cristalografia — 1.º Semestre	3	4	7
<i>Totais : 1.º Semestre.....</i>			28 h.
» 2.º Semestre			21 h.

3.º ANO

Matemáticas Superiores para Físicos.....	3	4	7
Mecânica Racional	3	4	7
Termodinâmica e Mec. Estatística.....	3	4	7
Electricidade	3	4	<u>7</u>
			28 h.

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. Acrescente-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...

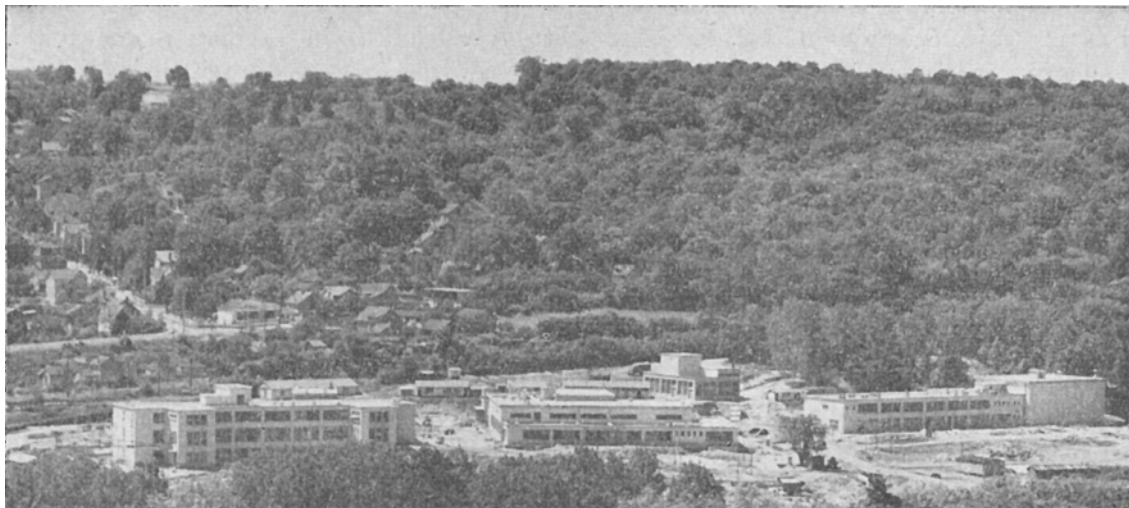
Na continuação das suas experiências respeitantes à acção das partículas sobre os elementos de baixo número atômico, os Joliot-Curie observaram que alguns destes elementos emitiam não só neutrões como também electrões positivos. Resolveram estudar se o limiar de energia das partículas α bombardeantes 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

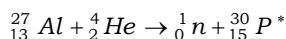
Quere dizer, o resultado do bombardeamento dos átomos de alumínio com partículas alfa, é a emissão de neutrões e a formação de um núcleo de fósforo diferente, aliás, do isótopo estável (número de massa 31). O isótopo de fósforo assim formado seria um elemento radioactivo que emitiria electrões positivos,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

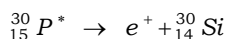


Vista aérea dos novos laboratórios de física nuclear da Faculdade de Ciências de Paris edificados em Orsay

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 sêco, 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.

Acerca do número de imagens dadas pelos espelhos planos inclinados entre si

1. Encontra-se, nos Compêndios de Física elementar, uma fórmula matemática destinada a calcular o número de imagens dadas por dois espelhos planos, inclinados entre si, relativamente a um objecto colocado entre eles. Obtém-se esse número de imagens (n) dividindo o número de graus da circunferência (360) pelo valor (α), em graus, do ângulo diedro que os espelhos formam entre si, e subtraindo uma unidade ao cociente obtido:

$$n = \frac{360}{\alpha} - 1$$

Se o referido ângulo diedro fôr, por exemplo, de 90° , divide-se 360 por 90, o que dá 4, e deste cociente subtrai-se uma unidade. O número de imagens será, neste caso, de 3.

Como o número de imagens fornecidas tem de ser, forçosamente, inteiro, logo se reconhece a reduzida utilidade daquela fórmula, que apenas poderá aplicar-se quando o valor do ângulo diedro dos espelhos fôr divisor de 360.

Quando o professor lecciona este assunto perante a sua turma, há sempre um aluno, ou mais do que um, que pretende saber qual é o número de imagens que se formam quando o ângulo diedro dos espelhos vale, por exemplo, 50° , ou 80° , ou, em suma, qualquer número de graus que não seja divisor de 360. Não sabemos que resposta dará o professor a esta pergunta. Falando por nós diremos que respondemos com hesitações e evasivas enquanto não tivemos oportunidade de conhecer a devida resposta. Agora, que julgamos conhecê-la, parece-nos útil comunicá-la a quem a desconheça.

2. O número de imagens fornecidas por dois espelhos planos, inclinados entre si, relativamente a um objecto colocado entre eles, depende de três factores:

- a) do valor do ângulo diedro que os espelhos formam entre si;
- b) do lugar que o objecto ocupa no campo limitado pelos espelhos;
- c) do lugar onde o observador se coloca para observar as imagens. ⁽¹⁾

Nas figuras que acompanham esta exposição representamos os espelhos planos por dois segmentos de recta, E_1 e E_2 , concorrentes num ponto O . O ângulo assim formado representará o ângulo diedro que os espelhos fazem entre si, os quais supomos serem normais ao plano do papel em que as figuras estão impressas. Representamos por P o objecto pontual de que os espelhos darão imagens. Como é sabido, todas as imagens pontuais formadas se situam numa circunferência de raio OP e centro em O . Chamamos «campo do objecto» ao sector circular que for limitado pelos raios que definem os espelhos E_1 , E_2 , dentro do qual se supõe colocado o objecto P . Quanto ao observador admitiremos que fará as suas observações servindo-se apenas de um dos olhos, o qual, depois de escolhido o seu ponto de observação, poderá olhar livre-

⁽¹⁾ Os compêndios de Física elementar costumam omitir estas duas condições, *b*) e *c*), as quais são indispensáveis, mesmo no caso de o valor do ângulo dos espelhos ser divisor de 360, pois nem sempre, mesmo neste particular, é válida a fórmula matemática anteriormente citada. Só nos recordamos de um Compêndio onde se apontam estas três condições como necessárias para se poder dizer qual é o número de imagens formadas (*Lições de Física Experimental*, do professor Xavier de Brito, Lisboa, 1950).

mente em todas as direcções em torno desse ponto de observação. O campo de observação é o mesmo campo do objecto.

3. Começaremos por considerar o caso limite em que o ângulo dos espelhos vale 180° . Nesta condição os espelhos ficam na continuação um do outro, e tudo se passará como se fossem um só. Obter-se-á, portanto, uma imagem. Este caso está de acordo com a referida fórmula matemática.

4. Suporemos agora que os espelhos formam entre si ângulos sucessivamente inferiores a 180° , imaginando, para isso, que os fazemos rodar em torno do segmento de recta da sua intersecção. Considerando a figura no papel (fig. 1), imaginaremos que os segmentos E_1 e E_2 rodam em torno da sua intersecção O .

Assim que iniciarmos esse movimento de rotação, logo que os espelhos deixam de

situado entre E_1 e B (prolongamento de E_2); e nunca E_1 e E_2 poderão ser vistas simultaneamente. Se o observador se situar

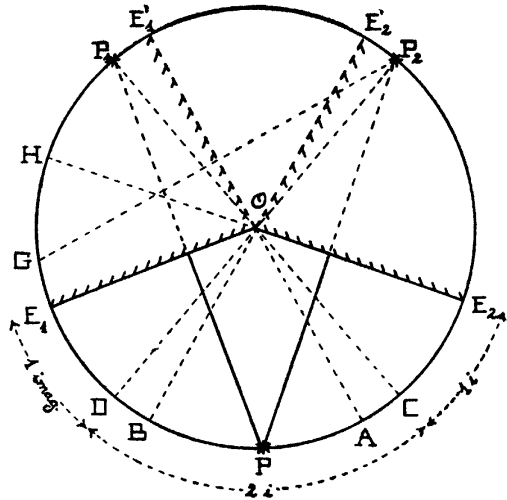


Fig. 2

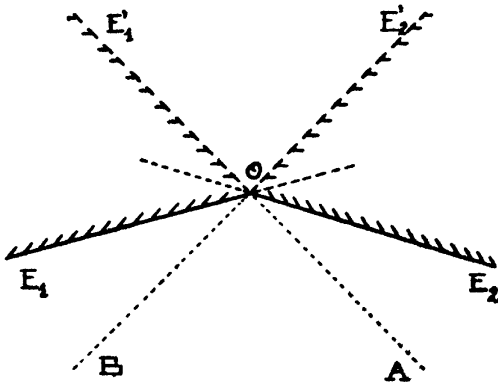


Fig. 1

estar na continuação um do outro (180°), imediatamente se torna possível observar a imagem E_1' (fig. 1) do espelho E_1 , dada por E_2 , assim como a imagem E_2' do espelho E_2 , dada por

É claro que estas imagens virtuais dos espelhos não podem ser vistas de qualquer lugar do campo de observação. A imagem E_1' só pode ser vista do sector situado entre E_2 e A (prolongamento de E_1'); a imagem E_2' só pode ser vista do sector

entre A e B não poderá ver nenhuma das imagens, E_1' ou E_2' .

5. Consideremos então o objecto pontual P , situado entre E_1 e E_2 , e vejamos qual o número de imagens que os espelhos poderão assim fornecer. O ângulo dos espelhos escolhido para o exemplo da fig. 2, é de 140° . Para facilitar as conclusões vamos supor dois casos: a) que P está situado, na bissectriz do ângulo dos espelhos; b) que P está colocado fora dessa bissectriz.

a) — P está situado na bissectriz (fig. 2).

O espelho E_1 dá a imagem P_1 de P , e o espelho E_2 dá a imagem P_2 do mesmo P . Estas imagens, P_1 e P_2 , não são porém visíveis de todos os lugares em que o observador posse; estar colocado. De facto a imagem P_1 não pode ser vista do sector COE_2 (reparando em que OC é o prolongamento de OP_1), assim como a imagem P_2 não pode ser vista do sector DOE_1 (pois OD é o prolongamento de OP_2). Assim, considerando P na bissectriz, ver-se-á ape-

nas 1 imagem. (P_1) quando, se olhar entre E_1D ; ver-se-ão 2 imagens (P_1 e P_2) quando se olhar entre DC ; e novamente só 1 imagem (P_2) quando se olhar entre CE_2 .

