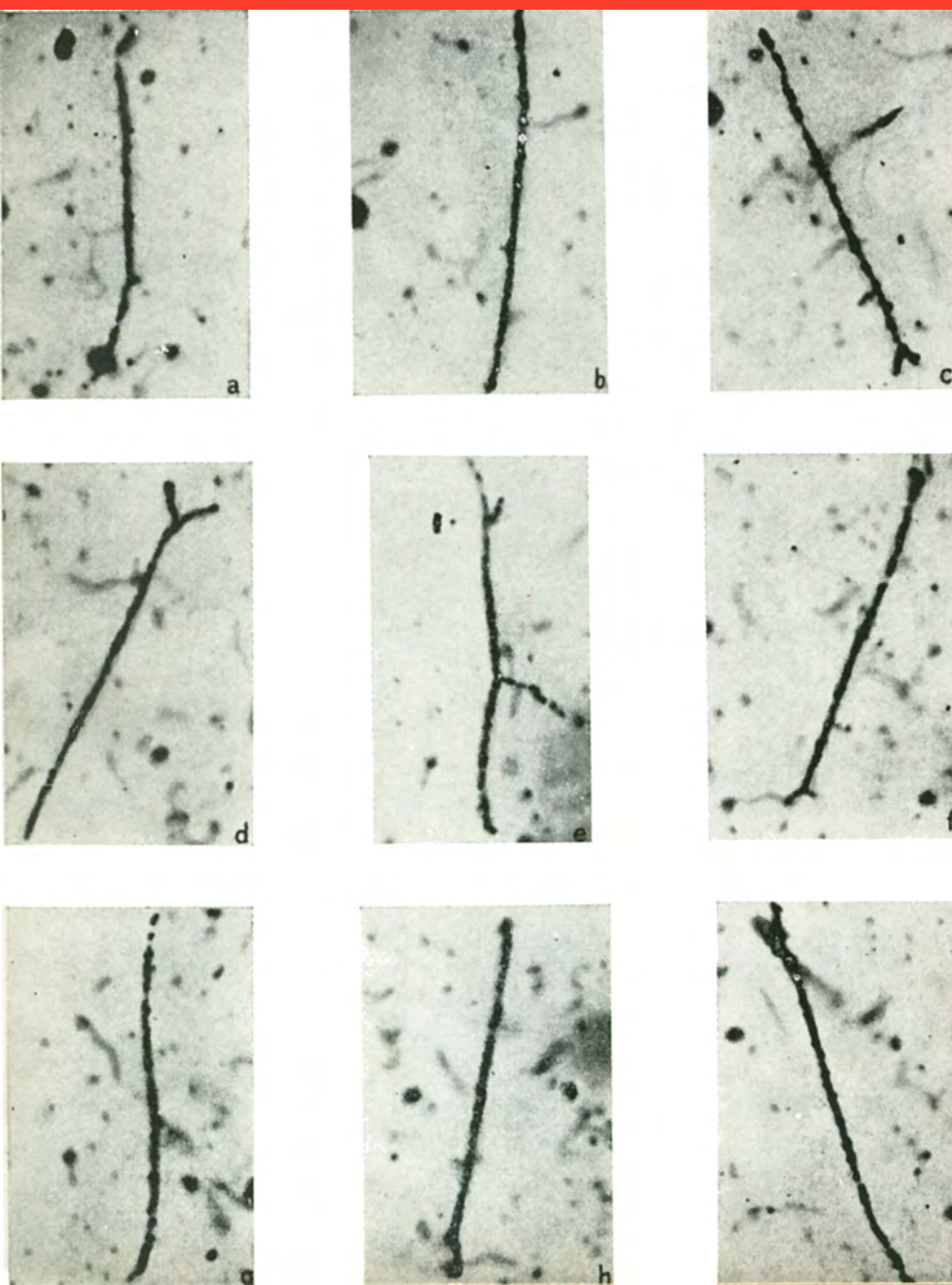


GAZETA DE FISICA

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



VOL. III, FASC. 3
JULHO, 1955

Traços produzidos em placas nucleares pela cisão do U^{235} por neutrões lentos. Note-se que em certos casos há colisão de um dos fragmentos de cisão com o núcleo produzindo-se um traço em forquilha. (Extraído do livro Nuclear Physics in Photographs).

VOL. III

GAZETA DE FÍSICA

FASC. 3

JULHO — 1955

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

Enrico Fermi, por <i>Jayme Xavier de Brito</i>	61
Acerca da possível produção de elementos de número atómico superior a 92 (<i>Memória de Enrico Fermi</i>).	64
Essai sur la possibilité d'employer Ag 110 dans l'étude du transport du sable par la mer, por <i>A. Gibert</i>	67
Técnica aplicada ao estudo do funcionamento da glândula tiroideia com iodo 131 (I^{131}), por <i>Maria Augusta Pérez Fernández</i>	72
PONTOS DE EXAME:	
Exames do ensino médio (Física)	83
Exames Universitários (Física)	86
Noticiário	87

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

GAZETA DE FÍSICA

Fundador: ARMANDO GIBERT

Vol. III, Fasc. 3

Julho de 1955

A Gazeta de Física presta homenagem, neste seu número, ao eminente investigador italiano, recentemente falecido, Enrico Fermi, um dos maiores físicos do século que decorre. Depois de recordados os passos essenciais da sua actividade científica, inserimos a tradução da «memória» de Fermi relativa à existência dos elementos transuranianos, publicada em 1934 na revista inglesa Nature e considerada como uma das pedras fundamentais da Ciência do Átomo.

Enrico Fermi

A Ciência perdeu com a morte do físico italiano Enrico Fermi, em 28 de Novembro último, um dos seus maiores cultores, vulto proeminente na era atômica.

Nascido em Roma, em 1901, aí fez os seus estudos, nos quais, de início, não se fez notar. O seu feitio reservado e uma característica do seu espírito, que o levava a empregar o mínimo de palavras necessárias para exprimir uma ideia, permitiram considerá-lo falho de imaginação, a ponto de uma professora de instrução primária dizer à mãe que o filho não iria longe, depois de apreciar determinada redacção reduzida à sua expressão mais simples: uma única frase, mas clara e precisa.

Aos treze anos de idade, um engenheiro do Ministério onde o pai era funcionário, cedo reconheceu em Fermi grande interesse pelas Ciências, disposição excepcional para a Matemática, acompanhada de invulgar clareza de raciocínio.

Concluiu com facilidade os estudos liceais, durante os quais a sua cultura cien-

tífica se desenvolveu mediante os livros que o mesmo engenheiro lhe emprestava, juntamente com os que comprava nos alfarabistas, sendo a Biologia um dos assuntos que mais o interessava.

Embora contrariado pelos pais, desejando que Enrico continuasse os seus estudos junto deles, na Universidade de Roma, Fermi foi iniciar os estudos superiores em Pisa, em concordância com a opinião do seu amigo engenheiro, onde, logo no primeiro ano, tomou conhecimento com Rasetti, com quem, juntamente com Amaldi, Segré e outros jovens, constituiria, mais tarde, uma importante equipa de grandes investigadores.

Embora trabalhando com afincio nas suas investigações científicas, era vulgar encontrar-se com colegas apreciando a vida ao ar livre, passeando no campo, jogando o ténis, nadando em Óstia ou esquiando nos Alpes.

Ainda em Pisa, em conclusão dos estudos na *Scuola Normale* — instituição antiga

que forneceu ilustres cientistas à Itália —, em Julho de 1922, defendeu a tese para o seu doutoramento em Física, relativa a um trabalho experimental sobre os raios X. Conta sua mulher que durante o acto de doutoramento, no qual Fermi, calmo e muito pequeno, dissertava, com voz cheia e segura, sobre a tese, alguns dos onze examinadores de toga, mostrando-se cheios de dignidade, reprimiam bocejos, enquanto outros começavam a cabecear com sono; nenhum percebia nada; não o felicitaram nem lhe concederam a habitual honra da publicação da tese. Porém, recebeu o diploma com a classificação «*magna cum laude*».

A seguir, quando era mais viva a discussão sobre as teorias quânticas, que deveria conduzir ao desenvolvimento da mecânica ondulatória, trabalhou durante alguns meses em Göttingen, juntamente com Heisenberg, sob a direcção de Max Born. Depois de fazer estágios, sucessivamente, nas Universidades de Roma e de Leiden foi nomeado professor de Física da Universidade de Florença. Data desta época a sua primeira contribuição para a Física teórica, com a aplicação do princípio da exclusão de Pauli a sistemas de muitas partículas idênticas, obtendo resultados análogos aos que Dirac pouco tempo depois conseguia.

O gosto pela leitura das obras científicas, como atrás se disse, colocava-o a par do desenvolvimento da Física. Deve notar-se que, até o fim da sua adolescência, já tinha tomado contacto com livros, como a «Mecânica racional» de Poisson, «A teoria dos electrões» de Richardson e a «Estrutura do átomo» de Sommerfeld.

Em 1926 foi nomeado professor de Física da Universidade de Roma, onde, tendo a seu lado Rasetti, conseguiu a formação de físicos experimentais e teóricos, muitos dos quais se tornaram conhecidos pelo seu valor, e se encontram espalhados por todo o mundo. Os seus trabalhos em breve lhe deram uma situação de relevo, que contribuiu para ser nomeado membro

da Academia de Itália em Março de 1929, tendo apenas 27 anos. Tal honraria, permitindo-lhe o título de «Excelência», embaraçava-o sobremaneira, bem como o uso da farda correspondente, não lhe agradando a ideia de aparecer em evidência, pois apenas pretendia viver em paz e trabalhar.

Dirigindo as suas investigações sobre o estudo teórico e experimental do núcleo atómico, iniciou, assim, a sua carreira como físico nuclear, e apresentou em 1932 uma teoria sobre a radiação beta, admitindo a existência duma nova partícula o *neutrino*, cuja justificação matemática apresentou. Esta teoria causou-lhe aborrecimentos porque não conseguiu a sua publicação em inglês, visto a revista inglesa «Nature» negar-se a publicá-la.

A descoberta de Joliot-Curie sobre a radioactividade artificial, anunciada em Janeiro de 1934, impressionou Fermi, por tal forma, que em breve se dedicou ao estudo da produção de radioelementos artificiais.

Os elementos radioactivos artificiais obtidos por Joliot-Curie produziam-se pelo bombardeamento, com partículas alfa, de elementos de pequena massa atómica. Em elementos de maior massa atómica as partículas alfa não podiam atingir o núcleo; tendo este, então, maior número de prótons, repelia-as, visto estarem, um e outras, carregados positivamente, ocasionando o desvio das partículas, desvio este que as atracções produzidas pelos electrões periféricos, mais acentuavam.

Imediatamente Fermi pensou que, empregando neutrões como projectéis, descobertos pouco antes, poderia libertar-se das acções que impediam as partículas alfa de atingirem o núcleo do átomo bombardeado. Ainda em 1934 iniciou os respectivos trabalhos, mas teve de lutar com várias dificuldades, a primeira das quais residiu na obtenção da fonte de neutrões. Com o auxílio do prof. Trabachi, director do laboratório de Física da Sanidade Pública, que dispunha de um grama de rádio, obteve

uma importante fonte de partículas alfa (provenientes da desintegração do radão originado do rádio), que bombardeando berilo, produziu os neutrões desejados.

Então Fermi, acompanhado pelos seus colaboradores, lançou-se ao bombardeamento sistemático dos vários elementos, seguindo a ordem do seu número atómico, começando, portanto, pelo hidrogénio. Porém, foram nulos os resultados obtidos sobre os oito primeiros elementos; finalmente, só o nono, o fluor, deu resultado positivo. As sucessivas comunicações publicadas na *Ricerca Scientifica* causaram grande interesse e Roma tornou-se o pioneiro do mundo nuclear.

Durante um ou dois anos os físicos que não sabiam italiano aguardavam com grande expectativa as traduções das respectivas comunicações. Entre estas pode considerar-se como uma das mais importantes a que dizia respeito aos *neutrões lentos*. A descoberta destes resultou de uma anomalia verificada quando Amaldi e Pontecorvo bombardeavam a prata, no seguimento das pesquisas relativas à acção dos neutrões sobre os sucessivos elementos. Como não conseguissem compreender o que se passava, consultaram Fermi e Rasetti. Fermi aconselhou as experiências convenientes, cujos resultados aproveitou para, em poucas horas, apresentar a teoria que explicava o fenómeno. Baseava-o na perda de velocidade que os neutrões sofriam, perdendo parte da sua energia, quando chocavam com os protões duma substância muito hidrogenada, como a parafina. Estavam assim obtidos os neutrões lentos que tamanha importância viriam a ter.

Prosseguindo na mesma tarefa ao bombardearem o urânio, observaram uma mistura de elementos radioactivos artificiais produzindo radiação beta. Isto levou Fermi a anunciar a descoberta de elementos transurânicos, isto é, de número atómico superior ao do urânio.

Porém, nada conseguiu provar a existência de tais elementos transurânicos, os

quais, só alguns anos mais tarde Seaborg isolou. O que Fermi conseguiu com o bombardeamento do urânio foi a sua fissão em elementos de número atómico muito menor, mas nenhum dos investigadores da equipa se apercebeu de tal, embora seja justo acenar que foi sob a sua orientação que se produziu a primeira fissão nuclear.

Os estudos efectuados sobre o neutrão, quer teóricos quer experimentais, conduziram-no à obtenção do Prémio Nobel da Física em 1938. No fim deste ano, ao ir a Estocolmo receber o prémio, resolveu não voltar à Itália fascista, e então dirigiu-se aos Estados Unidos nos últimos dias de Dezembro de 1938, onde, pouco depois, aceitava um lugar na Universidade de Columbia, em Nova York.

Os resultados que obteve trabalhando na Universidade de Colúmbia, — a primeira instituição a trabalhar para a Comissão de Investigações da Defesa Nacional dos Estados Unidos — contribuíram para que o governo americano notasse o interesse militar dos problemas nucleares.

Em 1941 começou a trabalhar em Chicago, onde fixou residência com sua família em Abril de 1942. Ocupava-se aí dos estudos e na direcção da construção da primeira pilha atómica, a qual entrou em funcionamento em 2 de Dezembro de 1942, sob o mais rigoroso segredo; nessa noite tendo reunido alguns colegas em sua casa, sua mulher notou que todos o felicitavam sem que qualquer desse a menor explicação do facto, quando ela perguntava a razão das felicitações.

