

GAZETA DE FISICA

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



VOL. II, FASC. 9
OUTUBRO, 1952

*Explosão de Bikini, 1946
(bomba atômica).*

GAZETA DE FÍSICA

Vol. II, Fasc. 9

Outubro de 1952

SUMÁRIO

Uma hipótese sobre a estrutura do núcleo em camadas, por <i>T. Teillac</i>	225
Exames do ensino médio (Física)	231
Exames universitários	232
A bomba de hidrogénio, por <i>Pastor Fernandes</i>	238
Informações várias	246

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

SECÇÕES

1. TRIBUNA DA FÍSICA
2. QUESTÕES DE ENSINO
3. PONTOS DE EXAMES
4. DIVULGAÇÃO E VULGARIZAÇÃO
5. PROBLEMAS DE INVESTIGAÇÃO
6. ELECTRÓNICA
7. FÍSICA NUCLEAR
8. BIOFÍSICA
9. A FÍSICA NA INDUÍSTRIA
10. SECÇÃO LIVRE
11. QUÍMICA
12. INFORMAÇÕES VÁRIAS

DIRECÇÃO

Jaime Xavier de Brito
Rómulo de Carvalho
Armando Gibert
Lidia Salgueiro

TESOUREIRO

José V. Gomes Ferreira

SECRETÁRIOS

Maria Augusta Pérez Fernández
Ramiro Líbano Monteiro

PROPRIEDADE E EDIÇÃO: *Gazeta de Matemática, Lda.*

Correspondência dirigida a GAZETA DE FÍSICA — Lab. de Física —F. C. L. — R. da Escola Politécnica — LISBOA

NÚMERO AVULSO ESC. 12\$50 — Assinatura: 4 números (1 ano) Esc. 40\$00

Depositário LIVRARIA ESCOLAR EDITORA — Rua da Escola Politécnica, 68-72 — Tel. 6 4040 — LISBOA

Tipografia Matemática, Lda.— Rua Almirante Barroso, 20 r/c — Lisboa-N.

Uma hipótese sobre a estrutura do núcleo em camadas

I. Introdução. Actualmente admite-se que o núcleo de um átomo é constituído por protões e por neutrões. Considera-se que o protão, núcleo do átomo de hidrogénio, é uma partícula elementar, de carga $+e$, igual e de sinal contrário à do electrão; a sua massa é próxima da unidade (a unidade de massa é $1/16$ da massa do isótopo ^{16}O do oxigénio). O neutrão, de massa sensivelmente igual à do protão, não tem carga eléctrica e é também considerado como uma partícula elementar. Pode-se caracterizar um núcleo pelo número de protões e pelo número de neutrões que o constituem. O número de protões é afinal o número de cargas eléctricas do núcleo ou número atómico Z . O número de neutrões é evidentemente $N = A - Z$, sendo A o número da massa, isto é, o número inteiro mais próximo da massa exacta expressa em «unidade de massa». Se admitirmos que os protões e os neutrões são os únicos constituintes do núcleo (excluindo especialmente os electrões), as referidas partículas podem designar-se, de um modo mais geral, por nucleões.

Um dos problemas fundamentais da Física Nuclear consiste em determinar o modo de associação destes nucleões para formar um núcleo. Até hoje este problema não foi resolvido de modo perfeitamente satisfatório. De acordo com duas hipóteses estabelecidas há cerca de quinze anos concebeu-se para o núcleo dois modelos aparentemente contradito-

rios: o modelo da gota líquida e o modelo quase atómico ou modelo em camadas. Os físicos seguiram o primeiro modelo até 1949, mas o segundo modelo foi muito desenvolvido nos últimos anos, em virtude de explicar muito facilmente um grande número de factos experimentais.

II. Dimensões e forças de coesão nucleares. Pode-se considerar o núcleo aproximadamente esférico e o seu raio, de acordo com as experiências de Rutherford, de desvio de partículas α pelos núcleos, deve ser inferior a 10^{-12} cm. Estudos sistemáticos realizados posteriormente mostraram que os núcleos mais pesados tinham raios da ordem de 8×10^{-13} cm a 9×10^{-13} cm; o raio dos núcleos aumenta regularmente com o número de massa A , e em primeira aproximação podemos dizer que um núcleo tem um raio dado pela relação $R = r_0 A^{1/3}$ sendo $r_0 \approx 1,48 \times 10^{-13}$ cm. Segundo esta lei parece pois que os nucleões se distribuem no interior do núcleo sem deixar grandes lacunas como sucede, por exemplo, nas órbitas electrónicas do cortejo; pode exprimir-se isto dizendo que a densidade da «matéria nuclear» é constante.