Quanto aos espelhos virtuais E'_1 e E'_2 nunca podem (com P na bissetriz) dar imagens das imagens P_1 ou P_2 . A imagem que E'_1 daria de P_2 (de P_1 não poderia dar porque está «de costas» para ela) ficaria (em G) fora do possível campo de observa-

P_2 se formar suficientemente perto de E'_1 (fig. 3) já poderá suceder que a sua nova imagem (P_3), dada por E'_1 , venha cair dentro do campo de observação. É o que sucede quando P está situado fora da bissetriz do ângulo dos espelhos reais, E_1 , E_2 , suficientemente perto de E_1 , conforme mostra a figura 3. Nestas condições poderá o observador, conforme a região do campo em que se colocar, ver 1 imagem (P_1), 2 (P_1, P_2) ou 3 (P_1, P_2, P_3).

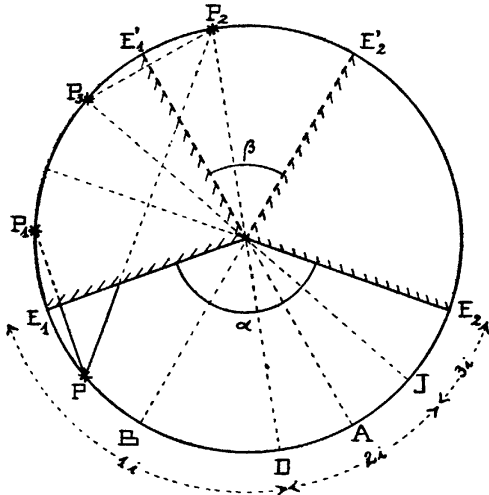


Fig. 3

ção. De facto o espelho E'_1 só pode ser visto pelo observador colocado entre A e E_2 , região esta a que corresponde uma zona virtual visível entre E'_1 e H . O ponto G está fora dessa zona.

Analogamente, também E'_2 não pode formar imagem de P_1 .

Em resumo: com P situado na bissetriz podem observar-se ou 1 ou 2 imagens, respectivamente P_1 ou P_2 , e P_1 e P_2 .

b) — O objecto P está situado fora da bissetriz (fig. 3).

Mostrámos, na figura antecedente, que o espelho virtual E'_1 (e análogamente diríamos de E'_2) não pode formar uma nova imagem (P_3) de P_2 porque ela iria cair num ponto (G) situado fora do possível campo de observação CE_2 . Porém, se a imagem

6. Chegámos às conclusões anteriores tomando para exemplo um ângulo diedro dos espelhos de 140° . Estas mesmas conclusões são extensíveis a todos os valores que vão de 180° a 120° (com exclusão dos valores extremos).

Dissemos, no § 4, que assim que o ângulo dos espelhos começa a diminuir a partir de 180° , imediatamente se torna possível observar as imagens virtuais, E'_1 e E'_2 , de E_1 e E_2 . Designemos por α (fig. 3) o ângulo dos espelhos E_1 e E_2 , e por β o ângulo das suas imagens E'_1 e E'_2 . À medida que α diminui, também β diminui, como se reconhece considerando as figuras 2 e 3, e β anula-se quando $\alpha = 120^\circ$, isto é, à medida que o ângulo dos espelhos diminui desde 180° até 120° , os espelhos virtuais vão-se aproximando um do outro até coincidirem quando $\alpha = 120^\circ$, o que é, naturalmente, uma consequência da simetria das imagens fornecidas pelos espelhos planos, fácil de demonstrar geometricamente.

7. Em resumo: quando o valor do ângulo dos espelhos estiver compreendido entre 180° e 120° ($180^\circ > \alpha > 120^\circ$) podem observar-se 1, 2 ou 3 imagens de um objecto colocado entre eles, o que depende da localização do objecto e da do olho do observador.

8. Consideremos agora $\alpha = 120^\circ$ e separemos este caso também em dois, conforme P está situado ou não na bissetriz daquele ângulo.

a) — *P* está situado na bissetriz (Fig. 4).
 Formam-se, neste caso, apenas 2 imagens, P_1 e P_2 , dispostas nos vértices de um

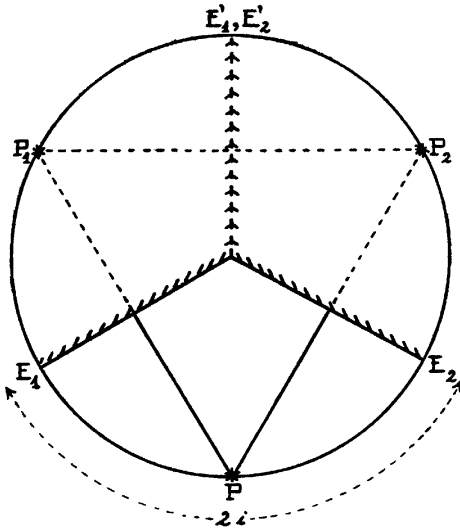


Fig. 4

triângulo equilátero cujo terceiro vértice é ocupado pelo objecto. A imagem de P_1 , que seria dada pelo espelho virtual E'_2 ; coincide com P_2 ; e a de P_2 que seria dada por E_1 , coincide com P_1 . Neste caso, qualquer que seja a posição em que o Observador se coloque, o número de imagens formadas é sempre 2.

b) — *P* não está situado na bissetriz (fig. 5)

Desde que o objecto *P* saia da bissetriz já as imagens de P_1 e de P_2 , que os espelhos virtuais, E'_1 e E'_2 , dariam, deixam de ser coincidentes respectivamente com P_2 e P_1 . Formar-se-ão assim novas imagens P_3 (de P_1) e P_4 (de P_2) que, aliás, não podem ser observadas simultaneamente. Se *P* ficar à esquerda da bissetriz (fig. 5) poderá ver-se a imagem P_4 de P_2 ; se ficasse à direita, poder-se-ia ver a imagem P_3 de P_1 .

Conforme a posição do observador o número de imagens observadas poderá ser 1 (P_1), com o observador entre E_1 e *A*

(pois *OA* é o prolongamento de OP_2); 2 (P_1 e P_2) entre *A* e *B*; e 3 (P_1 , P_2 , P_4) entre *B* e E_2 .

9. Em resumo: quando o valor do ângulo dos espelhos é de 120° podem observar-se 1, 2 ou 3 imagens de um objecto colocado entre eles. Em particular, se o objecto estiver colocado na bissetriz dos espelhos ver-se-ão sempre 2 imagens (fig. 4), qualquer que seja a posição do observador. Esta particularidade corresponde ao resultado obtido quando se emprega a fórmula do § 1.

10. Continuando a diminuir o valor do ângulo α dos espelhos (fig. 6) sucederá que os espelhos virtuais E'_1 e E'_2 (que eram coincidentes nos 120° , figs. 4 e 5) deixam de coincidir afastando-se um do outro como se continuassem o movimento de rotação (em torno de *O*) que vinham sofrendo desde que o ângulo α começou a diminuir a partir de 180° . Em virtude deste movimento os

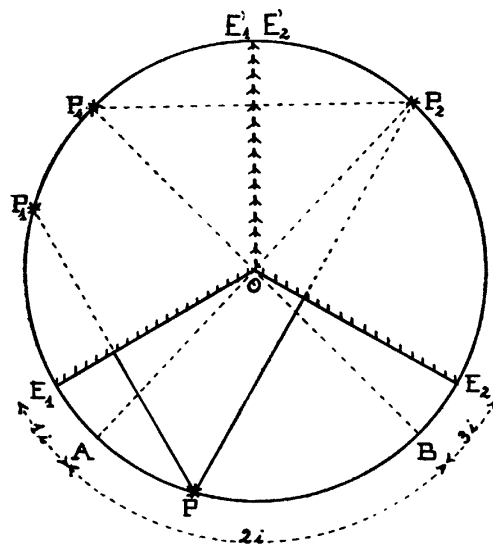


Fig. 5.

espelhos virtuais ficam agora «de costas» um para o outro (fig 6), enquanto no caso da figura 3 estavam «de frente» um para o outro. Daqui resulta que agora o observador pode ver *simultaneamente* os dois espelhos virtuais, E'_1 e E'_2 , enquanto anterior-

mente só podia ver ou um ou outro, consoante o lugar que ocupasse no seu campo de observação.

A fig. 6 exemplifica o que então se passa, recorrendo a um ângulo $\alpha = 100^\circ$. Como anteriormente consideraremos dois casos: o do objecto estar situado na bissectriz, e o de não estar.

a) — *P está situado na bissectriz (fig. 6).*

Como a figura mostra as imagens P_1 e P_2 podem ser vistas de qualquer ponto do campo de observação, o que já não sucede com P_3 e P_4 . A imagem P_3 só se observa dentro do sector AOE_1 , e P_4 só se observa dentro do sector BOE_2 . Neste caso, portanto, podem ver-se 2 ou 3 imagens, que

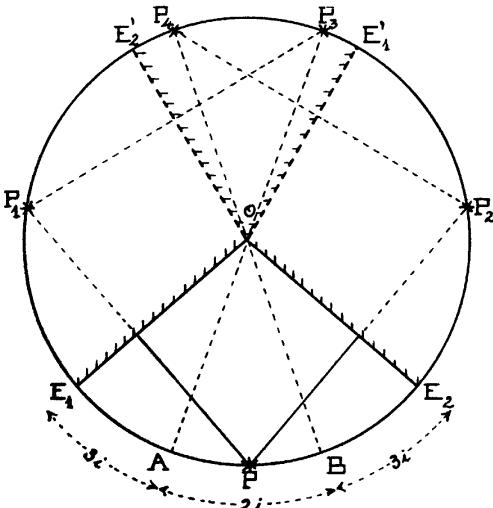


Fig. 6

são: P_1, P_2, P_3 , entre E_1 e A; P_1 e P_2 , entre A e B; P_1, P_2, P_4 , entre B e E_2 .

b) — *P está situada fora da bissectriz (fig. 7).*

Como se vê pela figura 7 tudo se passa como anteriormente apenas com a diferença de que os sectores E_1A, AB e BE_2 ocupam superfícies diferentes. Acrescentaremos aqui somente um pormenor. O sector E_1OA , dentro do qual se tem que olhar para poder ver a imagem P_3 (e então vêem-se

P_1, P_2, P_3) é tanto mais estreito quanto mais o objecto P estiver afastado da bissectriz do ângulo α dos espelhos. Sendo assim, se aproximarmos P de E_1 haverá um momen-

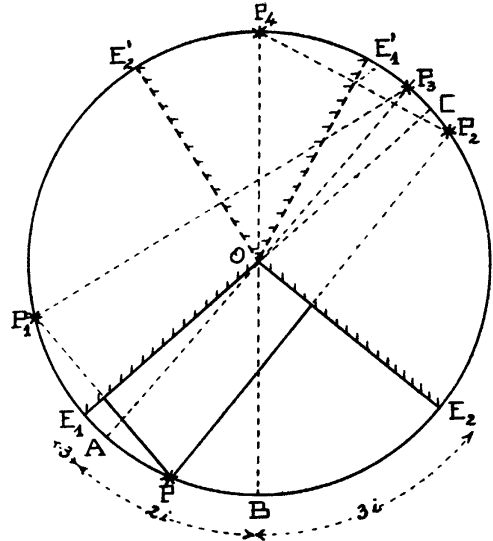


Fig. 7

to em que A coincide com E_1 (estará então a imagem P_3 em C, sendo OC prolongamento de OE_1 , e esse será o limite da observação de P_3 . Portanto, para as posições de P perto de E_1 ver-se-ão apenas 2 imagens (P_1 e P_2) entre E_1 e o ponto que então corresponde a B, e ver-se-ão 3 imagens (P_1, P_2, P_4) nas restantes posições, de B a E_2 .