À primeira pilha atómica outras mais potentes se seguiram para a produção do plutónio, com que se fabricaria a bomba atómica. Desde que o Presidente Roosevelt resolveu o seu fabrico foi criado o «Manhattan Engineer District», que, sob a direcção do general L. R. Groves se instalou em 1943 numa região desértica do Novo México, a qual ficou conhecida com o nome de Los Alamos. Para aqui foi enviado Fermi em 1943 com a família onde, em completo se-

grede se fabricou a primeira bomba atômica. A sua explosão teve lugar em 16 de Julho de 1945, em Alamogordo, a muitos quilómetros da recente cidade de Los Alamos. Só com a destruição de Hiroshima e Nagasaki, no Japão, respectivamente em 6 e 9 de Agosto do mesmo ano, o mundo inteiro tomou conhecimento com a existência da bomba atômica, e com as suas trágicas consequências.

Se bem que ocupado com os serviços necessários em Los Alamos, Fermi sentia aqui a falta da Universidade; os alunos e os colegas eram-lhe necessários para expor as suas teorias e desenvolver as experiências que tantas vezes lhe tomavam o dia desde as 8 horas até à noite.

Terminada a guerra voltou a Chicago no fim de 1945, ingressando na Universidade, criando-se a seguir, segundo o seu delineamento, o Instituto de Estudos Nucleares da Universidade. E estudantes e físicos convergiram para este Instituto para

ouvirem as suas exposições de grande clareza. Aí estudou a interacção de neutrões e electrões, mas voltou de novo à Física teórica, apresentando em 1947 um trabalho sobre a origem da radiação cósmica. Tratou em 1950 da produção dos mesões múltiplos, para cujo estudo construíram um enorme sincrociclotrão, que lhe permitiu realizar experiências sobre a dispersão dos mesões.

Assim passou a vida um dos maiores físicos da era actual, tanto no campo teórico como no experimental. Os seus colegas consideravam-no como a origem permanente do estímulo intelectual. No dizer do professor Samuel K. Allison, actual director do Instituto de Estudos Nucleares de Chicago, «estava ali um homem que possuía o mais extraordinário dom das mais elevadas capacidades humanas».

Março de 1955.

JAYME XAVIER DE BRITO

Acerca da possível produção de elementos de número atómico superior a 92

ENRICO FERMI — *Nature*, 133, 898 (1934)

Admitia-se até há pouco que qualquer átomo resultante de uma desintegração artificial correspondia normalmente a um isótopo estável. O sr. e a sra. Joliot foram os primeiros a encontrar provas de que nem sempre é assim; nalguns casos esse átomo pode ser radioactivo, possuir uma vida média mensurável, e estabilizar-se apenas após a emissão de um positrão.

O número de elementos que podem ser activados quer pelo choque de uma partícula α (Joliot), quer de um protão (Cockcroft, Gilbert, Walton) ou deutão (Crane, Lauritsen, Henderson, Livingston, Lawrence), é limitado, necessariamente, pelo facto de que somente os elementos leves podem ser desintegrados, devido à repulsão colombiana.

Esta limitação não é efectiva no caso de bombardeamento por neutrões. A elevada eficiência destas particulas na produção de desintegrações compensa largamente o facto de as fontes usuais de neutrões serem relativamente fracas comparadas com as de partículas α ou protões. Com efeito, mostrou-se ⁽¹⁾ que grande número de elementos (47 em 68 examinados até hoje) de qualquer peso atómico podiam ser activados usando fontes de neutrões que consistem num pequeno tubo de vidro cheio de

(1) E. Fermi, *Ricerca Scientifica*, 1, 5, 283; 6, 230. *Nature*, 133, 757, Maio 19, 1934. E. Amaldi, O. D'Agostino, E. Fermi, F. Rasetti, E. Segré, *Ricerca Scientifica*, 8, 452; 1934.

berílio em pó e radão acima de 800 milicuries. Tais fontes fornecem cerca de um milhão de neutrões por segundo.

Todos os elementos activados por este processo, com intensidade suficientemente grande para permitir a determinação do sinal da carga das partículas emitidas por meio de uma análise magnética, emitiam apenas electrões negativos. Isto é teoricamente compreensível, pois a absorção dos neutrões empregados no bombardeamento, produz um excesso no número de neutrões presentes no interior do núcleo; deste modo atinge-se, em geral, um estado estável pela transformação de um neutrão num próton, que está relacionada com a emissão de uma partícula β .

Em vários casos foi possível realizar uma separação química dos elementos emissores de partículas β seguindo a técnica usual que consiste na adição, à substância irradiada, de pequenas quantidades dos elementos vizinhos. Estes elementos são então separados por meio da análise química, e separadamente investigada a sua actividade- β com o contador Geiger-Müller. A actividade encontrava-se sempre associada a um certo elemento, com o qual o elemento activo podia deste modo ser identificado.

Em 3 casos (alumínio, cloro, cobalto), o elemento activo resultante do bombardeamento do elemento de número atómico Z tinha número atómico $Z-2$. Em 4 casos (fósforo, enxofre, ferro, zinco) o número atómico do produto activo era $Z-1$. Em 2 casos (bromo, iodo) o elemento activo era um isótopo do elemento bombardeado.

Estes factos parecem mostrar que três processos principais são possíveis: (a) captura de um neutrão com emissão instantânea de uma partícula α ; (b) captura de um neutrão com emissão de um próton; (c) captura de um neutrão com emissão de um quanto γ para expulsar o excesso de energia. Do ponto de vista teórico, a probabilidade dos processos (a) e (b) depende

em grande parte da energia da partícula α ou do próton emitidos; quanto maior, maior será o peso atómico do elemento. A probabilidade do processo (c) apenas pode ser avaliada de modo rudimentar no estado actual da teoria nuclear; em todo o caso parece ser inferior ao valor observado de um factor 100 ou 1000.

Parecia valer a pena dar atenção particular aos elementos radioactivos pesados, ao tório e ao urânio, pois a instabilidade geral dos núcleos nesta escala de valores de pesos atómicos poderia dar início a transformações sucessivas. Por esta razão o autor, de colaboração com F. Rasetti e O. D'Agostino, dirigiu a investigação para estes elementos.

A experiência mostrou que ambos, previamente libertos das impurezas activas ordinárias, podiam ser activados fortemente por bombardeamento de neutrões. A actividade inicial induzida correspondeu, na nossa experiência, a cerca de 1000 impulsos por minuto num contador Geiger feito de folha de alumínio de 0,2 mm de espessura. As curvas de decrescimento daquelas actividades mostram que o fenómeno é bastante complexo. Uma observação imprecisa da actividade do tório mostrou, neste elemento, pelo menos dois períodos.

O caso do urânio está mais bem investigado. Estabeleceu-se com segurança a existência de períodos de cerca de 10 s, 40 s, 13 minutos e ainda pelo menos mais dois períodos que vão de 40 minutos a um dia. É muito difícil afirmar se estes períodos representam processos de desintegração sucessivos ou alternados, pois é grande a incerteza nas curvas de decrescimento devidas às flutuações estatísticas. Tentou-se identificar quimicamente o elemento β -activo de período 13 minutos. O esquema geral desta investigação consiste em juntar à substância irradiada (nitrato de urânio em solução concentrada e purificada dos produtos do decrescimento) uma quantidade de um elemento β -activo ordinário, susceptível de produzir algumas centenas de impulsos por

minuto no contador. Se fosse possível provar que a actividade induzida, reconhecível pelo seu período característico, pode ser quimicamente separada da actividade adicionada, seria razoável supor que as duas actividades não são devidas a isótopos.

A seguinte reacção permite separar o produto de período 13 minutos da maior parte dos elementos pesados. A solução de urânio irradiada é diluída em 50% de ácido nítrico, juntando-se-lhe então uma pequena quantidade de um sal de manganésio, que é precipitado da solução fervente, sob a forma de dióxido (MnO_2), por adição de clorato de sódio. O dióxido de manganésio precipitado arrasta uma grande percentagem da actividade.

Esta reacção prova, por si só, que a actividade de período 13 minutos não é isotópica do urânio. Para investigar a possibilidade de ser devida a um elemento 90 (tório) ou 91 (paládio), repetimos a reacção pelo menos dez vezes juntando uma quantidade de urânio $X_1 + X_2$ correspondente a cerca de 2000 impulsos por minuto; adicionou-se igualmente algum cério e lantânio para sustentar urânio X . Nestas condições a reacção do manganésio arrastou apenas a actividade de período 13 minutos; no precipitado não se encontraram vestígios dos 2000 impulsos do urânio X_1 (período 24 dias) nem do urânio X_2 , ainda que, após a precipitação, tenham decorrido menos de dois minutos, o que permitiria reconhecer facilmente várias centenas de impulsos do urânio X_2 (período 75 segundos).

Obteve-se resultado semelhante por exclusão dos elementos de número atómico 88 (rádio) e 89 (actínio). Para isso usou-se mesotório-1 e -2, e juntou-se bário e lantânio; o resultado foi negativo como no primeiro caso. A precipitação eventual de urânio X_1 e de mesotório-1, que não emitem raios β suficientemente penetrantes para serem detectados nos nossos contadores, teria sido revelada pela formação subse-

quente de urânio X_2 e mesotório-2 respectivamente.

Finalmente adicionámos à solução de urânio irradiada, um pouco de chumbo e de bismuto inactivos, e provámos que a reacção do dióxido de manganésio podia ser condicionada de modo a obter o precipitado com a actividade de período 13 minutos sem arrastar chumbo nem bismuto.

Deste modo parece que excluimos a possibilidade de que a actividade de período 13 minutos fosse devida a isótopos do urânio (92), do paládio (91), do tório (90), do actínio (89), do rádio (88), do bismuto (83) e do chumbo (82). O seu comportamento exclui também ekacésio (87), e a emanação (86).

Este resultado negativo acerca da actividade de período 13 minutos, relativo a um grande número de elementos pesados, sugere a possibilidade de que o número atómico do elemento seja superior a 92. Se fosse um elemento 93, seria quimicamente homólogo do manganésio e do rênio. Esta hipótese é também apoiada, dentro de certos limites, pelo facto observado de que a actividade de período 13 minutos é arrastada por um precipitado de sulfureto de rênio insolúvel em ácido clorídrico.

Contudo, visto vários elementos serem facilmente precipitados nesta forma, esse facto não pode ser considerado como conclusivo.

A possibilidade de se tratar de um número atómico 94 ou 95 não é facilmente diferenciável daquela, pois as propriedades químicas são, provavelmente, bastante semelhantes. Poderiam ser recolhidas informações valiosas acerca dos processos em questão, investigando uma possível emissão de partículas pesadas. Uma pesquisa cuidadosa de tais partículas ainda não foi efectuada, pois estas requerem, para a sua observação, que o produto activo esteja disposto em fina camada. Parece, deste modo, prematuro formar presentemente qualquer hipótese definida acerca da cadeia de desintegrações em questão.

Essai sur la possibilité d'employer Ag 110 dans l'étude du transport du sable par la mer

1. L'objectif du présent travail est de donner une contribution à un problème d'hydraulique: l'étude du transport du sable par l'eau de la mer. Les méthodes classiques* d'étude ne sont pas toujours satisfaisantes, soit qu'elles s'appuient sur des recherches granulométriques soit qu'elles portent sur la composition minéralogique. Notre travail, placé dans le cadre des recherches générales du Laboratório Nacional de Engenharia Civil, où il a été fait, s'est orienté vers la recherche d'une méthode de marquage du sable, permettant l'identification, sur une plage donnée, du sable en provenance d'une autre plage également déterminée. Ce marquage peut être fait soit par apposition d'une marque, soit par addition d'une substance inséparable du sable.

On peut envisager à priori différentes hypothèses de travail. Nous avons développé l'une d'elles, basée sur l'emploi d'argent radioactif, Ag 110, sous la forme de nitrate d'argent.

Nous traiterons ici de l'organisation générale du travail.

Les problèmes spéciaux de chimie qu'il a fallu résoudre et les conditions pratiques d'application aux essais réels, à l'échelle de la Nature, seront l'objet d'autres notes.

2. Le sable est transporté par l'eau de la mer dans des conditions qui font prévoir qu'un changement de la masse

spécifique des grains ou de leur composition granulométrique, peut modifier le transport, par sélection.

Le marquage de ce sable doit donc être fait de telle façon qu'il n'affecte pas ces paramètres.

D'autre part, il faut tenir compte de l'énorme dispersion du sable marqué dans le processus que nous voulons étudier. En effet, si nous marquons, par n'importe quel moyen, une partie du sable d'une zone d'alimentation que nous supposons être responsable de l'apport du sable dans une autre zone — ou zone de prospection — nous trouverons dans celle-ci du sable qui y existait déjà, du sable non marqué de la zone d'alimentation et, enfin, du sable marqué. Si nous appelons dispersion l'ensemble des causes qui font qu'une partie seulement du sable en provenance de la zone d'alimentation soit retrouvé dans la zone prospectée, lorsqu'on prend un échantillon dans celle-ci, on peut définir un «coefficient de dispersion» qui représentera le nombre de parties du sable échantillon qu'il faut pour y retrouver une partie du sable marqué.

Differentes raisons nous ont conduit à admettre pour le coefficient de dispersion une valeur de l'ordre de 10^6 .

Les données du problème peuvent donc être résumées de la façon suivante:

- le marquage ne doit pas modifier la masse spécifique du sable
- le marquage ne doit pas modifier sa composition granulométrique
- le coefficient de dispersion doit être prévu autour de 10^6 .

* KRUMBEIN & PETTJOHN — Manual of Sedimentary Petrography (1938).

Les deux premières conditions ne sont guère compatibles avec l'emploi d'une substance différente du sable lui-même, comme support de l'agent du marquage.

Cependant on peut admettre à priori certaines hypothèses de marquage indirect que nous n'avons pas pu essayer. Nous en citerons quelques unes, que nous avons envisagé, tout en reconnaissant que l'une d'elles du moins, la 5^{ème}, ne nous paraît guère recommandable par suite du caractère dangereux des manipulations qu'elle exigerait. Ce sont les suivantes:

1.^o Emploi de pyrites, que l'on isolerait ultérieurement au moyen d'un électro-aimant (1). L'emploi de fer ou de cobalt radioactif nous donnerait encore une marge très importante. (Contre-indication: la masse spécifique).

2.^o Activation dans une pile atomique d'une substance équivalente au sable au point de vue des conditions de transport mais dont l'irradiation serait plus efficace. (Difficulté: le grand volume à activer).

3.^o Emploi de micro-sphères de substances plastiques contenant un isotope radioactif.

4.^o Emploi de grains d'une résine synthétique permutatrice d'ions, activée au préalable par permutation.