A partir das ideias clássicas é pois impossível conceber a estabilidade do edifício nuclear, visto que as forças de Coulomb devidas à carga dos protões são repulsivas; há assim necessidade de admitir que existem forças de natureza desconhecida, atractivas, assegu-

rando a coesão dos diferentes nucleões. O estudo da difusão de um feixe de prótons ou de neutrões por prótons, permitiu pôr em evidência experimentalmente a existência de tais forças, e afirmar que o seu raio de acção é da ordem de grandeza de 10^{-13} cm.

A mecânica ondulatória lançou um pouco de luz sobre estas interacções, introduzindo a ideia de que elas eram certamente forças de troca, isto é, forças análogas às que são criadas pelas ligações homopolares entre os átomos. Sabe-se que uma das características essenciais dessas forças é o fenómeno de saturação que consiste em um átomo só poder estar ligado com um determinado número de outros átomos vizinhos; esta característica opõe-se nitidamente às forças electrostáticas que não apresentam saturação. Parece que para as forças nucleares há também saturação, porque se verifica que a energia de ligação é proporcional ao número de constituintes o que significa que cada nucleão só actua sobre os imediatamente vizinhos.

O conjunto destes factos conduziu a pensar que o núcleo é um agregado de nucleões fortemente ligados entre si, cuja estabilidade reside no equilíbrio entre a repulsão de Coulomb e as forças atractivas que se exercem entre os nucleões; a energia de ligação será então análoga a uma energia molecular. Foi esta imagem que permitiu estabelecer uma comparação entre o núcleo e uma gota líquida. Esta maneira de ver é confirmada por outros factos.

III. O modelo da gota líquida. Este modelo foi justificado principalmente a partir do estudo das reacções nucleares. Na acepção mais geral há uma reacção nuclear sempre que uma partícula tem uma interacção com um núcleo. É evidente que as interacções especificamente nucleares apenas se dão se a partícula se aproximar suficientemente do núcleo (um próton ou uma partícula α deverão possuir, pelo menos, a energia necessária para vencer a influência repulsiva da carga Ze do núcleo, o que não sucede para um neutrão).

A teoria procurou prever o comportamento ulterior do sistema formado pelo núcleo que serviu de alvo e pela partícula incidente, quando esta penetra no núcleo.

Niels Bohr considerou que se constituia um novo núcleo de vida extremamente curta ($\approx 10^{-14}$ s). Por exemplo uma partícula α que penetra num núcleo de alumínio ${}_{13}^{27}\text{Al}$ produz durante um curto instante um núcleo de fósforo (${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_2^4\text{He} \rightarrow {}_{15}^{31}\text{P}^*$) com uma certa energia de excitação. A hipótese de Bohr consiste essencialmente em admitir que a partícula incidente perde a individualidade no interior do núcleo e que a sua energia se distribui por todos os nucleões por meio de numerosos choques. A probabilidade de tais choques pode-se calcular a partir do livre percurso médio dos nucleões no interior do núcleo. De um modo geral, a evolução ulterior do núcleo intermédio (ou núcleo composto) consiste na emissão de radiação electromagnética (radiação gama) ou de uma partícula transportando a energia de excitação. A probabilidade de expulsão de uma partícula está relacionada com a probabilidade que a energia do núcleo tem de se concentrar sobre a referida partícula devido aos choques que ela sofre. Pode comparar-se este processo com a emissão de um átomo por um corpo aquecido em que os choques devidos à agitação térmica podem fornecer a este átomo uma energia suficiente para vencer as energias de ligação.

De acordo com esta hipótese, os estudos teóricos devidos principalmente a Bohr, Beth, Frenkel, Landau e Weisskopf, permitiram o desenvolvimento de uma «termodinâmica do núcleo» que explicou correctamente as diferentes leis experimentais relativas às reacções nucleares. Designadamente podem-se explicar a probabilidade de emissão de radiação γ , os afastamentos dos níveis energéticos do núcleo, e a possibilidade de ressonâncias agudas; os primeiros cálculos teóricos em que se supunha que a partícula incidente podia atravessar os núcleos e entrar em interacção apenas com um nucleão estavam em desacordo com a experiência.

IV Os números mágicos. Vimos que a concepção geral que é possível fazer do núcleo conduz a considerá-lo como um sistema muito complexo de nucleões encerrados num volume muito pequeno; a distância média entre os nucleões é da ordem de 10^{-13} cm., e cada nucleão está ligado aos seus vizinhos imediatos por forças desconhecidas. Pode-se acrescentar que é verosímil que as interações entre um neutrão e um próton sejam da mesma ordem de grandeza que as forças de interação que ligam entre si dois prótons ou dois neutrões.