11. Continuando a diminuir o ângulo α dos espelhos as imagens E_1' e E_2' continuam a afastar-se uma da outra até ficarem normais entre si (fig. 8). Neste momento também os espelhos E_1 e E_2 estarão normais entre si, e as imagens virtuais dos espelhos ficarão no prolongamento dos próprios espelhos. Será $\alpha = 90^\circ$. Nestas condições as imagens P_3 e P_4 coincidem e o observador vê 3 imagens (P_1, P_2 e P_3P_4) quer o objecto esteja na bissectriz quer não esteja, e qualquer que seja o lugar em que o observador se coloque para ver as imagens. Estas ficarão situadas nos vértices de um quadrado (se P estiver na bissectriz,

fig. 8) ou no de um rectângulo (se P estiver fora da bissectriz, fig. 9).

Este caso é, portanto, um dos que correspondem ao possível emprego da fórmula indicada no § 1, pois 90 é divisor de 360 .

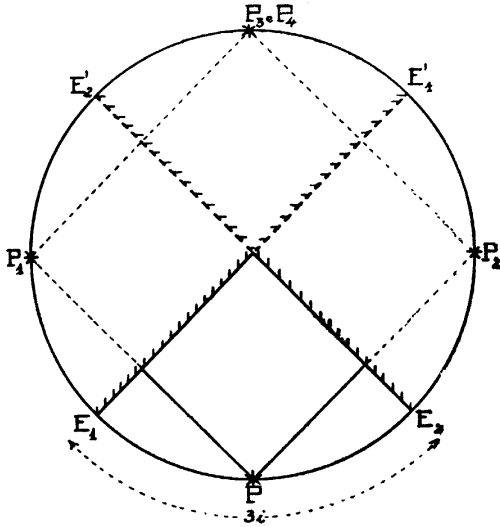


Fig. 8

12. Resumindo: quando o valor do ângulo dos espelhos está compreendido entre 120° (exclusive) e 90° (exclusive) podem observar-se

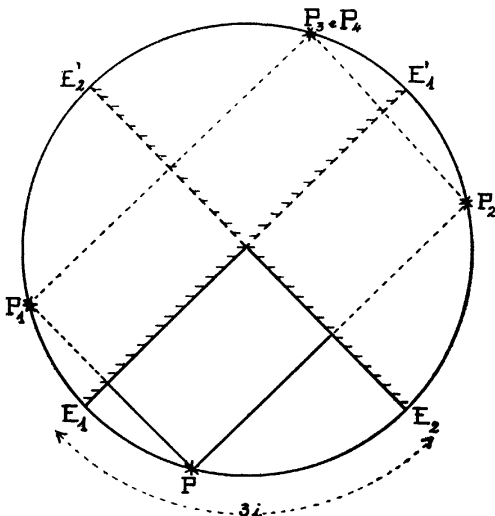


Fig. 9

2 ou 3 imagens de um objecto colocado entre eles. Quando o valor do ângulo é de 90° observam-se sempre 3 imagens quaisquer que sejam

as posições do objecto e do observador, caso este que corresponde ao da fórmula do § 1.

13. Apareceram-nos já dois casos em que o ângulo α é divisor de 360 (caso dos 120° e dos 90°) correspondentes a possíveis aplicações da fórmula do § 1. Há, entretanto, uma diferença que distingue esses dois casos. Quando o ângulo é de 120° é possível observarem-se 1, 2 ou 3 imagens (§§ 8 e 9) conforme as posições do objecto e do observador; quando o ângulo é de 90° vêem-se sempre 3 imagens, quaisquer que sejam as posições do objecto e do observador.

14. Continuemos a diminuir o ângulo dos espelhos, considerando, por exemplo, $\alpha = 80^\circ$ (fig. 10).

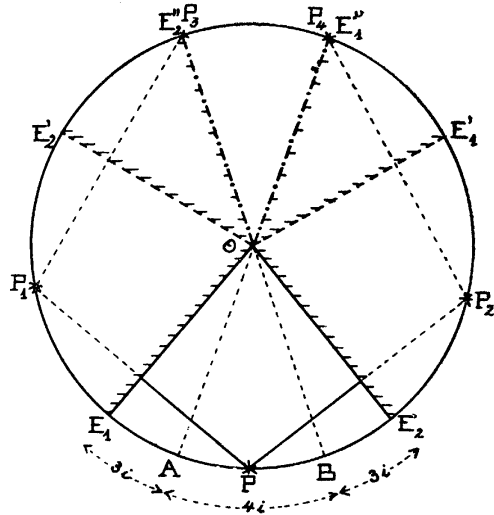


Fig. 10

Vão agora começar a repetir-se situações idênticas às que estudámos anteriormente. Para $\alpha = 90^\circ$ os espelhos virtuais, E_1' e E_2' , ficavam, como vimos, nos prolongamentos dos respectivos espelhos reais, E_1 e E_2 ; mas assim que α começa a diminuir, logo aquelas imagens virtuais saem dos prolongamentos em que estavam e começam a produzir novas imagens virtuais nos espelhos reais E_1 e E_2 . Repare-se na fig. 10 em que $\alpha = 80^\circ$. O espelho virtual E_2' dá, em E_2 ,

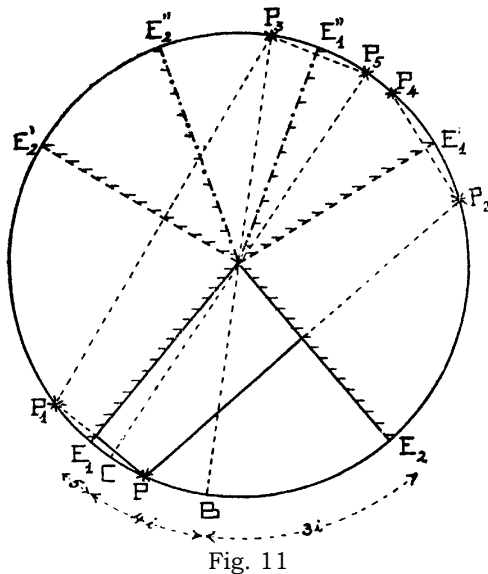
uma nova imagem virtual E''_2 , assim como E'_1 dá, em E_1 , uma nova imagem virtual E''_1 .

Temos agora, portanto, dois espelhos reais (E_1, E_2) e quatro espelhos virtuais (E'_1, E'_2, E''_1, E''_2). Os espelhos virtuais E'_1 e E'_2 , que estão «de frente» para o observador, são vistos sempre de qualquer lugar do campo, mas os novos espelhos virtuais, E''_1 e E''_2 , que estão «de costas» para o observador, só são vistos de certos lugares. E''_1 só é visto do sector E_1OA ; E''_2 só é visto do sector E_2OB .

Dito isto, vejamos qual o número de imagens que podem ser observadas, seguindo a mesma ordenação dos casos anteriores.

a) P está situado na bissetriz (fig. 10).

Como OA é o prolongamento de OP_4 a imagem P_4 deixa de se ver quando se olha



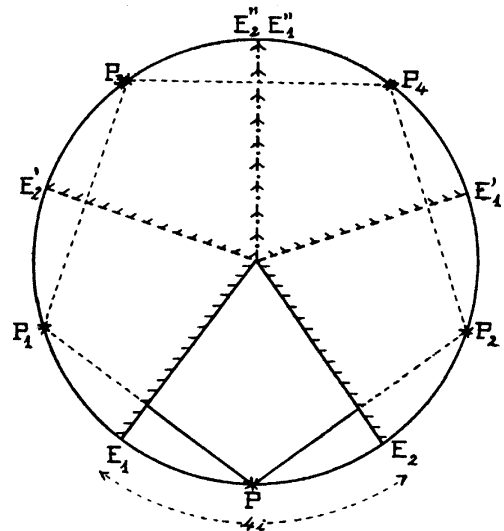
dentro do sector E_1OA , e análogamente para a imagem P_3 relativamente ao sector E_2OB . Portanto, como a figura mostra, vêem-se 3 imagens (P_1, P_2, P_3) olhando entre E_1 e A ; 4 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4) olhando entre A e B ; e 3 imagens (P_1, P_2, P_4) olhando entre B e E_2 . Repare-se em que a imagem P_3 (ou P_4) pode vir a dar uma nova imagem, P_5 (ou P_6) no espelho virtual E''_1 (ou E''_2) que está de frente para

ela. No caso da figura 10 isto não pode verificar-se porque qualquer dessas possíveis imagens, P_5 ou P_6 , ficaria fora do campo de observação. Se, porém, o objecto estiver fora da bissetriz, próximo de qualquer dos espelhos reais (E_1 ou E_2) já isto poderá acontecer. É o caso que se segue.

b) P está situado fora da bissetriz

A figura 11 apresenta este caso em que é possível a observação de cinco imagens. Entre E_1 e C vêem-se 5 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5); entre C e B , vêem-se 4 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4); entre B e E_2 , vêem-se 3 imagens (P_1, P_2, P_4).

15. Se continuarmos agora, a diminuir o valor do ângulo α dos espelhos (íamos em a 80°), irá diminuindo também o ângulo que fazem entre si os dois novos espelhos virtuais, E''_1 e E''_2 . Quando o ângulo α atingir 72° haverá coincidência destes dois espelhos (fig. 12). O objecto P , colocado



na bissetriz dos espelhos E_1 e E_2 , formará então 4 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4) situadas nos vértices de um pentágono regular, e ver-se-ão sempre as quatro imagens qualquer que seja a posição que o observador ocupe. Estamos assim novamente num caso

relativo à formula do § 1, pois 72 é divisor de 360.

Se, porém, o objecto P estiver colocado fora da bissectriz dos espelhos (fig. 13) po-

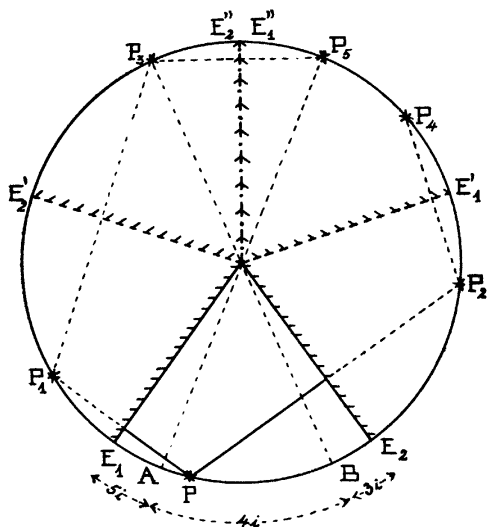


Fig.13

derá suceder que se veja mais uma imagem, a qual será a imagem P_5 de P_3 dada por E''_1 , ou então a imagem P_6 de P_4 dada por E''_2 , conforme o objecto P estiver para a esquerda ou para a direita da bissectriz considerada. Neste caso, como a figura mostra, ver-se-ão 5 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5), olhando entre E_1 e A ; 4 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4) olhando entre A e B ; e 3 imagens (P_1, P_2, P_4), olhando entre B e E_2 .