5.^o Emploi de résidus de piles atomiques (ou de minerais pauvres d'uranium).

Il serait éventuellement intéressant d'étudier en profondeur chacune de ces méthodes du point de vue de leur efficacité relative, en tenant compte, d'ailleurs, du degré de sécurité et des charges économiques pour chacune d'elles. On pourrait également les comparer aux méthodes où l'agent du marquage est un aditif du sable lui-même.

L'avantage des méthodes de ce 2^{ème} groupe, sur celles du premier, est avant

tout dans la réalisation automatique des deux premières conditions exigées plus haut.

Nous examinerons à la suite, et seulement en ce qui concerne les méthodes du second groupe, les conséquences de la valeur 10^6 admise pour le coefficient de dispersion.

3. Dans les méthodes du 2^{ème} groupe nous admettons un agent responsable du marquage du sable. Cet agent doit avoir les propriétés suivantes :

a) pouvoir être rendu adhérent au sable

b) une fois lié au sable, ne pas en être séparé, soit par action chimique de l'eau de la mer, soit par action mécanique de l'eau et du sable lui-même.

c) maintenir son caractère de «marque» jusqu'à la conclusion des essais.

d) ne pas mettre en cause la sécurité de la population voisine de la zone des essais.

e) ne pas rendre les essais trop onéreux.

On peut imaginer plusieurs méthodes employant des agents de marquage susceptibles de remplir ces conditions. Parmi celles-ci, nous citerons les suivantes

1.^o Emploi de sable marqué au moyen de colorants.

2.^o Activation du sable dans une pile atomique.

3.^o Activation du sable par adjonction d'un isotope radioactif.

4.^o Marquage du sable par voie chimique.

5.^o Emploi du sable marqué au moyen d'une substance fluorescente.

6.^o Addition au sable d'une substance identifiable par analyse spectrale.

7.^o Marquage du sable au moyen d'un agent biologique susceptible d'apparaître macroscopiquement plus tard, en le plaçant dans un milieu favorable à son développement.

8.^o Addition au sable d'une substance chimiquement inerte, ayant un point de fusion bas.

(1) Nous sommes redevables de cette suggestion à Monsieur Manuel Matias, Directeur du Port de Figueira da Foz.

De ces méthodes, celles qui nous semblent les plus intéressantes sont la 3^{ème}, la 4^{ème} et la 7^{ème}.

Cette dernière n'a pas pu être examinée par nous, mais elle nous paraît digne d'étude, spécialement avec des moisissures.

Quant aux deux autres, il est évident qu'elles ne sont pas foncièrement distinctes puisque le marquage par voie chimique a peu de chances de succès si l'on n'emploie pas un isotope radioactif traceur et le marquage par isotope radioactif sera difficilement fait autrement que par voie chimique.

4. C'est dans ce dernier sens que nous avons dirigé nos efforts et à cet effet nous avons imposé, aux isotopes à examiner, deux conditions préalables seulement, à savoir:

1.° Avoir une vie moyenne supérieure à 90 jours mais ne dépassant pas quelques mois.

2.° Emettre des radiations rendant facile leur détection.

Malgré cela, nous n'avons trouvé qu'une douzaine d'isotopes satisfaisants et, parmi ceux-ci, un second triage, ne nous en a laissé que trois: le manganèse 54, le zinc 65 et l'argent 110.

Ce dernier nous a semblé, à priori, le plus intéressant étant donné l'espoir de le déposer sur le sable par réduction et action photochimique à partir du nitrate d'argent.

Des essais préliminaires portant sur la bonne adhésion de l'argent au sable, sa résistance aux actions chimiques et mécaniques, l'étude des conditions de marquage du sable, celle des moyens d'extraction de l'argent du sable contenu dans les échantillons pauvres en sable marqué, l'examen des conditions de sécurité dans le cas d'essais à grande échelle, nous ont permis d'établir un schéma de travail partant des bases suivantes

1.° Le marquage du sable doit se faire au moyen d'une solution de 10 g de nitrate d'argent en 100 cc d'eau par kg de sable.

2.° Dans des limites suffisantes, le pourcentage d'argent fixé par le sable est proportionnel au pourcentage de nitrate d'argent employé.

3.° La récupération chimique de l'argent est possible et sa détermination quantitative assez rigoureuse.

Des essais faits en bassin à houle, avec de l'eau salée, nous ont permis de confirmer que, dans la plupart des cas intéressants, le coefficient de dispersion de 10^6 n'est pas dépassé, y comprise l'action disséminatrice de l'eau elle-même, ainsi que son action chimique. Nous avons vérifié que 70% de l'argent, après son adhésion au sable, s'y maintient en dépit de l'action de l'eau de la mer et du sable lui-même.

Nous avons pu établir ⁽¹⁾ des techniques précises pour le marquage du sable d'une part et, d'autre part, pour la concentration de l'extrait des échantillons contenant l'argent, de telle façon que ce résidu occupe un volume d'environ 1,5% à peine du volume de l'échantillon de sable dont il est extrait.

5. Nous avons examiné également l'utilité pratique de ces techniques, compte tenu des limites de sécurité et d'économie qu'il nous faut respecter.

A cet effet, nous avons préparé des échantillons de sable marqué, le nitrate d'argent ayant été additionné de nitrate d'argent 110. Des essais préliminaires nous ont montré que les échantillons devaient être prévus avec un poids de 10 à 100 kg, produisant donc des résidus de 100 à 1000 cc.

Nous avons préparé des échantillons de sable dûment marqué, avec une quantité connue de Ag 110, et ayant des poids de: 200, 400, 600 et 800 g. Tous ces échantillons contenaient 10^{-2} μ C de Ag 110.

(1) A. Gibert et J. F. Vasconcelos Pinheiro — Marcação de areias com prata radioactiva e sua identificação em amostras empobrecidas na razão de 1:106. Bol. da Ordem dos Engenheiros, Vol. IV, Fev., 1955.

Ces échantillons ont été placés dans le vase tubulaire schématiquement représenté sur la Fig. 1 et leur activité mesurée au

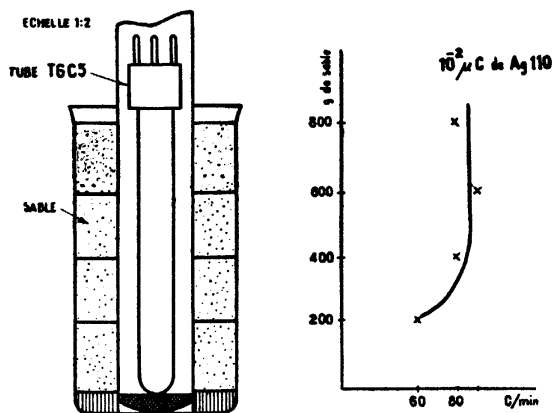


Fig. 1

moyen d'un tube de Geiger-Müller T G C 5 placé le long de l'axe. Les résultats sont reportés sur le graphique de la Fig. 1, d'après lequel on vérifie que les mesurés sont indépendantes, dans de larges limites, de la quantité de matière inerte à laquelle est mélangé l'isotope radioactif, même si, comme c'est le cas, les conditions géométriques ne sont pas exactement reproduites.

Avec $10^{-2} \mu C$ de Ag 110, nous avons obtenu une valeur moyenne de 80 coups par minute, au compteur, contre un mouvement propre de 20 coups par minute. Donc, si nous envisageons une quantité 10 fois moindre de Ag 110, soit $10^{-3} \mu C$, nous pouvons encore la mesurer facilement puisqu'elle produira un comptage d'environ 40% du mouvement propre.

Nous pouvons donc mesurer une activité de $10^{-3} \mu C$ dans le résidu de l'extraction de 100 kg de sable. Avec le coefficient 10^6 , ceci signifie que 100 kg de sable marqué doivent contenir $10^3 \mu C$ de Ag 110. Par conséquent, 100 mC suffiront pour marquer 10 tonnes de sable.

Nous sommes ainsi amenés à prévoir un marquage, par gramme de sable, de 10 mg de nitrate d'argent ordinaire contenant $10^{-2} \mu C$ de Ag 110.

Remarquons que si nous devons envisager des facteurs de dispersion supérieurs à 10^6 nous pouvons le faire dans une large mesure quoique dans des conditions économiques plus onéreuses et éventuellement avec des risques plus grands.

En effet nous pouvons augmenter la sensibilité de cette méthode par trois moyens:

a) la sensibilité de l'appareillage détecteur: nous pouvons gagner un facteur 100 soit en employant un tube G. M. plus sensible que le T G C 5 soit au moyen d'un compteur à scintillations

b) la réduction du volume du résidu: nous pouvons admettre de la poursuivre jusqu'à la limite de l'extraction du chlorure d'argent pur dont l'activité spécifique sera beaucoup plus grande que celle du résidu que nous mesurons à présent.

c) un marquage plus intense: par exemple au moyen de $1 \mu C$ de Ag 110 par gramme, de sable, ce qui nous donnerait encore un facteur 100.

Il est donc sans doute difficile et onéreux, mais non impossible, de pousser l'application de la présente méthode jusqu'à des facteurs de dispersion de 10^{10} .

Cependant, il faut tenir compte de ce que la nature même du matériel étudié nous impose une limite par sa discontinuité de structure. En effet, à 10^{10} de dispersion, nous ne pouvons espérer qu'un seul grain de sable marqué dans une échantillon de 100 kg de sable. Nous pouvons l'identifier mais à condition qu'il ne soit pas perdu.

D'autre part il est utile de remarquer que jusqu'à une dispersion de 10^4 , nous pouvons détecter la radioactivité directement dans le sable suspect, sans extraction chimique. Ceci nous permet de faire une prospection préalable nous donnant très rapidement l'emplacement des zones d'accumulation plus actives. Cette même méthode directe serait applicable au coefficient 10^6 si le marquage était fait à la dose de $1 \mu C/g$.

Ceci nous porte à examiner soigneusement les charges économiques et les conditions de sécurité d'un essai réel.

6. Pour le faire nous allons envisager le marquage de 10 tonnes de sable au taux de $10^{-2} \mu\text{C/g}$, d'abord du point de vue de la sécurité.

La quantité totale de Ag 110 employé sera de 100 mC. Il est évident qu'il n'y a aucun risque sérieux dans la manipulation d'une telle quantité, pas plus que dans ses effets éventuels après dissémination.

En effet, si nous prenons un coefficient de dispersion 100, très peu probable, nous trouverons sur la plage en question, $1 \mu\text{C}$ de Ag 110 dans 10 kg de sable. Or, $1 \mu\text{C}$ de Ag 110, est la quantité admise sans danger dans le corps humain ⁽¹⁾ et il est évident que personne ne pourra l'absorber à partir de 10 kg de sable.

Dans l'eau et dans l'air nous admettons les M. P. C. (maximum permissible concentration) suivantes ⁽¹⁾:

eau: $3 \cdot 10^{-4} \mu\text{C/cc}$
air: $5 \cdot 10^{-8} \mu\text{C/cc}$

Dans le cas de l'eau, la M. P. C. nous permet de conclure qu'il n'y a plus aucun risque d'ingestion de l'eau aussitôt que l'argent dissous (30%) s'est diffusé dans 100.000 litres d'eau, volume peu important pour l'eau de la mer.

En ce qui concerne l'air, le risque pourrait être créé par les poussières provenant du sable pendant les opérations de marquage. La M. P. C. ne serait pourtant atteinte, dans les conditions prévues, que si 500 g de poussières se trouvaient dans 100 m^3 d'air respirable. Il faut remarquer cependant que ceci n'est qu'une valeur moyenne et des précautions doivent être prises en ce qui concerne la protection spéciale des voies respiratoires des travailleurs.

Quant à l'action des radiations, les mesures de protection à prendre sont les couran-

tes et n'engagent à aucune procédure spéciale.

Néanmoins, si l'on envisage un taux de marquage plus élevé que $10^{-2} \mu\text{C/g}$, les problèmes de protection grandissent en importance et pourraient amener de très grosses difficultés, surtout du point de vue populationnel.

7. Examinons maintenant l'aspect économique.

La situation est loin d'être satisfaisante et la méthode que nous avons étudiée est malheureusement très onéreuse.

En effet, quoique le coût de l'isotope Ag 110 ne soit pas très important, le besoin de l'employer avec du nitrate d'argent ordinaire, cependant cher, représente une lourde charge. Le nitrate d'argent ordinaire est pourtant indispensable, comme «carrier», pour les opérations finales d'extraction, du résidu, enrichi en Ag 110, du sable des échantillons.

Nous avons, en conséquence, jugé qu'il ne serait pas économique d'employer une plus grande quantité que 1 kg de nitrate d'argent pour 100 kg de sable mais il ne nous paraît pas possible d'envisager une quantité moindre. Ainsi pour un essai portant sur 10 T de sable nous devons prévoir 100 kg de nitrate d'argent à raison d'environ US\$20. — dollars par kg. Cependant, avec un coefficient 10^6 , une telle quantité ne nous permet d'espérer que 1 mg de nitrate d'argent dans 10 kg de sable échantillonné, ce qui rend déjà assez délicates les opérations d'extraction.

Par contre, l'appareillage nécessaire n'est pas très coûteux et peut être presque entièrement récupéré après chaque essai.

8. En résumé, nous sommes à même de tirer de notre travail les conclusions suivantes:

1.° Il est possible de marquer du sable avec de l'argent dont environ 70% est retenu par le sable malgré les actions de l'eau de la mer.

⁽¹⁾ Ces valeurs nous ont été aimablement communiquées par M. W. Binks du The Radiological Protection Service, London.

2.º Il est possible de réduire à environ 1% en poids, par rapport au sable d'où il est extrait, le résidu contenant l'argent récupérable, en tout cas jusqu'à une concentration de 1 mg de nitrate d'argent par 10 kg de sable.

3.º Il est possible de mesurer quantitativement dans des échantillons de 1 kg de sable, environ jusqu'à 10^{-3} μ C de Ag 110 et probablement moins avec un appareillage plus sensible.

4.º La detection du sable marqué dans une plage peut être faite directement à la dispersion de 10^4 , indirectement, jusqu'à 10^6 et, apparemment, jusqu'à 10^{10} .

Mais, quoique la méthode décrite puisse contribuer à la résolution de certains problèmes d'hydraulique, il serait sans doute utile de la perfectionner et d'en faire une critique comparative, en tenant compte d'autres méthodes, dont nous avons rappelé quelques unes. Le transport du sable par la mer est perturbé par tant de facteurs, que de telles études nous laissent l'espoir

d'en arriver à mieux comprendre certains de ces éléments de perturbation.

Le présent travail est une contribution à cet effort d'intérêt général qui mérite d'être poursuivi.