16. Resumindo: quando o valor do ângulo dos espelhos está compreendido entre 90° (exclusive) e 72° (exclusive) podem observar-se 3, 4 ou 5 imagens conforme as posições do objecto e do observador. Quando o valor do ângulo é de 72° podem igualmente observar-se 3, 4 ou 5 imagens. Como caso particular observar-se-ão apenas 4 imagens (para $\alpha = 72^\circ$) qualquer que seja a posição do observador, quando objecto estiver colocado na bissectriz dos espelhos.

17. Continuando a diminuir o valor de α , a partir dos 72° , (fig 14), os espelhos virtuais, E''_1 e E''_2 , começam a afastar-se entre si, «de costas» um para o outro.

Tomemos, para exemplo, o ângulo de 66° . Como a fig. 14 mostra, quando o objecto P está situado na bissectriz do ângulo dos espelhos reais, podem observar-se 4 ou 5 imagens, Vêem-se 5 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5) quando se olha entre E_1 e A ; 4

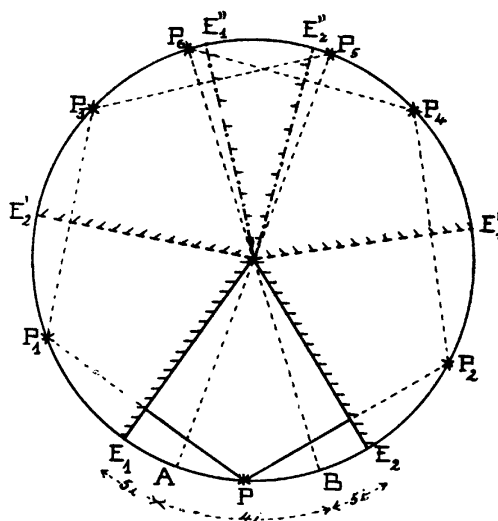


Fig. 14

imagens (P_1, P_2, P_3, P_4), entre A e B ; e 5 imagens (P_1, P_2, P_3, P_4, P_6), quando se olha entre B e E_2 .

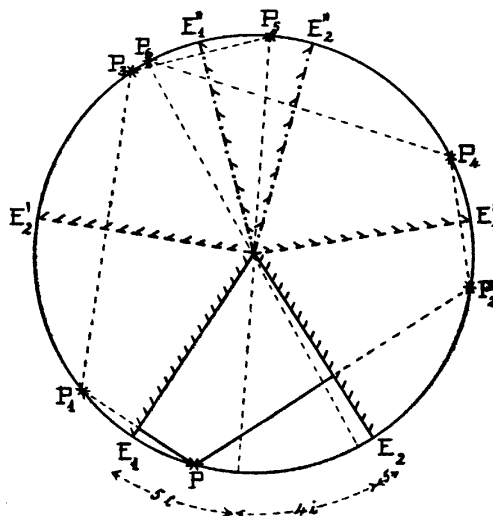


Fig. 15

Se P estiver situado fora da bissectriz (fig. 15) poderão observar-se, análogamente, 4 ou 5 imagens, conforme a figura mostra.

18 — Continuando ainda a diminuir o valor do ângulo α (fig. 16), continuarão a afastar-se os espelhos virtuais, E''_1 e E''_2 , até que, para α igual a 60° , se colocam no prolongamento dos espelhos reais, E_1 e E_2 . Nestas condições, o objecto P colocado na bissectriz, do ângulo dos espelhos dá 5 imagens ($P_1, P_2, P_5, P_4, P_{5,6}$) situadas nos vértices de um hexágono regular. Estas cinco imagens são sempre visíveis, qualquer que seja o lugar em que o observador se coloque.

Se P estiver fora da bissectriz, as cinco imagens ficam nos vértices de um hexágono

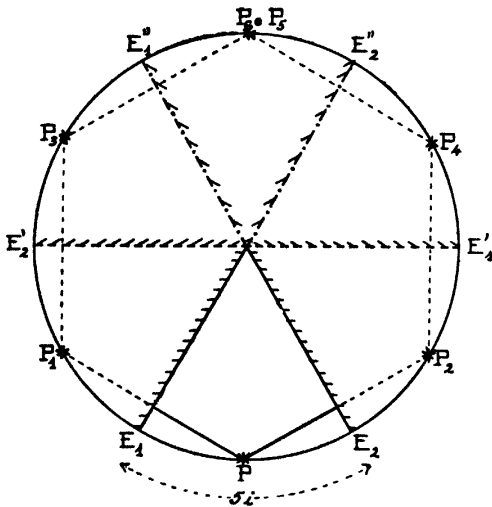


Fig.16

irregular, e são todas sempre observáveis qualquer que seja a posição do observador.

19. Resumindo: quando o valor do ângulo dos espelhos está compreendido entre 72° (exclusive) e 60° (exclusive) podem observar-se 4 ou 5 imagens conforme as posições do objecto e do observador. Quando o valor do ângulo é de 60° observam-se sempre 5 imagens, independentemente das posições do objecto e do observador.

20. Façamos um resumo geral dos resultados observados.

Ângulo dos espelhos (α)	Número de imagens (n)
180°	1
$180^\circ > \alpha > 120^\circ$	1, 2, 3
120°	1, 2, 3
$120^\circ > \alpha > 90^\circ$	2, 3
90°	3
$90^\circ > \alpha > 72^\circ$	3, 4, 5
72°	3, 4, 5
$72^\circ > \alpha > 60^\circ$	4, 5
60°	5

Por indução, poderíamos continuar este quadro do seguinte modo

Ângulo dos espelhos (α)	Número de imagens (n)
$60^\circ > \alpha > \frac{360^\circ}{7}$	5, 6, 7
$\frac{360^\circ}{7}$	5, 6, 7
$\frac{360^\circ}{7} > \alpha > 45^\circ$	6, 7
45°	7

o que se verificaria experimentalmente e geomêtricamente.

Conclusões

21. Da apreciação destes resultados concluímos que a fórmula matemática usada no ensino liceal (§1) para conhecer o número de imagens dadas pelos espelhos planos inclinados, qualquer que seja a posição do objecto e do observador, só é válida quando os espelhos fizerem entre si um ângulo cujo, valor seja $\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{6}, \frac{1}{8}, \dots$ de 360° , isto é, uma fracção $\frac{360^\circ}{N}$ em que N é um número par (o que corresponde a $180^\circ, 90^\circ,$

60°, 45°,...). Esse número de imagens corresponde ao número $N - 1$, e é sempre, portanto, um número ímpar.

Quando o valor do ângulo dos espelhos for $\frac{1}{3}, \frac{1}{5}, \frac{1}{7}, \dots$ de 360° isto é uma fracção $\frac{360^\circ}{N}$ em que N seja um número ímpar (o que corresponde a $120^\circ, 72^\circ, \frac{360^\circ}{7} \dots$), a formula matemática do § 1 servirá também para conhecer o número de imagens formadas *mas só no caso particular* de o objecto (pontual) estar situado na bissectriz do ângulo dos espelhos (§ § 9 e 16), sendo então esse número de imagens independente do lugar onde o observador estiver colocado.

Querendo generalizar diremos que o número de imagens formadas pode ser sempre dado pela fórmula do § 1, quando α for

divisor de 360° , e o objecto (pontual) estiver situado na bissectriz do ângulo dos espelhos (para qualquer posição do observador).

22. Se o valor do ângulo dos espelhos não for divisor de 360° , as regras mais simples que conseguimos extrair do quadro anterior (§ 20) são as seguintes:

Dado o ângulo α dos espelhos (em que α não é divisor de 360°) divide-se 360° por α e consideramos apenas a parte inteira do cociente obtido, à qual chamaremos N . Se N for par, o número de imagens observáveis, poderá ser $N - 1, N$, ou $N + 1$, conforme as posições do objecto e do observador; se N for ímpar, o número de imagens observáveis poderá ser $N - 1$ ou N .

RÓMULO DE CARVALHO

Professor metodólogo no Liceu Normal de Lisboa (Pedro Nunes)

Algumas utilizações científicas dos satélites artificiais

Estamos a viver actualmente nos princípios da era dos satélites artificiais da Terra, e uma das questões que mais interessa considerar é a da avaliação dos benefícios que o lançamento de satélites artificiais, traz para o alargamento dos conhecimentos científicos.

Além das dificuldades de carácter técnico que têm de ser resolvidas para que o lançamento de um satélite seja coroado de êxito, ainda é necessário escolher cuidadosamente quais os problemas científicos a investigar, visto que as dimensões dos satélites são limitadas, de modo a instalar convenientemente os instrumentos utilizados nas referidas investigações.

Algumas das utilizações científicas dos satélites referem-se ao estudo das radiações de origem extra-terrestre que são absorvidas ou modificadas quando entram na atmosfera terrestre. Para termos uma ideia da importância destes estudos, consideremos

separadamente o caso das radiações luminosas e o caso das radiações corpusculares. No caso das radiações luminosas a fig. 1,

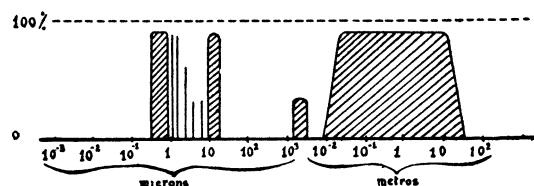


Fig. 1

em que se encontram marcados em abscissas os c. d. o. e em ordenadas a transparência da atmosfera, mostra-nos imediatamente quais são os c. d. o. que se podem observar à superfície da Terra. Verifica-se assim que só existem duas regiões que apresentam transparência apreciável a estas radiações e que estão situadas uma na região visível e infravermelha do espectro e a outra na região correspondente aos c. d. o. da T. S. F.

Para os c. d. o. inferiores a 0,5 microns existe uma absorção atômica e molecular que não permite observar a região ultravioleta e dos raios X.

Além de 0,7 microns verifica-se uma absorção molecular devida à presença de vapor de água, anidrido carbônico e ozono na atmosfera; no entanto, encontram-se duas regiões relativamente transparentes, pró-

virtude dos factos indicados. O estudo dos c. d. o. desde os raios γ até às ondas longas da T. S. F. poderá revelar uma estrutura física do universo bastante diferente daquela que é actualmente conhecida, o que só se poderá fazer utilizando satélites artificiais. Consideremos agora as radiações corpusculares e também os corpos sólidos provenientes do espaço galáctico. Representando

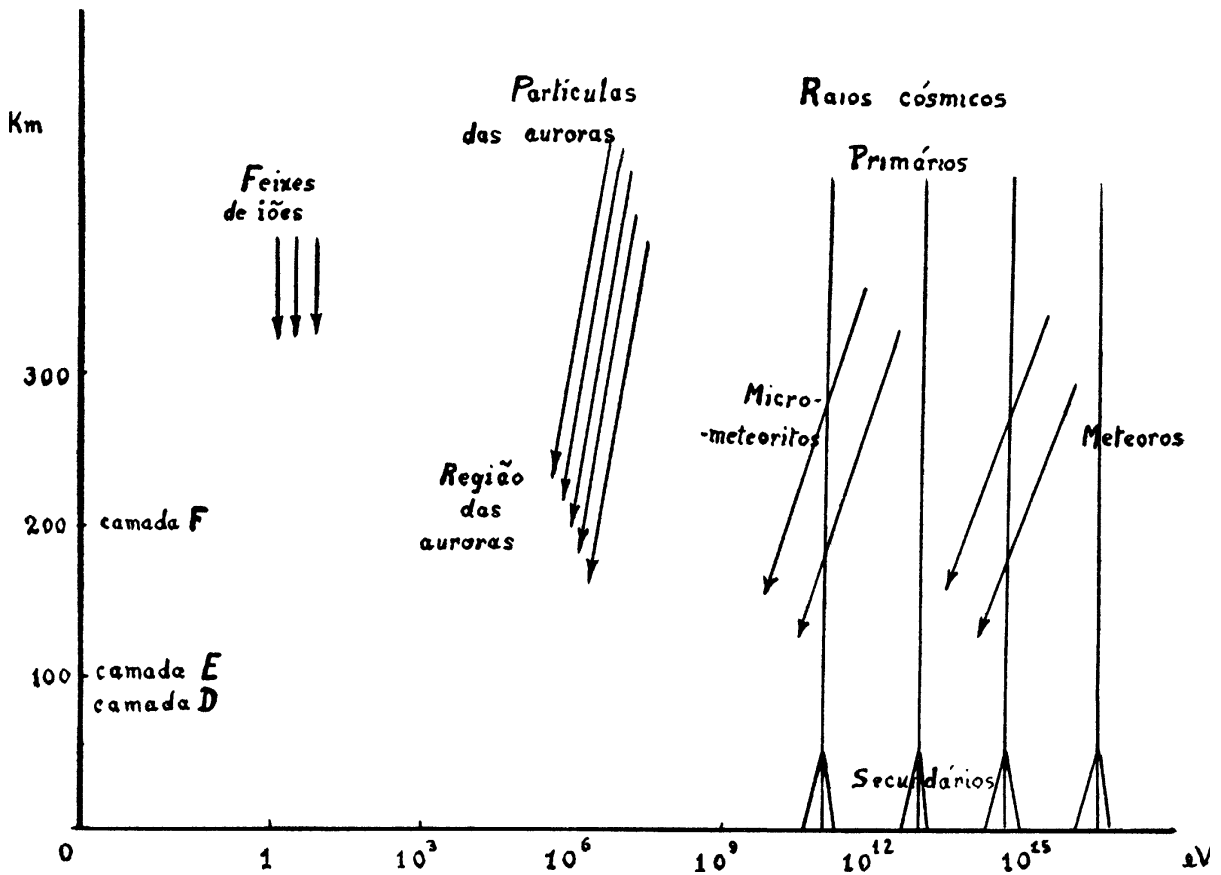


Fig. 2

ximo de 10 microns e de 10³ microns (micro-ondas da T. S. F.).

Quando as radiações têm c. d. o. superiores a várias dezenas de metros, verifica-se que não se observam à superfície da Terra em virtude da reflexão nas camadas ionizadas da alta atmosfera.

Verifica-se assim que o conhecimento actual da distribuição das radiações luminosas no universo é bastante restrito em

em abscissas a energia (em electrões-volts) de que as partículas estão animadas e em ordenadas a altitude (em km.) contada a partir da superfície terrestre, a fig. 2 dá-nos uma ideia do efeito que a atmosfera exerce não só nestas radiações como também nos corpos provenientes do espaço galáctico.

Sabe-se que as radiações corpusculares de grande energia (raios cósmicos primários) não conseguem penetrar muito na atmos-

fera sem sofrerem colisões com os elementos que constituem a nossa atmosfera, conseguindo-se somente observar os raios cósmicos secundários provenientes destas colisões.

As partículas elementares que provocam as auroras polares, não conseguem penetrar além das camadas superiores da atmosfera. Os corpúsculos provenientes do espaço extraterrestre, de energia compreendida entre a dos raios cósmicos e a das partículas responsáveis pelas auroras polares, não têm sido detectados.

Se os corpúsculos vêm animados de pequena energia só se consegue detectar a sua presença no caso de virem em feixes e desde que provoquem variações do campo magnético terrestre.

Na categoria dos corpos sólidos provenientes do espaço galáctico podemos incluir, por ordem crescente de massa, as partículas de poeira, os micrometeoritos, os meteoritos e os meteoros. De todos estes corpos só se conseguem observar os meteoritos e meteoros, em virtude dos fenômenos luminosos e de ionização a que dão origem.

Pelo que acabamos de escrever, verifica-se que a acção da atmosfera terrestre é ainda mais importante no caso das radiações corpusculares do que para as radiações luminosas.

As utilizações científicas dos satélites artificiais podem-se agrupar, para maior facilidade de exposição, em utilizações de carácter astronómico e astrofísico, geofísico e meteorológico. Vamos descrever seguidamente alguns dos problemas cuja resolução será facilitada pela existência de satélites artificiais.

I — Problemas astronómicos e astrofísicos

Uma das maiores dificuldades encontradas nos estudos de Astronomia resulta da existência da atmosfera terrestre.

Nos estudos referentes ao Sol as radiações que mais interessam considerar vão desde o ultravioleta até aos raios X moles;

umas das características já conhecidas das radiações ultravioletas do Sol é o facto da sua grande variabilidade. Deste modo supõe-se que o Sol se comporta como uma estrela variável para a radiação ultravioleta ao passo que na região visível do espectro apresenta constância apreciável.

Sabendo-se a influência importante que a radiação ultravioleta tem nas camadas superiores da atmosfera, produzindo as camadas reflectoras das ondas de T. S. F. e inúmeras reacções foto-químicas, verifica-se a vantagem de conhecer as variações desta radiação. Merece interesse especial a risca H_{α} de 1216 Å onde está concentrada a maior parte da energia ultravioleta emitida pelo Sol.

Durante períodos de grande actividade solar tem-se verificado que a coroa emite raios X mas nada se sabe acerca da sua variação no decurso do tempo. Também não existem dados acerca dos raios X duros e dos raios γ provenientes do Sol.

A partir da risca H_{α} de 1216 Å também será possível determinar a distribuição dos átomos de hidrogénio no espaço, pela observação da radiação de ressonância do mesmo c. d. o. produzida por estes átomos quando iluminados pelo Sol.

Os instrumentos apropriados para a observação das radiações ultravioletas e raios X podem ser contadores de fótons, mas sendo essencial que estes instrumentos estejam sempre dirigidos para o Sol.

A temperatura do satélite será devida quase exclusivamente às radiações absorvidas e emitidas visto que a transferência de calor a tão fracas densidades, apesar da alta velocidade do satélite, pode-se desprezar. Deves-se notar a possibilidade de que as radiações emitidas podem variar por causa das modificações da superfície do satélite em virtude de estar sujeita a colisões com fótons, iões, moléculas, átomos e micrometeoritos. As colisões indicadas provocam a erosão da superfície exterior e das janelas dos vários detectores transportados.

Por isso convém fazer experiências para se determinar o efeito destas colisões.

As observações referentes aos corpos sólidos provenientes do espaço galáctico têm grande interesse para a determinação do papel que desempenham na geofísica da atmosfera, na estrutura da ionosfera, na luz zodiacal, na iluminação do céu nocturno, etc. Além disso, a colisão das partículas sólidas de maiores dimensões com o satélite, poderão provocar variações na sua posição e também afectar algumas das experiências que se pretendam efectuar.

O seguinte quadro dá-nos uma indicação acerca das dimensões das partículas sólidas existentes no espaço:

Tipo das partículas	Massa	Raio
Partículas que atingem o solo	10^4 g	8 cm
Partículas desintegradas nas camadas superiores da atmosfera . . .	10^3 a 10^{-4} g	4 a 0,008 cm
Micrometeoritos	10^{-9} a 10^{-12} g	4 a 0,4 μ .
Partículas provavelmente afastadas do sistema solar pela pressão de radiação	10^{-13} g	0,2 μ

Verifica-se assim a necessidade de determinar a massa e densidade no espaço interplanetário destas partículas, podendo-se utilizar um processo baseado na energia acústica originada pelas colisões, por meio de microfones.

II — Problemas geofísicos

O conhecimento da densidade da atmosfera a grandes altitudes é bastante incerto e só a utilização de foguetões e de satélites poderá contribuir para o seu melhor conhecimento. A vantagem dos satélites em relação aos foguetões resulta do facto do tempo de observação disponível ser muito maior.

Um dos processos para a determinação dos valores da densidade, baseia-se na ava-

liação da turbulência provocada pela passagem do satélite pelas altas camadas da atmosfera. Outros processos de determinação da densidade atmosférica baseiam-se nas variações que sofre a órbita do satélite, em virtude da densidade diferente das diversas camadas que o satélite atravessa.

As regiões da atmosfera que os primeiros satélites têm atravessado estão situadas a altitudes desde 400 a 1000 km aproximadamente. Supõe-se que nestas regiões a pressão varia de 10^{-10} a 10^{-8} mmHg e que a densidade varia de 10^6 a 10^8 partículas/cm³. O melhor conhecimento destas grandezas físicas depende do número de satélites utilizados para estas determinações.

Observações recentes, feitas por processos rádio-astronómicos, mostraram a existência de feixes de corpúsculos electrizados provenientes do Sol, quando se dão erupções solares. A natureza destes feixes e o mecanismo exacto pelo qual causam tempestades magnéticas, auroras polares, etc., ainda não estão suficientemente explicados.

As utilizações dos satélites nestes estudos podem-se agrupar em duas categorias:

1.^a Intersectando as partículas responsáveis pelas auroras, pode-se determinar a sua natureza e intensidade, a distribuição geográfica e as suas variações com o tempo. Desde que a órbita do satélite passe pelos polos também se poderia obter a distribuição global destas partículas.

2.^a Estudando o campo magnético acima das camadas condutoras da ionosfera, obter-se-ia uma melhor ideia dos efeitos primários das partículas responsáveis pelas tempestades magnéticas visto que os efeitos magnéticos observados à superfície da Terra são modificados pela ionosfera.