Lisbonne, Octobre 1954.

NOTE — Pendant l'impression de ce travail nous avons appris qu'un groupe anglais étudiait ce même problème, en rapport avec les sables boueux de la Tamise. Ces chercheurs emploient le scandium 46, après lui avoir conféré les propriétés granulométriques du sable auquel il est mélangé. Les anglais emploient donc une méthode qui tient de celles que nous avons envisagé sous les alinéas 2^e et 5^e du 1^{er} groupe et, plus précisément, sous le 3^e du 2^{ème} groupe. En ce qui concerne les sables non boueux il serait remarquable d'avoir la confirmation de l'inséparabilité du sable et du scandium sous l'action de la mer elle-même.

A. GIBERT

Técnica aplicada ao estudo do funcionamento da glândula tiroideia com iodo ^{131}I

Como é sabido um dos campos em que se utilizam os isótopos radioactivos é a medicina. Como o início da sua utilização é relativamente recente, as perspectivas parecem vastas e daí a sua utilização em trabalhos de investigação.

Pode por exemplo, determinado isótopo radioactivo, não tóxico e de período conveniente, ser utilizado como marcador do seu isótopo estável, permitindo estudar o metabolismo desse elemento no organismo, dado que este não os diferencia, tratando-os portanto de igual modo, o que se deve às suas propriedades químicas serem idênticas.

No entanto, embora possa parecer pre-

maturo falar em experiência adquirida, esta existe, e devido a ela há isótopos radioactivos que se pode dizer são já hoje mundialmente utilizados, para fins específicos, dum maneira que poderemos chamar rotineira.

É este justamente o caso do iodo ^{131}I , que é utilizado praticamente em todos os países para conseguir obter diagnósticos mais objectivos das disfunções da glândula tiroideia.

No nosso país e que eu tenha conhecimento, só é utilizado dum modo sistemático no Serviço de Isótopos do Instituto Português de Oncologia, desde Abril de 1953.

Apresentação do problema físico-médico dum ponto de vista elementar

A glândula tiroideia elabora uma hormona em cuja complexa molécula existem átomos de iodo. Assim a tiroideia tem necessidade de absorver esse iodo do plasma sanguíneo e armazená-lo, para poder utilizá-lo na elaboração da sua hormona, necessária como todas ao bom funcionamento do nosso organismo.

O iodo contido na alimentação quotidiana ou o que se introduza deliberadamente num indivíduo, quer por via oral, quer por via endovenosa, uma vez incorporado na corrente circulatória, é em grande parte absorvido pela glândula tiroideia; outra parte é eliminada através dos rins pela urina.

A tiroideia elabora com esse iodo a sua hormona que, uma vez lançada no sangue, vai sendo utilizada pelo organismo, destruindo-se a complexa molécula orgânica que a constitui; volta assim o iodo novamente sob a forma inorgânica para o sangue.

Tendo deliberadamente ministrado iodo a um indivíduo em determinado momento, podemos dizer, quase rigorosamente, que passado um certo tempo esse iodo está na tiroideia, no plasma sanguíneo e na urina que o indivíduo eliminou após ter tomado o iodo.

Ora, o que acontece com o iodo estável, acontece com qualquer isótopo radioactivo do iodo, com a vantagem de ser fácil medir as quantidades desse iodo que em dado momento existem na tiroideia, no plasma ou na urina.

Sendo assim, e dado que o clínico conhece quais as percentagens do iodo radioactivo tomado, que devem existir na tiroideia de indivíduos normais passados determinados intervalos de tempo após ter tomado iodo radioactivo, compreende-se o porquê do seu uso para analisar o comportamento da tiroideia.

Se um indivíduo tem uma disfunção da glândula tiroideia, dois casos se podem

dar: ou a sua tiroideia fixa mais iodo radioactivo do correspondente à normalidade, ou fixa menos.

Podemos então concluir «grosso modo», que se a glândula fixa mais iodo do que o normal é porque dele tem necessidade, o que corresponde geralmente a um excesso de secreção da hormona, e também a um aumento da sua utilização; o indivíduo terá neste caso um hipertiroidismo. No caso contrário terá um hipotiroidismo.

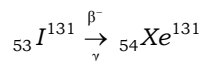
Esta é evidentemente uma esquematização de fenómenos muito mais complexos, feita por um físico, o que com certeza não lhe confere o rigor, do ponto de vista clínico que seria de desejar. Com efeito a Medicina distingue dentro destes dois tipos fundamentais, vários subtipos que, métodos próprios lhe permitem determinar na sua maioria.

O que se pede, em geral, a esta análise ou iododiagnóstico, é que situe as disfunções da tiroideia num dos dois tipos indicados.

Iodo 131 (I^{131})

O isótopo radioactivo do iodo, escolhido para este fim, é o I^{131} , devido a que o seu período (8 dias) é suficientemente longo para permitir obter medidas que mereçam confiança até, pelo menos às 48 horas, sem necessidade de dar ao indivíduo uma quantidade de I^{131} que possa ser prejudicial. Simultaneamente é curto bastante para que o I^{131} que não é eliminado, se possa considerar que vai desaparecendo com suficiente rapidez.

O I^{131} que se desintegra seguindo o esquema:



não possui nenhum descendente que seja nocivo.

A radiação proveniente do I^{131} e que serve para indicar a sua presença é a radiação γ emitida, que permite além disso, a fácil realização de medições.

O I^{31} vem de Amersham (Inglaterra) dissolvido em sulfato de sódio e com um pH entre 8 e 10. O aspecto deste soluto é aquoso, incolor, inodoro e insípido. Esta última qualidade facilita a ingestão por via oral o que evita a esterilização necessária para administrar o soluto por via endovenosa. Não vem esterilizado de Amersham, porque isso encarece o produto e seria, na maior parte dos casos, supérfluo.

Aparelhagem — Dispositivos especiais

A aparelhagem utilizada para medir a intensidade das radiações consta essencialmente dum conjunto constituído por um cristal de iodeto de sódio, associado a um foto-multiplicador e a um preamplificador, que designaremos como é corrente por tubo contador de cintilações, e dum «rate-meter».

Este contador de cintilações tem características apropriadas para realizar medições de radiação γ , nas suas aplicações biológicas. Fornece-nos um rigor que para estas medidas é largamente suficiente. É muito mais sensível, como é sabido, que os tubos contadores do tipo Geiger-Müller, o que permite, trabalhando à mesma distância, utilizar doses menores de I^{31} (1)

O «Rate-meter» fornece-nos leituras, em

(1) Quando se faz o iodo-diagnóstico a um indivíduo ainda não se sabe qual a disfunção da sua tireoideia, nem sequer se a tem, embora o seu médico já tenha feito um diagnóstico prévio.

Daqui a vantagem de usar doses mínimas, pois se no caso do indivíduo sofrer de hipertiroidismo, o uso duma dose maior não tem importância, visto que o I^{31} também se pode usar como terapêutica para esta doença; em qualquer outro caso uma dose excessiva só é prejudicial ao indivíduo.

Chamamos dose, em todo este artigo não à grandeza física conhecida com este nome, mas sim ao número de microcuries ou de milicuries de substância radioactiva, que se dá ao doente, como é corrente em medicina.

toques por segundo, da intensidade da radiação que chega ao tubo contador de cintilações que está ligado a ele.

É um aparelho com diversas possibilidades: permite trabalhar com diferentes discriminações, conforme a amplitude dos impulsos que convém medir.

Também é possível fazer variar o tempo morto do conjunto.

Permite também variar a escala para leitura, de acordo com a intensidade da radiação a medir.

Trabalhando numa dada escala pode-se aumentar a sensibilidade, o que se traduz numa maior mobilidade da agulha no mostrador que nos dá directamente o valor em toques por segundo da intensidade da radiação que se pretende medir.

Como só se pretendem nestes testes medidas comparativas, interessa que as diversas medições sejam realizadas com o mesmo valor quer da «discriminação» quer do tempo morto.

O tubo contador de cintilações está montado num suporte móvel sobre carris que permite a sua colocação em qualquer posição no plano vertical que contém o eixo do tubo.

O doente senta-se numa cadeira semelhante às de dentista e colocada de tal maneira que o plano médio do indivíduo sentado passe pelo eixo do tubo contador.

Existe ainda um outro suporte regulável que permite variar facilmente a posição dum «écran» de chumbo com 9 mm de espessura aproximada (Fig. 1 A e 1 B).

Utiliza-se também um tubo contador Geiger-Müller para radiação γ , ligado a um «scaler» vulgar com estabilizador de tensão separado, em vez de estar incluso como nalguns modelos, para realizar medidas comparativas da radiação emitida pela urina eliminada pelo paciente em intervalos de tempo conhecidos.

Este tubo Geiger-Müller tem uma montagem dimensionada de forma a tornar cómodo introduzir directamente os frascos

que se fornecem ao doente para guardar a urina (Fig. 2).

Usam-se ainda tubos contadores Geiger-Müller, para radiação β especiais para líquidos, que introduzidos num invólucro protector de chumbo e ligados a outro «scaler» permitem, dada a sua sensibilidade realizar medidas comparativas rigorosas de líquidos pouco radioactivos. São por isso utilizados nas medições da actividade ⁽¹⁾ total de amostras de plasma sanguíneo, e ainda, conseguida a separação do iodo em forma inorgânica do iodo de moléculas orgânicas, permite determinar a fracção da actividade total que é devida a cada uma destas partes. (Fig. 3).

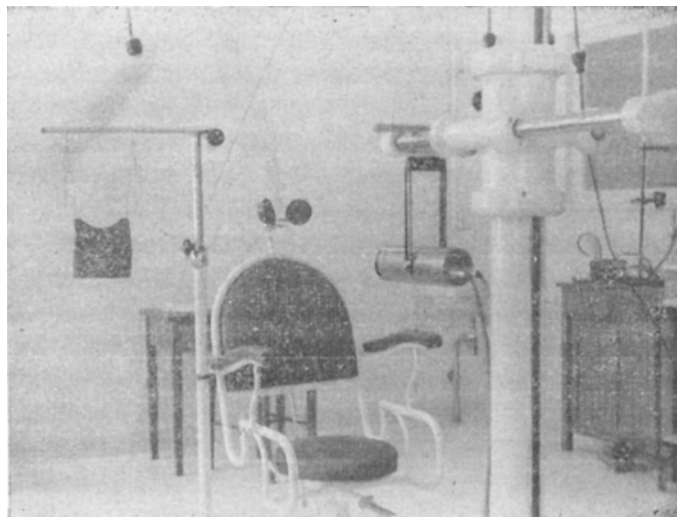


Fig. 1 A

⁽¹⁾ Chamaremos actividade A à grandeza associada ao número de átomos desintegrados e por consequência ao número de átomos presente num dado instante. Tem-se de:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N_0 — Número de átomos existentes no instante tomado para origem dos tempos. N — Número de átomos existentes no instante t . λ — Constante radioactiva do elemento considerado. e — Base dos logaritmos neperianos.

$$dN = -\lambda N_0 e^{-\lambda t} dt$$

$$\Delta N = -\lambda N \Delta t$$

ΔN — Número de átomos que se desintegra no intervalo de tempo Δt . Para a unidade de tempo ($\Delta t = 1$);

$$A = k \Delta N;$$

$$A = -k \lambda N;$$

$$-k \lambda = K;$$

$$A = KN.$$

K é o coeficiente de detecção do instrumento de medida. A actividade A , mede-se no caso dum tubo

Métodos de trabalho

Manipulação do I^{131} à entrada no Laboratório

Conhecida a intensidade em milicuries (mC) do soluto num dado instante (dia e hora), calcula-se facilmente a sua intensidade no momento em que pretendemos fazer o seu controle ⁽¹⁾.

Realiza-se esta verificação por um método grosseiro. Calcula-se previamente qual o número de mr/h (miliroentgens por hora) a 1 m de distância que correspon-

de ao número de milicuries de I^{131} calculado para esse momento.

Com uma câmara de ionização colocada a 1 m distância do eixo do frasco que contém o soluto, mede-se a sua dose a essa distância em mr/h . O número obtido difere sempre pouco do calculado previamente. Esta verificação permitiria detectar qualquer erro grosseiro, que pudesse ter havido na origem.

contador em número de toques por minuto, no caso dum electrómetro em amperes etc.

⁽¹⁾ A desintegração do I^{131} segue a conhecida Lei da radioactividade:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Onde N_0 , N , e λ já foram definidos na nota anterior.

$$\text{Para o } I^{131} \lambda = \frac{0,693}{8} = 0,0866 \text{ } d^{-1}$$

Mas para maior comodidade, tem-se já tabelados para este isótopo e para alguns outros, os valores de N/N_0 em função de t .

O frasco que contém o soluto radioactivo deve ser retirado da caixa de chumbo de protecção por meio de pinças apropriadas, de 0,5m aproximadamente (Fig. 4).

Realizada esta operação o frasco volta imediatamente para a caixa de chumbo; é nesta posição que se procede ao transvasamento e diluição do soluto da maneira mais conveniente para a sua utilização posterior. Estas manipulações são realizadas com o operador protegido por um muro de tijolos de chumbo.

Transvasa-se o soluto para uma proveta graduada utilizando uma trompa de água; de modo semelhante se faz a diluição, deitando no frasco já vazio a água destilada necessária, que é aspirada pela trompa, pois o sistema está bem fechado.

Como o frasco fica assim bem lavado, podemos considerar que o soluto fica totalmente transvasado e com a diluição que se pretende. Com dispositivo conveniente faz-se passar o líquido para uma bureta de 100 cm³ graduada em décimos. Fi-

ca-se assim conhecendo a concentração deste novo soluto em mC/cm^3 , em determinado instante.

Este soluto ainda é bastante concentrado, pelo que só se devem medir directamente com a bureta as doses da ordem do milicurie (1).

Todo este sistema está dentro duma «hote» que além da protecção com tijolos de chumbo possui um potente exaustor. (Fig. 5).

Preparação de doses, seu contrôle e modo de ministrar

Para comodidade e maior rigor na obtenção das doses de I^{31} para os iodo-diagnósticos a realizar

diariamente, prepara-se a partir deste soluto um outro com uma concentração da ordem de $20 \mu C/cm^3$ (a determinada hora do dia em que se prepara). Guarda-se este novo soluto na «hote» protegida com chumbo.

Sempre que é necessário

(1) Não é do âmbito deste artigo tratar de doses desta ordem, visto que estas só são utilizadas para fins terapêuticos e não de diagnóstico.