O estudo das tempestades magnéticas e das auroras também tem bastante importância prática, sob o ponto de vista das comunicações por T. S. F. e por telefone a longa distância.

Outras observações magnéticas de interesse e que poderão ser feitas com satélites são: a) Medições do campo magnético

terrestre primário e das suas variações seculares; b) Variações de curto período, do campo magnético.

Os instrumentos apropriados para as observações magnéticas são os magnetômetros de que existem vários tipos, alguns deles já experimentados em foguetões.

As observações referentes aos raios cósmicos apresentam interesse para a física nuclear e para a astrofísica. Na física nuclear, os estudos de raios cósmicos têm importância em virtude de serem constituídos por partículas possuindo grande energia, muito superior à que se pode obter mesmo nos maiores aceleradores de partículas. Nos estudos de astrofísica, os raios cósmicos são considerados como um fenómeno indicador dos processos que se desenvolvem, na nossa galáxia, interessando saber a sua origem e os factores que provocam a alta energia de que estão animados.

É assim conveniente estudar a variação da intensidade dos raios cósmicos em função do tempo e da localização geográfica nas vizinhanças da Terra. A interpretação dos dados obtidos permitirá um melhor conhecimento do campo magnético terrestre e das relações dos raios cósmicos com os fenómenos solares. Também fornecerá dados acerca da natureza dos raios cósmicos primários que é um problema astrofísico importante. Nalgumas destas investigações podem-se utilizar contadores de Geiger e cintiladores.

Uma variável importante nos estudos da ionosfera é a densidade iónica total numa secção vertical da atmosfera. Ora os dados acerca da densidade iónica acima da camada *F* são muitos escassos e a existência duma outra camada ionizada (denominada *G*) é ainda problemática. Utilizando os sinais emitidos por um satélite podem-se efectuar medições da rotação do plano de polarização das ondas de T. S. F. que atravessem a ionosfera; a partir dos valores obtidos deduzem-se os valores da densidade iónica indicada.

A propagação das ondas de T. S. F. emitidas pelo satélite também se podem utilizar para estudar a estrutura local e as irregularidades existentes na ionosfera e sobre a qual existem poucos dados.

III — Problemas meteorológicos

A observação contínua da superfície terrestre, obtida a partir de um satélite artificial, será um dos maiores avanços nos estudos meteorológicos, particularmente para os estudos de meteorologia sinóptica.

A observação dos sistemas troposféricos, responsáveis pelo estado do tempo, poderá, ser feita no seu conjunto. A formação, crescimento e desenvolvimento dos sistemas que originam os furacões, por exemplo, poderão ser observados, obtendo-se assim indicações acerca do seu possível percurso à superfície da Terra.

As observações a grande altitude serão as únicas que poderão preencher as enormes faltas na observação das nuvens sobre vastas regiões do globo, visto que actualmente somente se obtêm observações meteorológicas de cerca de 5 % da superfície terrestre.

As observações feitas da radiação solar nos seus vários aspectos, juntamente com os valores obtidos à superfície, permitirão facilitar a resolução de inúmeras questões teóricas relacionadas com o estado termodinâmico da atmosfera. Entre estas observações, algumas das mais simples referem-se às determinações da radiação solar reflectida pela face iluminada da Terra, quantidade esta denominada o albedo da Terra; estas determinações podem efectuar-se com células fotoeléctricas.

*

* *

Os sucessivos lançamentos de satélites artificiais têm permitido obter numerosos dados para a resolução de alguns dos problemas indicados. Por esse motivo o estudo crítico dos dados, obtidos demora alguns

meses, antes que se consiga interpretá-los convenientemente.

Uma dificuldade que surgiu com os primeiros lançamentos, resultou do facto de não haver uma rede completa de estações receptoras ao longo da órbita do satélite. Desta maneira os dados emitidos pelos satélites não são captados totalmente, desperdiçando-se todos aqueles dados que foram emitidos em porções da órbita na qual não existem estações receptoras. Este inconveniente é mais acentuado para os satélites cujo plano de órbita é pouco inclinado em relação ao equador, visto que então atravessam regiões do globo desabitadas ou em que existem mares.

Um problema que resulta do lançamento

de diversos satélites, consiste na maneira precisa de os identificar visto que a sua observação é difícil. Por isso adoptou-se uma nomenclatura semelhante à adoptada para as aparições dos cometas. Assim o primeiro satélite lançado em 1958 será o 1958 α , o segundo satélite o 1958 β e sucessivamente. No caso do lançamento originar mais de um satélite, indica-se o número deles a seguir à letra grega; por exemplo, o foguetão, que lançou o satélite 1957 α na sua órbita, terá a designação 1957 α 2 ao passo que o satélite tem a designação 1957 α 1.

R. O. VICENTE

1.º Assistente da F. C. L.

PONTOS DE EXAME

EXAMES UNIVERSITÁRIOS (FÍSICA)

F. C. P. — Prova prática de Física Atómica (1.ª chamada) em 2 de Outubro de 1958.

449 — O deutério e o trítio reagindo entre si dão lugar a uma reacção de fusão. Escreva essa reacção na notação de Bothe, calcule em MeV o Q da reacção e a energia cinética mínima necessária para vencer a barreira do potencial. Dados: Massas em $U M$ do neutrão, deutério, trítio e hélio:

$$1,00898; 2,01473; 3,01711 \text{ e } 4,00389$$

$$e = 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ u. e. s.} \quad 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-12} \text{ ergs.}$$

R: ${}^3_1\text{H}({}^2_1\text{H}, n){}^4_2\text{He}$; $2,01473 + 3,01711 - (4,00389 + 1,00898) = 0,11897 \text{ U M}$

$$\Delta m = 18,97 \text{ m. U. M} = 18,97 \times 0,931 \approx 17,6 \text{ MeV}$$

$$B = \frac{ZZ'e^2}{r_1 + r_2} = \frac{4,8^2 \times 10^{-20}}{1,5 \cdot 10^{-13}(\sqrt{2} + \sqrt{3})} \text{ ergs} =$$

$$= \frac{4,8 \times 10^{-20}}{1,5 \cdot 10^{-13} \times 2,7 \times 1,6 \times 10^{-6}} = 0,34 \text{ MeV}$$

450 — O ${}^{58}_{27}\text{Co}$ é simultaneamente emissor beta negativo com um período de semi-desintegração de 9 h e emissor beta positivo com um período de 70 dias. Sabendo-se que ao fim de 9 h se formou 1 mg de ${}^{58}_{28}\text{Ni}$, qual a massa de ${}^{58}_{27}\text{Co}$ existente na origem da contagem do tempo e qual a massa de ${}^{58}_{26}\text{Fe}$ formada ao fim das 9 h?

R: Massa de ${}^{58}_{27}\text{Co}$ na origem dos tempos $\approx 2 \text{ mg}$
Massa de ${}^{58}_{26}\text{Fe}$ ao fim de 9 h, igual à massa de ${}^{58}_{27}\text{Co}$ que se desintegrou por emissão β^+ : $m = m_0 e^{-\lambda t}$ \therefore

$$\therefore T = 70 \times 24 = 1680 \text{ h} \quad \therefore \lambda = \frac{0,693}{1680}$$

$$\lambda t = \frac{0,693 \times 9}{1680} = 3,72 \cdot 10^{-3} \quad \therefore m = 2e^{-3,72 \times 10^{-3}} \quad \therefore$$

$$\therefore 2,3 \log \frac{2}{m} = 3,72 \cdot 10^{-3}; \quad \log \frac{2}{m} = 1,62 \cdot 10^{-3} \quad \therefore$$

$$\therefore \frac{2}{m} = 1,0037; \quad m = \frac{1,0037}{2} \approx 0,5018 \text{ mg.}$$

451 — Duralumínio ($M = 28$; $\rho = 2,8 \text{ g. cm}^{-3}$; $\sigma = 0,35 \text{ barns}$) é empregado em tubos de 3 mm de espessura servindo de manga nas barras dum reactor. Calcular a percentagem de neutrões térmicos absorvidos pelo duralumínio.

$$R: \quad n = \frac{N_p}{M} = \frac{6,02 \cdot 10^{23} \times 2,8}{28} = 6,02 \cdot 10^{22} \text{ átomos/cm}^3$$

$$\therefore \Sigma = \sigma N = 0,35 \cdot 10^{-24} \times 6,02 \times 10^{23} \approx 0,021 \text{ cm}^{-1}; \quad \Sigma x = 0,021 \times 0,3 = 0,0063; \quad I = I_0 e^{-\Sigma x}$$

$$\log_e \frac{I_0}{I} = 2,3 \log \frac{I_0}{I} = \Sigma x = 0,0063; \quad \log \frac{I_0}{I} =$$

$$= \frac{0,0063}{2,3} = 0,00274 \quad \therefore \frac{I_0}{I} = 1,0063$$

$$\text{Percentagem absorvida } 1 - \frac{1}{1,0063} = \frac{0,0063}{1,0063} \approx 0,0063 = 0,63 \%$$

452 — Numa experiência de Millikan a distância entre as placas do condensador plano é de 7 mm e a d. d. p. aplicada de 600V. Calcular a força que se exerce sobre uma gota de água de $3 \cdot 10^3$ mm de diâmetro, com uma carga de 5 electrões. Calcular a d. d. p. necessária para manter a gota em equilíbrio. Sendo 0,000182 poises a viscosidade do ar, calcular a velocidade em grandeza, direcção e sentido, quando submetida à acção do campo.

$$R: \quad V = \frac{1}{6} \pi D^3 = \frac{3,14}{6} \times 27 \cdot 10^{-12} = 14,2 \cdot 10^{-12} \text{ cm}^3 \text{ Peso aparente } \approx 14,2 \cdot 10^{-12} \text{ g. peso} = 13,9 \cdot 10^{-9} \text{ dines}$$

$$f = P_{ap} - neE = 13,9 \cdot 10^{-9} - 5 \cdot 4,8 \cdot 10^{-10} \frac{600}{300 \times 0,7} \approx$$

$$= (139 - 70)10^{-10} = 6,9 \cdot 10^{-9} \text{ dines}$$

$$E' = \frac{P_{ap}}{ne} = \frac{13,9 \cdot 10^{-9}}{5 \times 4,8 \times 10^{-10}} = 5,8 \text{ u. e. s.} = 1740 \text{ V}$$

$$V = \frac{f}{6\pi R\eta} = \frac{6,9 \cdot 10^{-9}}{6 \cdot 3,14 \times 1,5 \cdot 10^{-4} \times 182 \cdot 10^{-6}} = 1,34 \cdot 10^{-6} \text{ cm s}^{-1}.$$

(Resoluções de Carlos Braga, Prof. Cat. da Fac. de C. da Univ. do Porto)

F. C. L. — Problemas apresentados aos alunos da cadeira de Electricidade no ano lectivo, de 1957-1958

453 — *Enunciado.* Um electrão move-se num campo eléctrico uniforme dirigido ao longo do eixo dos *xx* e num campo magnético uniforme perpendicular ao primeiro e dirigido ao longo do eixo dos *yy*. Parte do repouso quando está na origem.