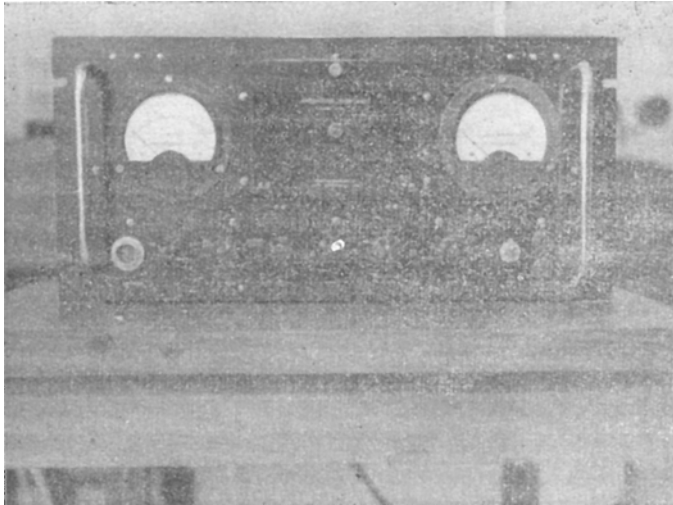


Fig. 1 A

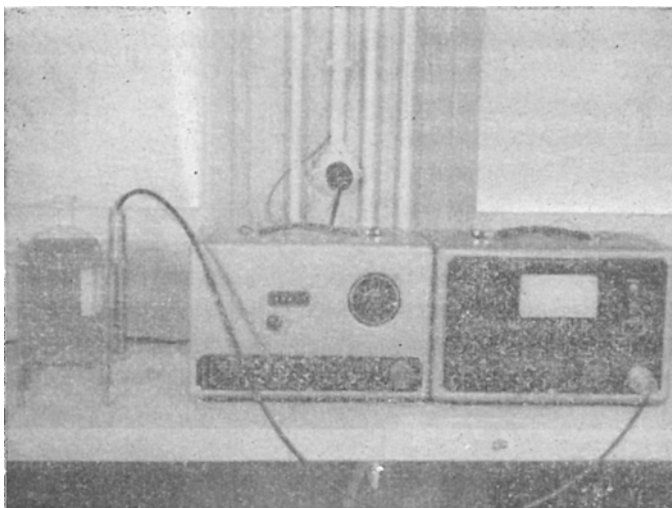


Fig. 2

preparar doses para o dia seguinte faz-se um cálculo rápido para saber qual a concentração deste soluto no momento em que o paciente irá ingerir o isótopo e determina-se em seguida o número de cm^3 de soluto para obter doses da ordem dos $50 \mu\text{C}$.

Estas preparam-se com uma telepípetta e seguidamente por diluição conveniente obtém-se um soluto padrão, da ordem dos $3 \mu\text{C}$ que serve para posteriormente fazer medidas comparativas da radioactividade da urina eliminada (Fig. 6). Estas doses são medidas antes de serem dadas ao doente, introduzindo o soluto no interior dum modelo de parafina de modo a ficar em condições semelhantes «grosso modo» às da glândula tiroideia, cuja radioactividade interessa medir posteriormente (Fig. 7).

Para isso coloca-se o modelo à mesma distância a que ficará o pescoço do doente,

o que se consegue por intermédio duma pequena vara de madeira com cerca de 40 cm de comprimento.

Seja n_0 o resultado da medição assim realizada, e chamemos no ao valor obtido no «ratemeter» tendo colocado o «écran» de chumbo entre o modelo e o tubo contador de cintilações mas junto ao modelo. Ao valor:

$$\frac{n_0 - n_0^l}{n_0} = r$$

poderemos chamar factor de redução deste «écran» de chumbo, para a radiação emitida.

Noutra sala que não a reservado a estas medidas, procede-se à ministração da dose por via oral ao doente. Protege-se este com papel de filtro, para o caso de poderem cair algumas gotas, ao tomar por uma «pallina», primeiro a dose e depois a água que se deita no mesmo recipiente que a continha, de maneira a conseguir que na boca não fique praticamente nada de I^{31} .

Pretende-se com isso que todo o I^{31} contido no soluto passe ao estômago e seja digerido. Se o doente usar aparelhos móveis de prótese dentária, deve retirá-los ao ingerir a dose, mesmo neste caso em que se trata duma

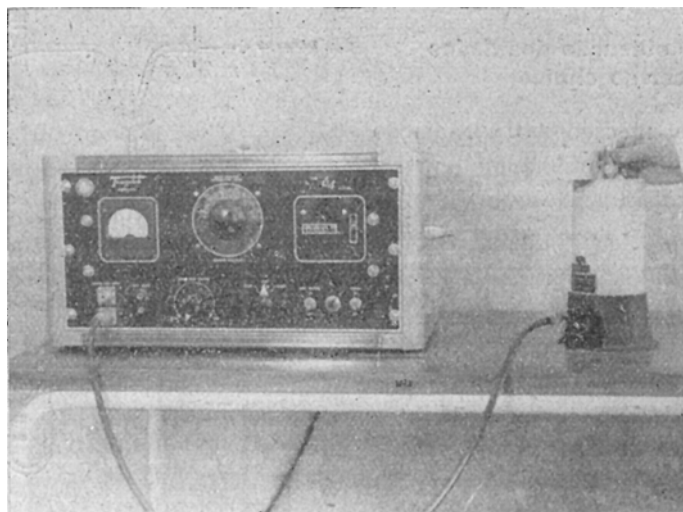


Fig. 3

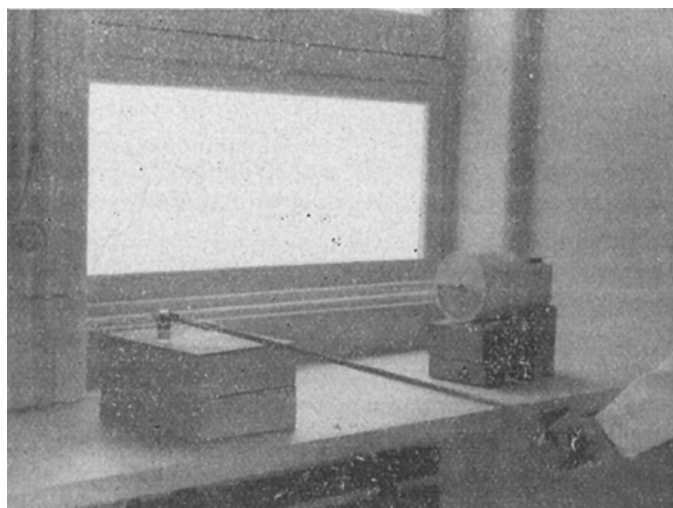


Fig. 4.

dose muito pequena. Regista-se a hora, e fornece-se ao doente um frasco para guardar a urina que eliminar a partir desse momento até 6 h. depois.

Medições para obtenção dos dados a fornecer ao clínico

I — Realizam-se medições da radiação emitida pela glândula tiroideia do doente, 2 h, 6 h e 24 h após ter ingerido a dose de I^{31} .

Estas medidas obtêm-se, sentando o doente na cadeira e colocando o tubo contador de cintilações de maneira que o prolongamento do seu eixo, orientado horizontalmente; passe aproximadamente pelo centro da tiroideia.

Coloca-se o tubo à distância já indicada do pescoço do doente.

Supondo que o resultado da medição são n toques por segundo e que colocando o mesmo «écran» de chumbo tapando completamente o pescoço do doente a medida obtida é de n^l toques por segundo, a expressão muito simples:

$$d_g = \frac{100}{n_0 - n^l} (n - n^l)^{(1)}$$

permite-nos determinar a percentagem d_g do I^{31} ingerido pelo doente, fixada pela glândula tiroideia. Como a tiroideia fixa muito mais iodo que os tecidos vizinhos, não há inconveniente em que o «écran» de chumbo tape por completo o pescoço do

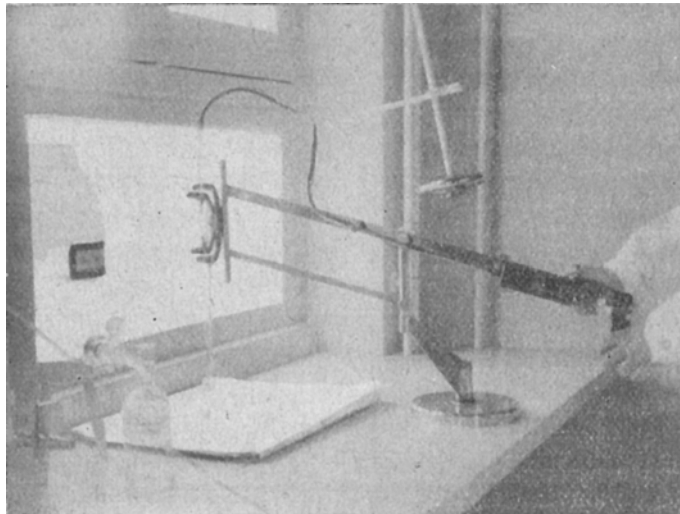


Fig. 6.

(1) Ver J. Palácios. «Modo de Averiguar la energia liberada en la glândula y en el plasma sanguineo por el yodo 131», Clinica Contemporânea, Vol. VII, n.º 2, Junho de 1953.

doente, embora se considere o abaixamento da actividade medida $n - n^l$ como, devido,

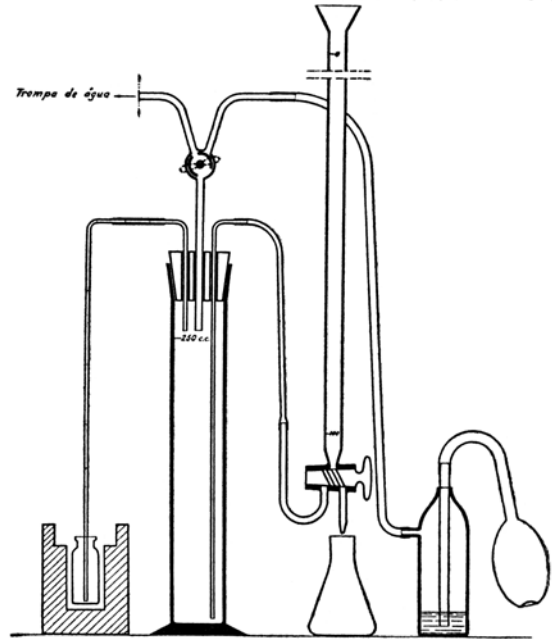


Fig. 5

exclusivamente ao facto de se ter coberto a tiroideia.

Noutros laboratórios, realizam exclusi-

vamente uma medida com o tubo junto à dose e depois medidas directas com o tubo encostado ao pescoço do doente. Este método de trabalho permite a utilização de doses menores, mas por outro lado qualquer erro na distância, dá origem

a um erro relativo muito maior que no nosso caso. O facto da localização em profundidade da glândula tiroideia poder variar de indivíduo para indivíduo é uma das cau-

sas de erro nesse método. Seis horas após ter ingerido a dose o doente urina e só após essa micção se fazem as medições que permitem determinar de novo a percentagem da dose de I^{31} ingerida, que a tiroideia fixou.

O doente leva um outro frasco semelhante ao primeiro para guardar toda a urina até 24 h após ter ingerido a dose e é-lhe fornecido ainda um outro frasco para guardar a urina eliminada das 24h às 48h.

II — Após a entrega do último frasco de urina pelo doente, procede-se à medição da actividade do conteúdo de cada um dos frascos.

Essa actividade traduz-se num certo número n de toques por minuto.

Como os frascos são todos do mesmo tamanho, só se realizam medidas contendo todos eles o mesmo volume, de maneira que

quando o volume de urina não é suficiente deita-se-lhes água até obter o volume que se pretende (sempre o mesmo).

Imediatamente se mede também em toques por minuto (n_p) a actividade do soluto padrão que se preparou para esse efeito no momento em que se preparou a dose (1).

Sobre o I^{31} ingerido e eliminado e sobre o I^{31} contido neste soluto padrão, como fo-

ram preparados para a mesma hora do mesmo dia, decorreu o mesmo tempo, até ao instante em que se medem (salvo uma diferença de minutos que não chega a ter importância). De maneira que é muito fácil determinar a percentagem de I^{31} eliminada (d_e) durante os intervalos de tempo estabelecidos:

$$d_e = \frac{100 \cdot n \cdot D_p}{n_p \cdot D_0}$$

D_p — μC de I^{31} do soluto padrão.

D_0 — μC de I^{31} ingeridos, no momento da ingestão.

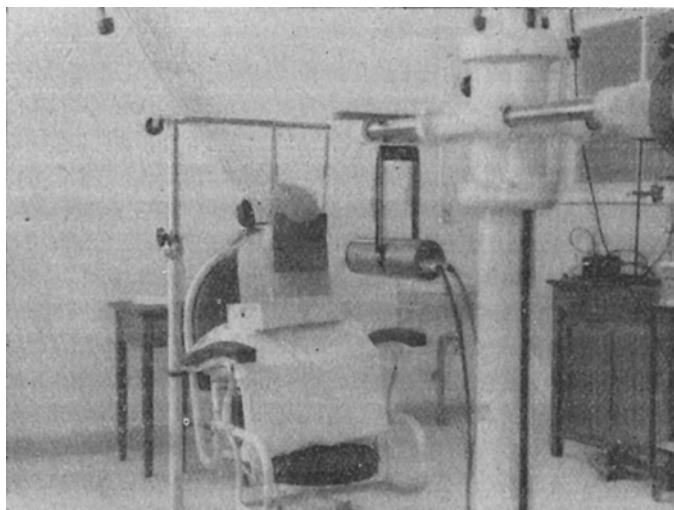


Fig. 7.

Como verificação deve suceder que a soma da percentagem d_g do I^{31} existente na glândula às 24 h com a percentagem d_e de I^{31} eliminado das 0 às 24 h deve ser próxima de 100%.

III — Por vezes e em certos casos, convém ao clínico saber a evolu-

ção com tempo não só da quantidade total de I^{31} existente no plasma sanguíneo como ainda qual a parte devida a iodo sob forma inorgânica e qual a parte devida a iodo ligado a moléculas orgânicas (proteínas).

Para isso, extrai-se ao doente 30 cm³ aproximadamente de sangue com uma seringa que contém um pouco de liqueamina, para evitar a rápida coagulação, nos instantes indicados pelo clínico (24 h, 48 h, etc. após ter ingerido a dose de I^{31}).

Este sangue é primeiro centrifugado, para conseguir a separação do plasma sanguíneo, seguidamente tomam-se 10 cm³ deste

(1) Supõe-se sempre em toda a exposição que os números n de toques por minuto ou toques por segundo estão corrigidos, quer da radiação de fundo quer do erro correspondente ao tempo morto.

plasma e introduzem-se no tubo contador Geiger-Müller, especial para líquidos.

É um tubo contador para radiação β de paredes muito finas portanto, e dada a sua forma permite a realização de medições rigorosas devido a que o líquido rodeia e cobre completamente o tubo contador.

Faz-se imediatamente por intermédio do «scaler» a que se liga o tubo contador, uma determinação da actividade n destes 10 cm³ de plasma sanguíneo em toques por minuto. A seguir noutro tubo de centrífuga junta-se a 10 cm³ de plasma sanguíneo 10 cm³ de ácido tricloroacético (a 20%), agitando constantemente, tapa-se e deixa-se repousar 30 minutos ou mais (Método de Clark Moe e Adams).

Centrifuga-se novamente durante 15 minutos; consegue-se assim separar o iodo em forma inorgânica que fica dissolvido no líquido e o iodo ligado às proteínas que fica no precipitado proteico.

Coloca-se o líquido num tubo de ensaio, e junta-se ao depósito que ficou no tubo de centrífuga 10 cm³ de água destilada agitando com uma vareta de vidro. Repousa 15 minutos e centrifuga-se novamente, acrescentando o líquido que se separa por centrifugação ao já existente no tubo de ensaio.

Dissolve-se o precipitado proteico com soda cáustica binormal, e se a solução é difícil adicionam-se umas gotas de soda caustica a 40% e coloca-se numa estufa a 100° C durante uns 30 minutos aproximadamente.

Mede-se o volume V^I do líquido que se guardou no tubo de ensaio e que contém o I^{31} em forma inorgânica e o volume V'' do soluto obtido do precipitado proteico que contém o I^{31} ligado às proteínas.

Deste volume V^I tiram-se 10 cm³ cuja actividade n^I se mede no tubo contador ligado ao «scaler» e do volume V'' tiram-se também 10 cm³ que se colocam no tubo contador e cuja actividade n'' também se mede por intermédio do mesmo tubo.

Este tubo contador, como já se disse, está colocado no momento em que se reali-

zam as medições de actividades, sempre dentro do mesmo envólucro protector de chumbo (castelo de chumbo) destinado a absorver grande parte da radiação de fundo existente.

Os valores n , n^I e n'' das actividades supõe-se que já estão devidamente corrigidos da actividade devida à radiação de fundo. Para isso, e como é costume, antes de cada medição de actividade, realiza-se uma medição da actividade correspondente à radiação de fundo, colocando no tubo 10 cm³ de água destilada.

Por vezes a actividade n_f devida a essa radiação de fundo aumenta aparentemente muito. Em geral isso quer dizer que o vidro do próprio tubo contador está contaminado com I^{31} . Então o que há a fazer é lavar muito bem o tubo por exemplo com iodeto de sódio («carrier»), deixando-o por vezes durante horas; dão-se fenómenos de troca entre os iões de iodo estável do soluto e os átomos de I^{31} fixados pelo vidro. No fim desse tempo lava-se o tubo cuidadosamente com água destilada e torna-se a medir a actividade n_f devida a radiação de fundo e verifica-se que já tem novamente um valor de acordo com as flutuações normais.

Este tubo para líquidos foi cuidadosamente calibrado para um soluto padrão de I^{31} com D_p μ C em 10 cm³, e sabe-se portanto o número n_p de toques por minuto que corresponde a esse número D_p de microcuries em 10 cm³.

Toma-se nota dos momentos exactos em que se realizam as medições das actividades de I^{31} total existente em 10 cm³ de plasma sanguíneo (n), do I^{31} inorgânico existente em 10 cm³ do volume V^I e do I^{31} ligado às proteínas existente em 10 cm³ do volume V'' .

Considerando como instante zero aquele em que o doente ingeriu a dose, é fácil determinar as actividades corrigidas do decréscimo natural do I^{31} : n_c , n^I_c e n''_c , que cada um destes volumes teria no instante em que o doente ingeriu a dose radioactiva D_0 (μ C).

Com estes dados, determina-se pelas expressões que seguem, as percentagens da

dose ingerida por litro de plasma, referidas ao tempo zero, respectivamente do I^{31} total d_{pl} , do I^{31} sob forma inorgânica d'_{pl} e do I^{31} ligado às proteínas d''_{pl} :

$$d_{pl} = \frac{D_p}{n_p} \cdot n_c \cdot \frac{10000}{D_0}$$

$$d'_{pl} = \frac{D_p}{n_p} \cdot n'_c V^I \cdot \frac{10000}{D_0}$$

$$d''_{pl} = \frac{D_p}{n_p} \cdot n''_c V'' \cdot \frac{10000}{D_0}$$

Gráficos — Gráficos tipo

I — Das medições realizadas directamente no doente, já vimos que se podiam obter as percentagens d_g da dose de I^{31} ingerida, existentes na glândula em determinados instantes (2, 6 e 24 h após ter ingerido a dose). Com estes valores constrói-se um gráfico em cujas abscissas se marca o tempo (1 cm ↔ 2 h) e cujas ordenadas correspondem a percentagens da dose (1 cm ↔ 10%); podem ou não estas percentagens estar referidas ao tempo zero, é uma questão puramente convencional. Se estivessem referidas ao tempo zero chamar-lhe-íamos d_{gc} , indicando que estavam corrigidas do decréscimo natural do I^{31} .

No gráfico que a seguir apresentamos, indica-se a tracejado a zona que podemos considerar da normalidade (eutiroidismo).

Curvas nitidamente acima dessa zona, correspondem geralmente a hipertiroidismos, e nitidamente abaixo a hipotiroidismos.

No entanto podem indicar excepcionalmente outras anomalias que a história clínica do doente esclarece. Por vezes para diagnosticar um hipertiroidismo basta que um só dos valores obtidos esteja acima da curva limite. Outro indício de hipertiroidismo é a curva atingir o seu valor máximo antes das 24 h (Fig. 8.)

II = Os três valores das percentagens da dose ingerida, d_e , de I^{31} eliminada pela

urina desde o momento da ingestão até 6 h depois, das 6 h às 24 h e das 24 h às 48 h, permitem traçar embora com pouco rigor a curva da eliminação do I^{31} pela urina. Os

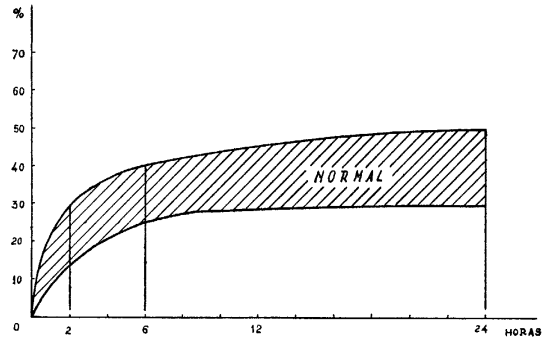


Fig. 8

pontos correspondentes às 24 h e às 48 h são obtidos por soma:

$$d_e(0 - 24) = d_e(0 - 6) + d_e(6 - 24)$$

$$d_e(0 - 48) = d_e(0 - 24) + d_e(24 - 48)$$

Este gráfico é referido aos eixos atrás considerados o que permite a interpretação simultânea das curvas obtidas. A seguir apresentamos um exemplo das curvas obtidas num caso de hipertiroidismo (Fig. 9).

DOENTE: A.V.V.
DOSE: 30 μc

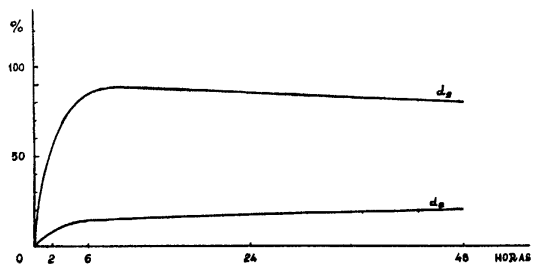


Fig. 9

Também se determina a partir da curva correspondente à eliminação um parâmetro «T» definido pela seguinte expressão:

$$T = \frac{d_e(0 - 8) \times 100}{d_e(8 - 24) \times d_e(0 - 48)}$$

Existe uma tabela que em função dos valores deste parametro, nos permite classificar os vários casos:

$T \geq 13,8$	Hipertiroidismo
$13,8 > T > 9,9$	Muito provável Hipertiroidismo
$9,9 \geq T > 7,1$	Provável Eutiroidismo
$7,1 \geq T > 3,1$	Eutiroidismo
$3,1 \geq T > 2,1$	Provável Eutiroidismo
$2,2 \geq T > 1,9$	Muito provável Hipotiroidismo
$1,9 \geq T$	Hipotiroidismo

III — Nos casos em que o clínico julga necessário também se traçam curvas representando em ordenadas as percentagens da dose ingerida por litro de plasma, referidas ao tempo zero, do I^{31} total d_{pl} , do I^{31} em forma inorgânica d_{pl} e do I^{31} ligado às proteínas d_{pl}^p , e em abscissas o tempo em dias. As extracções de sangue são feitas nos dias indicados pelo clínico, às vezes diariamente Fig. 10.

Evidentemente que:

$$d_{pl} = d_{pl} + d_{pl}^p$$

o que constitui uma fácil verificação, de que esta análise foi feita com o rigor necessário.

É a relação entre os valores d_{pl} e d_{pl}^p em determinados instantes que dá ao clínico informações que devidamente interpretadas conduzem a conclusões sobre o funcionamento da glândula tiroideia do indivíduo cujo sangue foi analisado.

Não esqueçamos que a percentagem d_{pl}^p correspondente ao I^{31} ligado às proteínas provém principalmente da hormona segregada pela tiroideia.

Esta análise só se faz em determinados casos porque exige a frequente presença do doente com os incômodos e perdas de tempo inerentes.

Devido à complexidade dos fenómenos que por este método se pretendem estudar, os resultados que por vezes se obtêm não traduzem rigorosamente a realidade bioló-

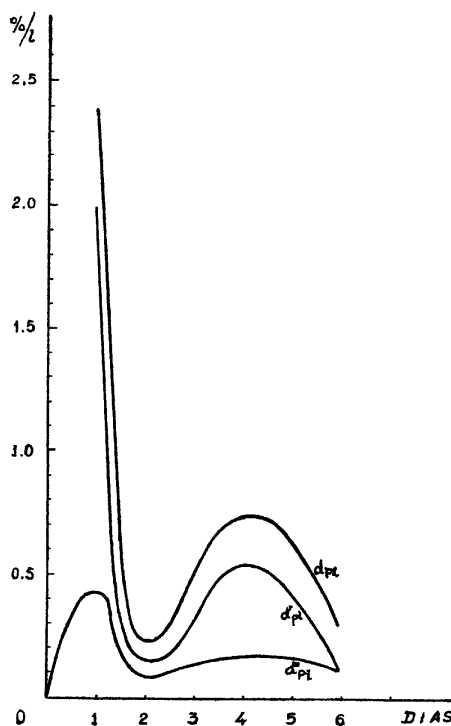


Fig. 10

gica. Estuda-se presentemente a aplicação dum novo método mais completo ⁽¹⁾ que tende a definir com maior precisão o funcionamento da glândula tiroideia, pois determina parâmetros que permitirão calcular a massa de iodo que, numa hora, é utilizada na elaboração da hormona.

MARIA AUGUSTA PÉREZ FERNÁNDEZ

Do Serviço de Isótopos do I. P. O.
Bolseira do I. A. C.

⁽¹⁾ Julio Palácios, «Integration of the equations describing the iodine metabolism and new techniques for the diagnosis of thyroid diseases with radioactive iodine», *Clínica Contemporânea*, Junho 1954.

PONTOS DE EXAME

EXAMES DO ENSINO MÉDIO (FÍSICA)

Certificado de Electrónica e Radioactividade
— Instituto do Rádio — Sorbonne — Paris —
Junho de 1953.

1.ª Prova escrita — duração: 3 horas

I — *Electrónica:*

194 — Definir os elementos característicos das bombas de vácuo: pressão inicial, pressão limite e velocidade de esvaziamento.

Unidades empregadas na medida de baixas pressões (massa específica do mercúrio a 0° C: 13,59 g/cm³; aceleração da gravidade ao nível médio do mar e à latitude de 45° N: $G_{0,45} = 980,66 \text{ cm/s}^2$).

Aparelhos de medidas de baixas pressões: descrição e explicação dos seus modos de funcionamento. (Não se referir à «Jauge de Pirani»).

R: Consultar qualquer livro sobre a técnica do vácuo, por exemplo, «La Technique du vide», de Maurice Leblanc (Coll. A. Colin, 1951).

195 — Nas condições de funcionamento a velocidade de uma bomba entre 10⁻¹ e 10⁻³ mm de mercúrio é de 2 litros por segundo.

Pergunta-se: qual será o tempo necessário para abaixar a pressão em um recipiente de 5 litros de capacidade desde 10⁻¹ a 10⁻³ mm de mercúrio com a ajuda desta bomba? (Desprezar a pressão limite da bomba).

R: Na fórmula de Langmuir (cf loc. cit. p. 26):

$$\ln \frac{p_2 - p_0}{p_1 - p_0} = -\frac{S}{V}(t_2 - t_1),$$

em que p_0 , p_1 e p_2 representam respectivamente as pressões limite, inicial e final; V a capacidade e S a velocidade de esvaziamento. (Despreza-se, de acordo com o enunciado, a pressão limite, p_0).

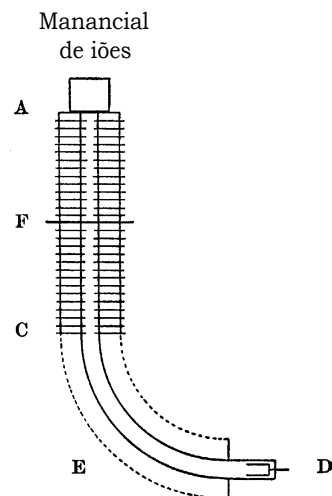
No caso presente teremos $p_1 = 10^{-1}$ mm Hg; $p_2 = 10^{-3}$ mm Hg; $S = 2 \text{ l/s}$ e $V = 5 \text{ l}$. Logo

$$\ln \frac{p_2}{p_1} \approx -\frac{S}{V}t \text{ fazendo } t = t_2 - t_1$$

$$\ln \frac{10^{-3}}{10^{-1}} = -\frac{2}{5}t \text{ ou } -4,6 \approx -\frac{2}{5}t \therefore t \approx 11,5 \text{ s}$$

II — *Radioactividade:*

196 — Um acelerador Van der Graaf fornece uma tensão de aceleração de um milhão de volts. O seu manancial de iões é provido de hélio e fornece heliões monovalentes, He^+ . À saída do tubo acelerador AF (ver fig.) o feixe atravessa uma folha metálica F suficientemente delgada para que se possa desprezar o retardamento introduzido por ela. O tubo acelerador é prolongado para além de F por um tubo idêntico FC ao qual não se aplica inicialmente tensão alguma, depois por um tubo encurvado tendo a forma de um quadrante circular existente no entreferro de um electroimã, E . O feixe de iões He^+ segue o tubo encurvado quando o campo magnético é igual a 5.000 gauss.