Demonstrar que o electrão segue uma trajectória cicloidal. Achar a velocidade de deriva, ou seja a velocidade do centro do círculo rolante ao longo do eixo dos *zz*. Se o campo eléctrico for de 10^4 volts/cm e o magnético de 10^4 gauss, determinar o valor da velocidade de deriva.

Resolução. A força \vec{F} que actua no electrão tem o valor $\vec{F} = e[\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}]$, em que é a carga do electrão, \vec{v} a respectiva velocidade, \vec{E} o campo eléctrico e \vec{B} a indução magnética.

Desprezando as correcções relativistas, esta força satisfaz à equação fundamental da Mecânica, de Newton, isto é, a $\vec{F} = m \dot{\vec{v}}$ sendo *m* a massa do electrão. *E*, pois

$$e[\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}] = m \dot{\vec{v}}.$$

De harmonia com as condições do problema, é $\vec{E} = E\vec{i}$, e $\vec{B} = B\vec{j}$, em que \vec{i} e \vec{j} são dois vectores

unitários dirigidos nas direcções em que *x* e *y* crescem respectivamente. Logo,

$$\vec{v} \wedge \vec{B} = B(\vec{v} \wedge \vec{j}) = -Bv_z \wedge \vec{i} + Bv_x \wedge \vec{k};$$

e

$$e[\vec{E} - Bv_z \vec{i} + Bv_x \vec{k}] = m \dot{\vec{v}};$$

ou ainda, em componentes:

$$\left\{ \begin{array}{l} e(E - Bv_z) = m \frac{dv_x}{dt} \\ m \frac{dv_y}{dt} = 0 \\ eBv_x = m \frac{dv_z}{dt} \end{array} \right.$$

A integração da segunda destas equações dá-nos sucessivamente $v_y = a$; $y = at + b$; mas o electrão parte do repouso quando está na origem; logo $v_y = a = 0$ e $y = b = 0$. Portanto, o electrão conserva-se sempre no plano dos *xz*.

As outras duas equações podem escrever-se do modo seguinte:

$$(1) \quad \dot{v}_x = \frac{Be}{m} \left(\frac{E}{B} - v_z \right); \quad (2) \quad \dot{v}_z = \frac{Be}{m} v_x.$$

Derivando a primeira e substituindo \dot{v}_z dado pela segunda, vem:

$$\dot{v}_x = -\frac{Be}{m} \dot{v}_z = -\left(\frac{Be}{m}\right)^2 v_x;$$

ou seja

$$\dot{v}_x + \left(\frac{Be}{m}\right)^2 v_x = 0$$

O integral geral é

$$v_x = A \cos\left(\frac{Be}{m}t + \delta\right)$$

em que *A* e δ são constantes arbitrárias.

Mas, para $t = 0$ é $v_x = 0$; logo

$$A \cos \delta = \cos \delta = 0; \quad \delta = \pi/2 + n\pi$$

e

$$(3) \quad v_x = A \text{sen} \frac{Be}{m} t.$$

A substituição deste valor em (2) dá-nos

$$\dot{v}_z = A \frac{Be}{m} \text{sen} \frac{Be}{m} t;$$

donde

$$v_z = -A \cos \frac{Be}{m} t + C.$$

Para $t = 0$ é $v_z = 0$; logo, $0 = -A + C$; $C = A$; e

$$(4) \quad v_z = A \left[1 - \cos \frac{Be}{m} t \right].$$

Derivando a equação (3) e substituindo o resultado e v_z dado por (4) na equação (1), vem:

$$A \frac{Be}{m} \cos \frac{Be}{m} t = \frac{Be}{m} \left\{ \frac{E}{B} - A \left(1 - \cos \frac{Be}{m} t \right) \right\};$$

donde se deduz

$$A = \frac{E}{B}.$$

Logo,

$$(5) \quad v_x = \frac{E}{B} \sin \frac{Be}{m} t = -\frac{E}{B} \sin \frac{B|e|}{m} t$$

$$(6) \quad v_z = \frac{E}{B} \left[1 - \cos \frac{Be}{m} t \right] = \frac{E}{B} \left[1 - \cos \frac{B|e|}{m} t \right].$$

Integrando novamente, vem:

$$x = \frac{Em}{B^2|e|} \cdot \cos \frac{B|e|}{m} t + C_1$$

$$z = \frac{E}{B} \left[t = \frac{m}{B|e|} \sin \frac{B|e|}{m} t \right] + C_2$$

Para $t = 0$ é $x = 0$ e $z = 0$; logo

$$\frac{Em}{B^2|e|} + C_1 = 0; \quad C_2 = 0;$$

quer dizer,

$$x = \frac{Em}{B^2|e|} \cdot \left[\cos \frac{B|e|}{m} t - 1 \right]$$

$$z = \frac{Em}{B^2|e|} \cdot \left[\frac{B|e|}{m} t - \sin \frac{B|e|}{m} t \right];$$

ou ainda, fazendo

$$(7) \quad \frac{mE}{B^2|e|} = r \quad e \quad (8) \quad \frac{B|e|}{m} t = \alpha :$$

$$(9) \quad x = -r[1 - \cos \alpha]; \quad (10) \quad z = r[\alpha - \text{sen} \alpha].$$

As equações (9) e (10) representam; uma cicloide cuja círculo rolante tem um raio r dado por (7). As coordenadas do centro deste círculo são $x' = r$ e $z' = r\alpha = \frac{mE}{B^2|e|} \cdot \frac{B|e|}{m} \cdot t = \frac{E}{B} t$; a velocidade de deriva é

$$\frac{dz'}{dt} = \frac{E}{B}.$$

Substituindo valores numéricos, vem:

$$\begin{aligned} \frac{dz'}{dt} &= \frac{10^4 \text{ volts/cm}}{10^4 \text{ gauss}} = \frac{10^6 \text{ volts/m}}{1 \text{ weber/m}^2} = \\ &= 10^6 \text{ m/seg} = 1.000 \text{ km/seg.} \end{aligned}$$

454 — Enunciado. Achar a velocidade angular de um ião num ciclotrão.

Se o campo magnético for de 18.000 gauss, qual deverá ser a frequência do oscilador utilizado

no funcionamento do ciclotrão se ele estiver acelerando prótons? Que diâmetro devem ter os DD do ciclotrão para que cada próton adquira a energia de 10 MeV?

Resolução. O campo magnético é normal às trajectórias dos iões. Cada um destes é actuado pela força $\vec{f} = |q|\vec{v} \wedge \vec{B}$, em que q é a carga do ião, \vec{v} a sua velocidade e \vec{B} a indução magnética. Por ser \vec{v} normal a \vec{B} , vem:

$$f = |q|vB \text{sen}(\vec{v}, \vec{B}) = |q|vB.$$

A força \vec{f} é normal a \vec{v} ; é, pois, uma verdadeira força centrípeta; e, segundo a Mecânica de Newton, satisfaz a $f = mv^2/\rho$, em que ρ é o raio de curvatura. Portanto,

$$|q|vB = mv^2/\rho;$$

e

$$B\rho = \frac{mv}{|q|}.$$

Além, disto, a perpendicularidade entre \vec{f} e \vec{v} faz com que o módulo v se conserve invariável. Admitindo que \vec{B} é uniforme, ρ é constante. Quer dizer, enquanto o ião não é actuado pelo campo eléctrico, a sua trajectória é uma circunferência.

A velocidade angular, ω , satisfaz a $B\rho = m\omega\rho/|q|$; logo

$$\omega = \frac{B|q|}{m}.$$

O tempo T que o ião leva a percorrer a circunferência inteira, vale

$$T = \frac{2\pi\rho}{v} = \frac{2\pi}{\omega}.$$

A frequência do oscilador vale, pois,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{B|q|}{2\pi m}.$$

No caso do próton temos $m = 1,66 \times 10^{-24}$ g; $e = 4,77 \times 10^{-10}$ un. elst. de carga; além disso, é $B = 18.000$ gauss. Reduzindo ao sistema Giorgi:

$$\begin{aligned} q &= 4,77 \times 10^{-10} \text{ elst. cgs} = \\ &= 4,77 \times 10^{-10} \times 3^{-1} \times 10^{-9} \text{ coulomb}; \end{aligned}$$

$m = 1,66 \times 10^{-27}$ kg; $B = 18.000 \times 10^{-4}$ weber/m².

$$\begin{aligned} f &= \frac{18.000 \times 10^{-4} \times 4,77 \times 10^{-20} \times 3^{-1} \times 10^{-9}}{2 \times \pi \times 1,66 \times 10^{-27}} = \\ &= \frac{18.000 \times 4,77}{6 \times \pi \times 1,66} \times 10^4 = 27,4 \times 10^4; \end{aligned}$$

ou,

$$f = 0,274 \times 10^6 \text{ seg}^{-1}.$$

Da mesma maneira viria $\omega = 2\pi f = 1,72 \times 10^6$ ciclos/seg.

A energia cinética do próton vale $E = \frac{1}{2}mv^2$.
Mas, $B_p = mv / |q|$, donde se tira $v = B\rho|q| / m$.
Substituindo, vem:

$$E = \frac{1}{2}m\left(\frac{B\rho|q|}{m}\right)^2 = \frac{B^2\rho^2|q|^2}{2m}.$$

Daqui se tira o valor de ρ :

$$\rho = \frac{1}{B|q|} \cdot \sqrt{2mE};$$

expressão esta válida para um ião qualquer. No caso do próton, obtém-se:

$$\rho = \frac{1}{18.000 \times 10^{-4} \times 4,77 \times 10^{-10} \times 3^{-1} \times 10^{-9}} \times \sqrt{2 \times 1,66 \times 10^{-27} \times 4,77 \times 10^{-10} \times 3^{-1} \times 10^{-9} \times 10^{-7}},$$

visto a energia valer

$$E = 10^7 \text{ eV} = (4,77 \times 10^{-10} \times 3^{-1} \times 10^{-9} \text{ coulombs}) \times (1 \text{ volt}) \times 10^7.$$

Simplificando, vem:

$$\rho = \frac{10^4}{18.000} \sqrt{\frac{0,6 \times 1,66}{4,77}} = 0,254 \text{ m}.$$

Os DD do ciclotrão devem, pois, ter um diâmetro de, pelo menos, $2 \times 0,254 = 0,51$ metros.

(Resoluções de M. T. Antunes,
Prof. Ext. da F. C. L.)

Noticiário

Frédéric Joliot-Curie e Ernest Lawrence

A Ciência perdeu, no ano findo de 1958, dois físicos de primeira plana: Jean-Frédéric Joliot-Curie, a quem o Doutor Manuel Valadares presta sentida homenagem neste mesmo número da Gazeta de Física, e Ernest Lawrence.