1.º) Variando o valor do campo magnético observa-se que é possível recolher à saída do tubo encurvado um outro feixe de partículas. Qual? Porquê? Para que valor do campo magnético?

R: Recolhe-se um feixe de partículas alfa (He^{++}) devido à perda de um electrão das partículas He^+ ao atravessarem a folha metálica.

Supondo a velocidade final, v_c , das partículas normal à direcção do campo de indução temos:

$$mv_c = eBR \quad \therefore \quad v_c = \frac{e}{m}BR \quad [\text{U. E. M.}]$$

e

$$E_{\text{He}^+} = \frac{mv_c^2}{2} = \frac{m}{2} \left[\frac{e}{m}BR \right]^2 = \frac{e^2}{2m} R^2 B_1^2$$

visto que para as energias consideradas é válida a aproximação não-relativista. Análogamente:

$$E_{\text{He}^{++}} = \frac{4e^2}{2m} R^2 B_2^2 = \frac{2e^2}{m} R^2 B_2^2$$

Desprezando o efeito de retardamento da folha metálica tem-se, à saída desta:

$$E_{\text{He}^+} = E_{\text{He}^{++}} = 1 \text{ MeV}$$

Por consequência:

$$\frac{e^2}{2m} = R^2 B_1^2 = \frac{2e^2}{m} R^2 B_2^2 \rightarrow B_1^2 = 4B_2^2$$

ou ainda

$$B_2 = \frac{B_1}{2}, \text{ isto é, } B_2 = 2.500 \text{ gauss.}$$

Este resultado era de prever visto que as partículas He^+ e He^{++} , tendo sensivelmente a mesma massa e energia à saída da folha metálica, estavam animadas da mesma velocidade. Logo, a uma carga eléctrica dupla corresponderia a metade do valor da indução correspondente à carga inteira para uma mesma trajetória.

2.º) Na extremidade do tubo encurvado encontra-se um cilindro de Faraday, D , no qual se recolhem sucessivamente as cargas transportadas por cada um dos feixes. O feixe de He^+ transporta uma carga eléctrica de um microcoulomb por segundo e o outro uma carga de 4 microcoulombs por segundo. Expressar em número de partículas por segundo a intensidade destes feixes. Que consequências se podem tirar destes números quanto ao que se passa na folha F ? Que quantidade de rádio daria uma emissão alfa da mesma intensidade que o segundo feixe?

R: n^+ = número de He^+ por segundo:

$$\frac{10^{-6}}{1,6 \times 10^{-19}} = 0,62 \times 10^{13}$$

n^{++} = número de He^{++} por segundo:

$$\frac{4 \times 10^{-6}}{2 \times 1,6 \times 10^{-19}} = 1,2 \times 10^{13}$$

O estudo teórico do fenómeno de variação de carga no decorrer do retardamento das partículas eléctrica-mente carregadas introduz a noção de livre percurso médio para os diferentes estados de carga e transições entre eles. Assim o átomo de He tem três estados de carga possíveis: He^0 , He^+ e He^{++} (átomo neutro, uma e duas vezes ionizado). A estes diferentes estados de carga correspondem respectivamente os livres percursos médios $\lambda_0 = \frac{1}{n\sigma_0}$, $\lambda_1 = \frac{1}{n(\sigma_{10} - \sigma_{12})}$ e $\lambda_2 = \frac{1}{n\sigma_0}$ em que n representa o número de átomos por cm^3 da substância retardadora das partículas alfa e σ_0 , σ_{10} , σ_{12} e σ_2 são secções eficazes atómicas das substâncias em questão em relação às transições entre os diferentes estados de carga dos átomos de He. (σ_0 = secção eficaz de perda de um electrão: $\text{He}^0 \rightarrow \text{He}^+$; σ_{10} : $\text{He}^+ \rightarrow \text{He}^0$; σ_{12} : $\text{He}^+ \rightarrow \text{He}^{++}$; σ_2 : $\text{He}^{++} \rightarrow \text{He}^+$).

Por outro lado, reconheceu-se experimentalmente que o estado neutro é muito pouco provável para as partículas dotadas de grande energia cinética, o que é o caso presente em que a energia é de 1 MeV.

Isto corresponde a desprezar as secções eficazes correspondentes às transições em que intervem este estado: $\sigma_0, \sigma_{10} \approx 0$. Com esta aproximação: $\lambda_1 \approx \frac{1}{n\sigma_{12}}$

$$\text{e } \lambda_2 = \frac{1}{n\sigma_2}.$$

A teoria dos fenómenos da variação da carga conduz ainda ao resultado experimentalmente verificado de que para uma espessura de matéria atravessada muito superior aos livres percursos médios que acabam de se definir, se estabelece um equilíbrio de regime em que se mantém constante, em média, o número de partículas nos diferentes estados de carga. Nesse estado de equilíbrio de regime verifica-se a relação

$$\frac{n^{++}}{n^+} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}.$$

Nos sólidos, como o livre percurso médio é extremamente reduzido, esta condição acha-se sempre verificada, na prática. Logo, destas experiências conclui-se:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = 1,9 \text{ para } E_u = 1 \text{ MeV}$$

Nota: Torna-se necessário indicar a energia porque esta razão depende do seu valor.

A quantidade equivalente de rádio é

$$\frac{1,2 \times 10^{13}}{7,2 \times 10^{10}} = 1,7 \times 10^2 = 170 \text{ g de Ra.}$$

3.º) Introduce-se entre F e C uma tensão de aceleração suplementar de um milhão de volts. Para que valores do campo magnético recolherá partículas o cilindro de Faraday? Quais serão as suas energias?

R: Após a aceleração suplementar tem-se:

$$E'_{\text{He}^+} = 2 \text{ MeV}; \quad E'_{\text{He}^{++}} = 3 \text{ MeV.}$$

Por consequência:

$$E'_{\text{He}^+} = K_1 B_1^2 = 2E_{\text{He}^+} = 2K_1 B_1^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow B_1' = B_1 \sqrt{2} \left(K_1 = \frac{e^2}{2m} R^2 \right)$$

$$E'_{\text{He}^{++}} = K_2 B_2^2 = 3E_{\text{He}^{++}} = 3K_2 B_2^2 \rightarrow$$

$$\rightarrow B_2' = \frac{B_2 \sqrt{3}}{2} \left(K_2 = \frac{2e^2}{m} R^2 \right)$$

e, em valor numérico:

$$B_1' = 7050 \text{ Gauss}; \quad B_2' = 4325 \text{ Gauss.}$$

4.º) O tubo acelerador é separado do tubo encurvado por uma folha metálica delgada colocada em C. O campo magnético tem um valor tal que os iões He^+ são recebidos no cilindro de Faraday. Introduce-se ar entre C e D a pressões sucessivamente crescentes e observa-se que a intensidade medida varia segundo a lei $I = I_0 e^{-400p}$, representando por I_0 a corrente medida na ausência de ar e por p a pressão expressa em milímetros de mercúrio.

Pede-se para explicar esta diminuição e calcular a secção eficaz por átomo dos gases do ar do fenómeno ao qual ela é devida.

Dados numéricos:

carga elementar: $1,60 \times 10^{-19}$ coulombs = $1,60 \times 10^{-20}$ U. E. M. = $4,80 \times 10^{-10}$ U. E. S.

unidade de massa nuclear = $1,66 \times 10^{-24}$ g = 931 MeV.

R: A diminuição do número de He^+ com o aumento de pressão é devida ao aumento do número de choques dos átomos do gás com os iões He^+ no decorrer dos quais há trocas de carga entre as duas partículas em colisão sem haver equilíbrio estatístico entre o número de He^+ que se formam e os que desaparecem. (Isto é possível desde que a pressão seja suficientemente baixa para que não se atinja o equilíbrio de regime entre os diferentes estados de carga).

Esta diminuição é resultante, portanto, da conversão de He^+ em He^0 e He^{++} no decorrer dos choques de He^+ com os átomos do gás. Desta variação descontínua da carga das partículas deslocando-se em um campo magnético uniforme e constante resulta uma variação correspondente do raio de curvatura das trajectórias circulares das partículas electrizadas no gás de maneira a manter o equilíbrio entre a força centrípeta e a força de Laplace [experiências de Kapitza in Proc. Roy. Soc. A, **106**, 602, (1924)]. Por consequência um certo número delas abandonará o feixe inicial. Pela mesma razão acima apontada pode desprezar-se o número dos He^+ que se converteram em He^0 .

Neste domínio de variação de p a lei $I = I_0 e^{-400p}$

pode escrever-se: $I = I_0 e^{-\frac{x}{\lambda_1}} \approx I_0 e^{-x n \sigma_{12}}$ em que x representa a distância percorrida pelos iões He^+ durante todo o percurso circular desde a folha colocada em C até ao cilindro de Faraday; λ_1 e σ_{12} têm as definições atrás adoptadas.

Da relação precedente

$$E_1 = \frac{e^2}{2m} R^2 B_1^2 \text{ tira-se } R = \frac{\sqrt{2mE_1}}{eB_1} = \frac{\sqrt{2 \times 4 \times 1,66 \times 10^{-24} \times 1,6 \times 10^{-6}}}{1,6 \times 10^{-20} \times 5000} \text{ (U. E. M. C. G. S.)}$$

visto que $m_{He^+} = 4 \text{ u.m.n.} = 4 \times 1,66 \times 10^{-24}$ g

$$1 \text{ MeV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ Joules} = 1,6 \times 10^{-6} \text{ ergs}$$

$$B_1 = 5000 \text{ gauss.}$$

$$\text{Destes valores deduz-se: } R = \frac{4,6 \times 10^{-15}}{8 \times 10^{-17}} \approx 58 \text{ cm.}$$

Como os iões descrevem um quarto de círculo ter-se-á:

$$x = \frac{\pi R}{2} = 91 \text{ cm.}$$

Por outro lado calcula-se n pela seguinte proporção:

$$6,02 \times 10^{23} \text{ átomos está para } 11.200 \frac{760}{p} \text{ cm}^3 \text{ de ar}$$

assim como n está para 1 cm^3 de ar em que os volumes de ar considerados são medidos a 0° C e à pressão p milímetros de Hg.

Donde

$$n = \frac{6,02 \times 10^{23} \times p}{11200 \times 760} = 7,06 \times 10^{16} p \text{ átomos/cm}^3$$

(p expresso em mm Hg)

$$400p = x n \sigma_{12} = 7,06 \times 10^{16} \times 91 \sigma_{12} p$$

Donde finalmente:

$$\sigma_{12} = \frac{400}{91 \times 7,06 \times 10^{16}} = 6,2 \times 10^{-17} \text{ cm}^2$$

Como se vê a secção eficaz do fenómeno de variação, de carga aproxima-se das dimensões geométricas do átomo [$10^{-16} = (10^{-8})^2$] o que mostra que quando estas interacções se produzem as partículas ionizantes passam muito perto do átomo.

(Resoluções de Sant'Ana Dionísio, bolseiro em Paris)

ERRATA

Na resolução da alínea n.º 302 de um problema apresentado nestas colunas [vol. II, p. 233] na expressão de dN falta um factor 10^{-2} proveniente do facto que Δx no denominador está expresso em centímetros (ver alínea n.º 301) enquanto Δx no numerador deve exprimir-se em metros para ser coerente com o sistema de unidades escolhido. Assim o resultado é $6,2 \times 10^7 \text{ ns}^{-1}$.

Na alínea n.º 305 do problema de radioactividade introduziu-se incorrectamente a actividade do $Ra B$ onde esta não deve intervir.

Assim o cálculo de N reduz-se à expressão

$$N = \frac{14,1 \times 2,20 \times 10^{12}}{2} = 1,55 \times 10^{13} \text{ e } I_s^0 = 2,48 \text{ } \mu\text{A.}$$

(Sant'Ana Dionísio)

EXAMES UNIVERSITÁRIOS (FÍSICA)

Universidade de Lisboa — Faculdade de Ciências — Física Geral. Exame final — Julho de 1954. — Ponto n.º 1.

I

340 — Estabelecer a expressão do módulo do momento magnético orbital dum electrão.

341 — Fundamento dum motor síncrono polifásico.

342 — Cálculo do shunt e da resistência adicional.

II

343 — Estabeleça a equação do dioptró plano e do espelho plano.

344 — Defina amplitude e amplitude angular para um ponto do eixo de um sistema centrado.

345 — Aberrações dos sistemas centrados.

III

346 — Leis de Wien.

347 — Estabeleça a equação da rede de difracção.

348 — Fenómeno da actividade óptica.

IV

349 — Aplica-se a tensão alternada de 110 V e 50 c/s a uma bobina indutiva com 4,0 Ohms de reactância e nestas condições a intensidade da corrente na bobina é 22 A. Qual seria a intensidade da corrente na mesma bobina se a tensão de 110 V tivesse a frequência de 60 c/s?

R: 1.º caso: Tensão de 110 V e 50 c/s:

$$I = V : \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} \quad (1)$$

2.º caso: Tensão de 110 V e 60 c/s:

$$I' = V : \sqrt{R^2 + L^2\omega_1^2} \quad (2)$$

Substituindo valores em (1) vem:

$$22 = 110 : \sqrt{R^2 + 4^2}$$

donde se tira $R = 3$ Ohms. Como $L\omega = 4$ Ohms e $\omega = 2\pi f = 2 \cdot \pi \cdot 50$, obtem-se $L = 4 : 2 \cdot \pi \cdot 50$ Henrys.

Substituindo na expressão (2) R e L pelos seus valores e considerando a frequência de 60 c/s vem:

$$I' = \frac{110}{\sqrt{9 + \frac{16 \times 4\pi^2 \times 60^2}{4\pi^2 \times 50^2}}} \approx 19 \text{ Ampéres.}$$

Ponto n.º 2.

I

350 — Enuncie a lei de Ohm da corrente alternada.

351 — Criação do campo magnético girante.

352 — Defina as constantes estáticas de um triódo.

II

353 — Determinação dos pontos principais da associação de dois sistemas ópticos centrados.