O físico americano Lawrence notabilizou-se pela invenção do acelerador de partículas conhecido por ciclotrão e que lhe mereceu o prêmio Nobel de 1939. Foi em 1932, que Lawrence e Livingston apresentaram o primeiro modelo definitivo do ciclotrão com o qual obtiveram prótons de energia equivalente à tensão de 80 mil volts aplicando apenas 1600 volts nos eléctrodos do acelerador. Em 1939 Lawrence obteve, em Berkeley, um feixe de deutões de 22 milhões de volts.

Prêmios Nobel de Física e de Química

A Academia das Ciências da Suécia atribuiu, em 1958, o prêmio Nobel de Física aos cientistas russos Pavel Cherenkov, Igor Tamm e Ilya Frank, pelos seus trabalhos relativos ao fenómeno descoberto pelo primeiro destes três cientistas, e que se designa por «efeito Cherenkov».

O prêmio Nobel de Química foi atribuído ao bioquímico inglês Frederik Sanger, da Universidade de Cambridge, em virtude de valiosas descobertas efectuadas no estudo da estrutura das proteínas.

Lançamento de satélites artificiais

No prosseguimento do programa de investigações científicas do Ano Geofísico Internacional, foram efectuadas novas tentativas de lançamento de satélites artificiais não só em volta da Terra como em redor da Lua.

No dia 26 de Março de 1958 foi lançado, com êxito, o terceiro satélite americano, «Explorador III», com a forma de granada de 2 m de comprimento e 15 cm de diâmetro. Transporta 5,100 kg de aparelhagem científica.

No dia 14 de Abril foi anunciada a desintegração do «Grande Sputnik» russo, lançado em 3-XI-1957, e que transportava consigo uma cadela.

Em 29 de Abril malogrou-se a tentativa de lançamento de um quarto satélite americano, e a 15 de Maio foi colocado na respectiva órbita um novo satélite russo, o «Sputnik III», de características sensacionais. Tem a forma cónica, com 1,73m de diâmetro de base, 3,57 m de altura e 1327 kg de peso, dos quais 968 kg de aparelhagem científica. O apogeu da sua órbita é de 1880 km e gasta 106 minutos a dar uma volta completa ao nosso planeta.

Em 28 de Maio malogrou-se uma nova tentativa americana.

Em 17 de Agosto tentaram, os cientistas americanos, uma nova experiência que foi a colocação de um satélite numa órbita lunar, e não terrestre como até aí. Pretendia-se colocá-lo a 320 mil quilómetros da Terra. A tentativa foi efectuada com um pequeno satélite de 43 kg, com a forma de cogumelo, mas o foguetão que o transportava explodiu alguns segundos depois de ter sido disparado.

Em 24 de Agosto nova tentativa americana, sem êxito, de colocação de um satélite terrestre.

Em 29 do mesmo mês, os cientistas russos enviam um foguetão a 450 km de altura, conduzindo duas cadelas que regressaram à Terra em óptimas condições.

Entretanto, os cientistas americanos, após uma nova tentativa, sem êxito, de colocação de um satélite terrestre, em 27 de Setembro, efectuam, em 10 de

Outubro, o segundo lançamento de um foguetão destinado a alcançar a Lua. O míssil partiu do Cabo Canaveral com a velocidade inicial de 40.000 quilómetros por hora e atingiu a altura máxima de cerca de 130 mil quilómetros. O «Pioneiro I», conforme foi designado, não atingiu o objectivo que se pretendia. Atraído pela Terra voltou à nossa atmosfera, tendo desaparecido. A tentativa foi repetida no dia 8 de Novembro mas o respectivo foguetão, desintegrou-se pouco depois do lançamento.

A quarta tentativa americana de colocação de um satélite lunar foi efectuada no dia 6 de Dezembro mas o foguetão atingiu apenas 104 mil quilómetros de altura, tendo regressado à atmosfera terrestre.

Em 18 de Dezembro os cientistas americanos colocam um foguetão de 21 m de comprimento e 3961 kg, dos quais 16 kg de instrumentos científicos, numa órbita em volta da Terra. O progresso efectuado com este lançamento foi o de a colocação na órbita do novo satélite ter sido dirigida da Terra por meio de um dispositivo electrónico.

O ano de 1959 iniciou-se com mais um grande

êxito nesta luta para a conquista do espaço. No dia 2 de Janeiro lançam, os russos, um foguetão em direcção à Lua, com a velocidade de 11,2 km/s, a chamada «velocidade de libertação», que permitiu, pela primeira vez, que um móvel vencesse a força de atracção terrestre. O satélite, com 1472 kg de peso total, e 361,3 kg de aparelhagem científica, passou, no dia 4, a 7500 km da Lua, e seguiu, sem ficar sujeito à força atractiva desse planeta. No dia 6 encontrava-se o foguetão instalado numa órbita solar situada entre Terra e Marte, na qual ficou a deslocar-se num tempo de translação equivalente a 15 meses terrestres.

No dia 28 de Fevereiro lançam, os americanos, o foguetão Discoverer I, destinado a repetirem a proeza dos russos. Embora se tivesse perdido, logo inicialmente, a pista do móvel, anunciou-se, dias mais tarde, que fora colocado numa órbita solar.

No dia 3 de Março novamente os americanos lançam um novo engenho, o Pioneer IV, com a mesma intenção, o qual passou ao largo da Lua, a 59.200 km, e se instalou numa órbita solar com o período de translação de 13 meses.

Reuniões internacionais de Física em 1959

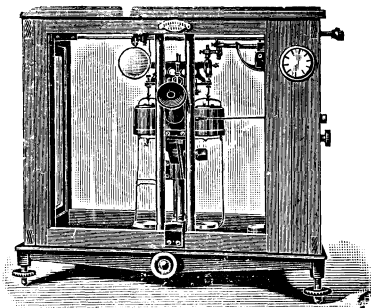
LUGAR	DATA PROVÁVEL	ASSUNTO
Cambridge (Inglaterra)	29 Junho — 3 Julho 59	Supraconductibilidade
Moscovo	15 Julho	Física Nuclear das Altas Energias
Moscovo	Julho	Raios cósmicos
Estocolmo	24-29 Agosto	Sistemas modernos para detectar e avaliar radiações ópticas
Stuttgart	2-3 Setembro	Acústica
Genébra	Setembro	Aceleradores de partículas
Cambridge (Inglaterra)	6-9 Julho	Contribuições recentes da Física à Biologia
Bolonha (Itália)	7-12 Setembro	Espectroscopia molecular
Colombus (Ohio E. U A.)	Junho	Espectrografia infra-vermelho
Estocolmo	15-17 Junho	Microscopia com Raios X
Cleveland	Abril	Física Nuclear
Teddington (Inglaterra)	Junho	Interferometria
Upsala-Estocolmo	24-28 Agosto	Fenómenos de ionização nos gases

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

MICROSCÓPIOS, MONO E BINOCULARES,
BALANÇAS DE PRECISÃO E ANALÍTICAS,
CAIXAS DE PESOS, LUPAS, TERMÓMETROS,
DENSÍMETROS, CONTA-SEGUNDOS, ETC.

MATERIAL DE VIDRO,
PORCELANA E QUARTZO



RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75

L I S B O A

TELEF.: 2 4314 • TELEG.: T E C N A

LIVRARIA ESCOLAR EDITORA

LIVROS PARA TODOS OS
ESTABELECIMENTOS DE ENSINO
CIÊNCIA - ARTE - LITERATURA
NACIONAIS E ESTRANGEIROS



SECÇÃO DE PAPELARIA
E ARTIGOS DE ESCRITÓRIO



Aceitam-se encomendas de livros
estrangeiros. Envia-se encomendas
: : à cobrança para todo o País : :

68, RUA DA ESCOLA POLITÉCNICA, 70
TELEF. 664040 ————— LISBOA

REVUE D'OPTIQUE THÉORIQUE ET INSTRUMENTAL



REVISTA CIENTÍFICO-TÉCNICA PUBLICANDO
NUMEROSOS ARTIGOS ORIGINAIS E UMA
REVISTA DE REVISTAS

Patrocinado pelo

INST. DE ÓPTICA TEÓRICA E APLICADA E
PELO SINDICATO GERAL DE ÓPTICA E DOS
INSTRUMENTOS DE PRECISÃO



Assinatura, 1 ano (12 números) 700 francos

Direction e Administration

3 & 5, Boulevard Pasteur, Paris, (15^e)

Ao fazer as encomendas aos nossos anunciantes mencione a «Gazeta de Física»

BALZERS

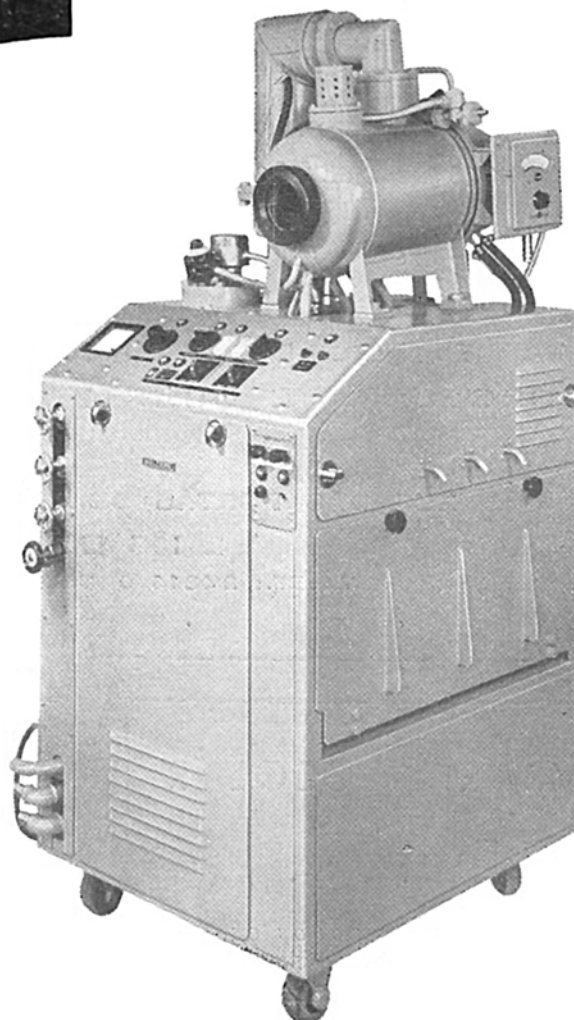
Instalação de destilação sob vácuo

- Instalações para destilação, impregnação, evaporação e metalurgia sob vácuo.

- Aparelhos para medição de vácuo, detectores de fugas, controladores automáticos de vácuo.

- Bombas de vácuo: rotativas e de difusão

- **VASTO PROGRAMA DE FABRICO**



REPRESENTANTES EXCLUSIVOS EM PORTUGAL E NO ULTRAMAR

EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO, L.^{DA}

RUA NOVA DO ALMADA, 46 — LISBOA

TELEF. 2 9879

Anunciar na «Gazeta de Física» é contribuir para a sua prosperidade