354 — Poder dispersivo de uma substância para dois comprimentos de onda.

355 — Teoria de Einstein do efeito fotoeléctrico.

III

356 — Diga o que é um lauegrama.

357 — Efeito Raman.

358 — Microscópio electrónico.

IV

359 — Determine os valores das constantes

$$h = 6,26 \times 10^{-27} \text{ c. g. s.}; e = 4,8 \times 10^{-10} \text{ U Es.}$$

$$e \quad m = 9,1 \times 10^{-28} \text{ c. g. s. no sistema Giorgi.}$$

$$R: h = 6,26 \times 10^{-27} \text{ ergs. s} =$$

$$= 6,26 \times 10^{-27} \times 10^{-7} = 6,26 \times 10^{-34} \text{ Joules. s;}$$

$$e = 4,8 \times 10^{-10} \text{ U. Es.} = 4,8 \times 10^{-10} \times 3^{-1} \times 10^9 =$$

$$= 1,6 \times 10^{-19} \text{ Coulombs;}$$

$$m = 9,1 \times 10^{-28} \text{ g} = 9,1 \times 10^{-28} \times 10^3 = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg.}$$

360 — Calcule o comprimento de onda mínimo das ondas associadas a electrões acelerados pela tensão de 20 kV.

R: O comprimento da onda associada ao corpúsculo em movimento é dado pela equação de Broglie $\lambda = h : mv$. Como a tensão aplicada é inferior a 40 kV, tem-se que $eV = mv^2$ 2: donde se tira $mv = \sqrt{2emV}$.

Portanto $\lambda = h : \sqrt{2emV}$. Substituindo nesta expressão os valores em unidades do sistema C. G. S. vem:

$$\lambda = \frac{6,26 \times 10^{-27}}{\sqrt{2 \times 4,8 \times 10^{-10} \times 9,1 \times 10^{-28} \times \frac{20 \times 10^3}{300}}} =$$

$$= 0,82 \times 10^{-9} \text{ cm} = 82 \text{ U. X.}$$

Resoluções de Glaphyra Vieira

Noticiário

Conferências científicas

Na Faculdade de Ciências da Universidade de Coimbra efectuaram-se nos passados meses de Março, Abril e Junho as seguintes conferências científicas:

Tracer studies of free radical reactions (em 18 de Março) e *Cosmics rays and the problem of meteorit ages* (em 19 de Março) por G. R. Martin, Director do «Londonerry Laboratory for Radiochemistry»;

Recherches modernes sur la formation des images en optique et en microscopie (25 de Março) pelo Prof. M. Françon, da Faculdade de Ciências de Paris e do Centro Nacional de Investigação Científica, de França;

Estudos sobre macromoléculas feitos no Instituto de Química Física de Uppsala (23 de Abril) pelo Prof. Stig Claesson, Director do Instituto de Química-Física de Uppsala;

Applications of radioactivity analytical chemistry (17 de Junho), *Exchange reactives in inorganic chemistry* (18 de Junho) e *The radiolysis of aqueous solutions* (20 de Junho) pelo Doutor A. G. Maddock, professor de Radioquímica da Universidade de Cambridge.

União Internacional de Física

Liste des *Colloques* organisés sous le patronage de l'Union Internationale de Physique en 1955.

1) High Energy Nuclear Physics (Rochester, N. Y., 31 Janvier — 2 Février).

2) Décharges électriques dans les gaz (Delft, P. B. du 25 au 30 Avril).

3) Pression de Radiations en Acoustique et Ultraacoustique (Marseille, France, les 20 et 21 Mai).

4) Cinquantenaire de la Théorie de la Relativité (Berne, Suisse, du 11 au 17 Juillet).

5) Effets géophysiques et cosmologiques du rayonnement cosmique (Mexico, Septembre 1955).

Lieu de la réunion	Sujet
Delft	Décharge dans les gaz
Pise	Particules élémentaires
Berne	Cinquantenaire de la Relativité
Manchester	Optique astronomique et sujets connexes
Cambridge	Spectroscopie en ondes courtes
Oxford	Spectroscopie moléculaire
Heidelberg	Bases de la colorimétrie

Autres réunions:

1) Meeting of European Molecular Spectroscopist (Oxford, G. B., du 7 au 11 Juillet 1955).

2) Symposium on Astronomical optics (Université de Manchester, G. B., du 19 au 22 Avril 1955).

3) Symposium on Image evaluation problems (Rochester, G. B., du 15 au 17 Juin 1955).

4) Sessions de l'Enseignement de Recherche pour les utilisateurs de Radioéléments, du 25 Mai au 2 Juillet, et du 19 Octobre au 26 Novembre 1955. Pour tous renseignements, s'adresser à M. Grinberg, Fort de Chatillon, Fontenay-aux-Roses (Seine).

Actividade da Sociedade Francesa de Física

Section de *Physique corpusculaire*, Séance du Vendredi, 25 Mars 1955, à 17 h. 30. Amphithéâtre de Physique de la Sorbonne, 1, rue Victor-Cousin, Paris V°.

I. — Salomon Rosenblum, José Sant'Ana Dionísio et Manuel Valadares (Laboratoire du Grand Aimant Permanent de Bellevue) *Spectrographie magnétique pour l'étude d'électrons de conversion pré-accélérés*. On décrit un spectrographe magnétique à focalisation 180° comportant un dispositif électrique permettant l'accélération des électrons près de la source. On discute l'intérêt

de cette méthode pour la détection des électrons de faible énergie.

II. — J. Crussard et W. D. Walker. (Laboratoire de Physique de l'École Polytechnique). *Interaction des mésons π^- et des nucléons à 1,5 Bev.* Travail exécuté à Brookhaven avec le cosmotron, les interactions étant enregistrées dans les blocs d'émulsions photographiques sans support.

Electronique Industrielle

A *Société des Editions Radio* (9, rue de Jacob, Paris 6^o) iniciou a publicação de uma revista intitulada *Electronique Industrielle*, de excelente apresentação gráfica, de cujo primeiro número destacamos os seguintes assuntos:

L'amplificateur classe D, un montage révolutionnaire permettant l'amplification de puissance avec un rendement supérieur à 90 %;

La réalisation d'un potentiomètre asservi;

L'étude détaillée des amplificateurs magnétiques;

L'utilisation des transistors «sous-alimentés»;

Quelques appareils remarquables à l'Exposition de Physique et au Salon de la Chimie;

Une présentation des nouveautés industrielles.

Crítica de Livros

A Text Book of Radar by the staff of the Radiophysics Laboratory — C. S. I. R. O. Australia — second edition edited by E. G. Bowen.

A 1.^a edição do livro *A Text Book of Radar* foi publicada em 1947. Muitas das referências bibliográficas indicadas correspondiam a documentos que não podiam ser consultados pela maioria dos leitores. Na 2.^a edição, publicada em 1954, tais referências foram substituídas por uma bibliografia mais facilmente consultável, o que vem beneficiar muito os estudiosos deste assunto.

O 1.^o capítulo é dedicado ao desenvolvimento histórico do radar e nos capítulos

seguintes faz-se a descrição dos seus princípios básicos, estudando-se separadamente os vários aparelhos que constituem uma instalação de radar, bem como o respectivo funcionamento.

Nos três últimos capítulos descrevem-se algumas aplicações do radar a fins militares, navegação aérea e marítima, meteorologia e astronomia.

Este livro, de 617 páginas, foi realizado por um grupo de especialistas; cada capítulo foi escrito por um ou dois autores, que procuraram manter o leitor a par dos últimos aperfeiçoamentos deste ramo da Física.

Para melhor elucidação do leitor interessado neste estudo transcrevemos os nomes dos capítulos e respectivos autores

I — *Introduction*, E. G. Bowen; II — *Fundamentals*, J. L. Powsey; III — *The Magnetron*, D. M. Sutherland; IV — *Triode power oscillators*, O. O. Pulley; V — *Modulators*, G. C. Dewsnap and E. A. Finlay; VI — *Microwave transmission and cavity resonator theory*, R. N. Bracewell; VII — *Transmission line and resonator techniques*, D. B. Fraser; VIII — *Aerials*, T. R. Kaiser; IX — *Aerial duplexing*, H. C. Minnett; X — *Receivers*, L. L. Mc Cready; XI — *Local oscillators*, J. M. Freeman; XII — *Frequency converters*, H. C. Minnett; XIII — *Amplifiers*, J. A. Fry; XIV — *Display circuits*, B. Y. Mills; XV — *Automatic ranging circuits*, B. F. Cooper; XVI — *Radar systems*, V. D. Burgmann; XVII — *Military radar system*, A. J. Higgs; XVIII — *Civil applications of radar*, J. G. Downes and J. Warner; XIX — *Applications of radar to Physical Science*, A. J. Higgs and F. J. Kerr. Merece ainda citar-se um apêndice constituído por uma tabela de constantes, factores de conversão e cartas para o cálculo da tangente hiperbólica complexa.

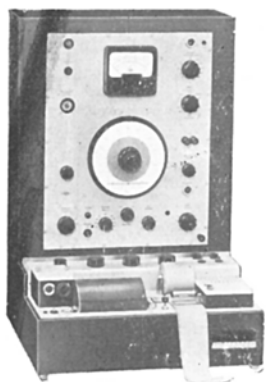
Parece-nos ainda importante acentuar que o livro apresenta um elevado número de desenhos e fotografias, que permitem acompanhar com proveito e interesse a sua leitura.

L F.

BRÜEL & KJÆR



APARELHAGEM DE
PRECISÃO PARA
MEDIDAS ACÚSTICAS



Registador automá-
tico da resposta em
frequência

ANALISADORES DE FREQUÊNCIAS
REGISTADORES DE NÍVEL = TRAÇA-
DORES DE RESPOSTA EM FREQUÊNCIA =
OSCILADORES = MICROFONES = MEDI-
DORES DE ABSORPÇÃO = MEDIDO-
RES DE TEMPO DE REVERBERAÇÃO

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS em PORTUGAL e COLÓNIAS

EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO, LDA.

RUA NOVA DO ALMADA, 46 - LISBOA
TELEF. 2 9879 - 2 4495

WILD HEERBRUGG

MICROSCÓPIOS

MONO E BINOCULARES
CONTRASTES DE FASE, SIMPLES
E VARICOLOR
MICROFOTOGRAFIA E PROJECCÃO
OBSERVAÇÃO COM LUZ DO DIA,
LUZ ELÉCTRICA
E LUZ POLARIZADA

ENTREGA IMEDIATA

PIMENTEL & CASQUILHO, L.^{DA}

R. EUGÉNIO DOS SANTOS, 75 LISBOA

TELEF. 24314

TELEG. TECLA



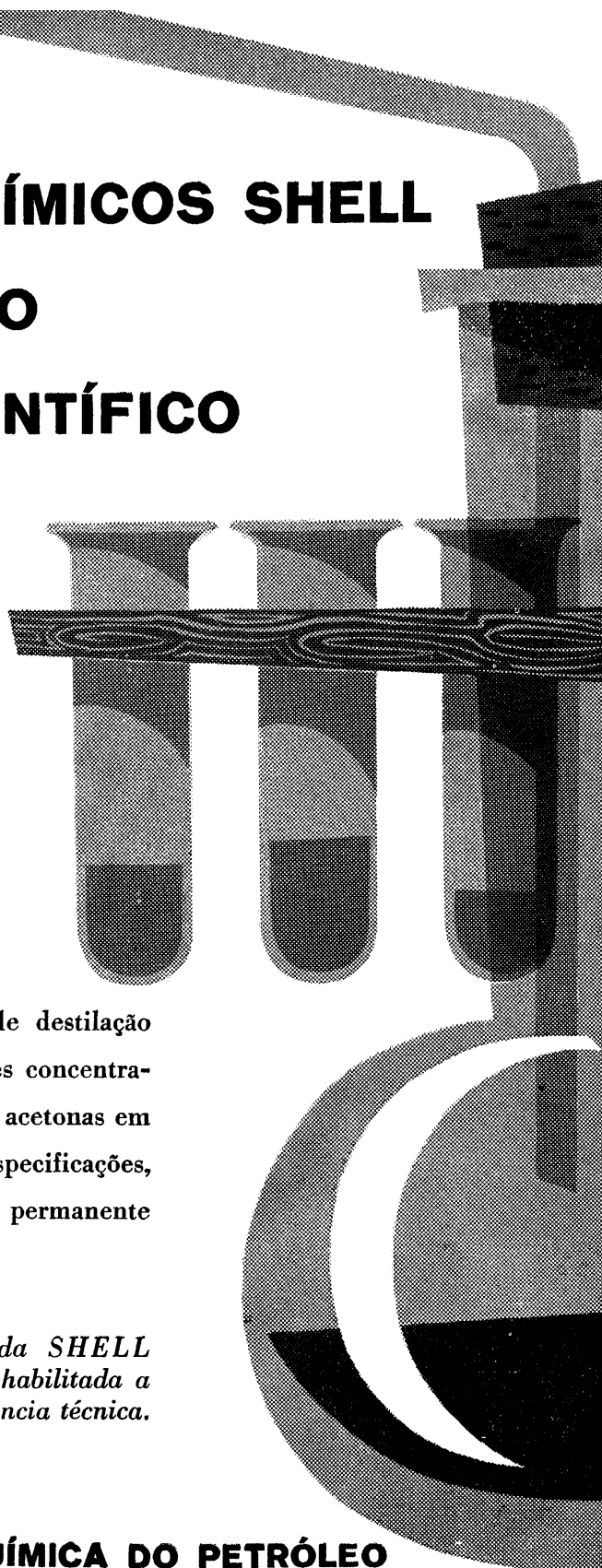
M 20

PRODUTOS QUÍMICOS SHELL AO SERVIÇO DO TRABALHO CIENTÍFICO

Os produtos químicos SHELL não são apenas de interesse para a grande indústria: o investigador científico tem neles preciosos auxiliares, desde o detergente TEEPOL, que lhe mantém o material de laboratório num impecável estado de limpeza, até aos produtos como os da série APIEZON, indispensável nos trabalhos de alto vácuo.

Éteres de petróleo de intervalos de destilação variados, "white spirits" de diferentes concentrações de aromáticos, vários álcoois e acetonas em C₃ C₄ e obedecendo a apertadas especificações, etc. etc., fazem parte do nosso stock permanente de produtos químicos.

A Secção de Produtos Químicos da SHELL PORTUGUESA, S. A. R. L. está habilitada a prestar um eficiente serviço de assistência técnica.



**NA VANGUARDA
DA INDÚSTRIA QUÍMICA DO PETRÓLEO**