Em contradição com esta imagem nuclear existem factos experimentais, que parecem provar que os neutrões e os prótons são independentes e se agrupam em camadas sucessivas de modo um pouco análogo ao dos electrões periféricos do átomo: é o modelo quase atómico ou em camadas.

A ideia essencial que presidiu à elaboração deste modelo foi devida a ter-se posto em evidência «números mágicos»: observou-se que os núcleos com um número de prótons ou de neutrões igual a certos valores determinados, tinham uma estabilidade particular. O facto destes números terem aparecido sem nenhuma relação com os factos anteriormente conhecidos pareceu aos físicos um pouco misterioso e levou-os a designá-los por «números mágicos»; estes números são 2, 8, 20, (28); 50, 82, 126. Ainda se discute se o número 28 e alguns outros (40 e 70 em particular), se podem incluir nesta designação. Naturalmente, esta estabilidade especial faz lembrar que existem propriedades semelhantes nos átomos para os gases raros e sugere que os nucleões no interior do núcleo se poderiam reunir para formar camadas; os núcleos mais estáveis seriam aqueles para os quais essas camadas estivessem completas. Mas o facto que parece mais curioso é um núcleo possuir esta estabilidade quando Z ou N é igual a um número mágico; este facto levou a pensar que os neutrões e os prótons formam independentemente o seu sistema de camadas. Pode-se mesmo ir mais longe e dizer que esse sistemas são semelhantes, visto que os nú-

meros mágicos são os mesmos para os prótons e para os neutrões.

Vê-se toda a diferença que existe entre este modelo e o da gota líquida, e as dificuldades que há em adoptar este, se atendermos aos factos seguintes:

— a formação de camadas sucessivas implica que cada nucleão, ocupe um lugar, isto é, uma determinada casa quântica, como sucede com os electrões do cortejo e impõe a presença de um campo de forças central que desempenha o mesmo papel que o núcleo em relação ao cortejo electrónico.

— a independência das camadas de neutrões e de prótons parece em contradição com o facto das forças nucleares serem provavelmente as mesmas entre neutrão e próton que entre dois neutrões e dois prótons.

Apesar destas dificuldades parece indiscutível que o modelo em camadas dá conta de um grande número de factos experimentais.

Nos parágrafos seguintes procuraremos ainda que sumariamente:

1.º — resumir os factos experimentais que põem em evidência os números mágicos.

2.º — lembrar como se concebe, do ponto de vista teórico, o modelo em camadas.

3.º — comparar as propriedades que se podem deduzir deste modelo teórico, com os resultados experimentais.

V — Factos experimentais que permitem pôr em evidência os números mágicos. *Abundância isotópica:* pode-se pensar que a abundância relativa dos diferentes isótopos reflecte a estabilidade dos núcleos: um isótopo é tão mais abundante quanto mais estável for o núcleo; é possível então fazer um certo número de observações simples: para o estanho ($Z=50$) o número de isótopos é máximo; a diferença de massa entre o isótopo mais leve ^{112}Sn e o mais pesado ^{124}Sn é 12.

Esta diferença de massa entre os dois isótopos mais extremos apenas se encontra para o Xe (^{124}Xe e ^{136}Xe), mas para ^{136}Xe tem-se $N=82$.

— O cálcio ($Z = 20$) tem 5 isótopos o que é invulgar nesta região.

— Do mesmo modo, se procurarmos o número de isótonos, isto é, o número de núcleos com o mesmo número de neutrões N , verifica-se que o número de isótonos é máximo para $N = 82$ (7 isótonos), e depois para $N = 50$ (6 isótonos).

— Pode-se assinalar enfim que para os núcleos de Z par e superior a 33 a abundância relativa do isótopo mais pesado é sempre inferior a 60 % salvo para $^{88}_{38}\text{Sr}$ (82 %), $^{138}_{56}\text{Ba}$ (71,66 %) e $^{140}_{58}\text{Ce}$ (90 %) nos quais há respectivamente 50, 82 e 82 neutrões.

Energia de ligação: A partir da energia de ligação do último nucleão pode-se obter uma prova mais concludente e mais directa. Mais exactamente, estudar-se-á a variação desta energia para pôr em evidência discontinuidades.

Desde 1934, W. Elsasser, examinando as energias de desintegração α , mostrou que existiam tais discontinuidades para 82 prótons e 126 neutrões. Sabe-se, com efeito, que

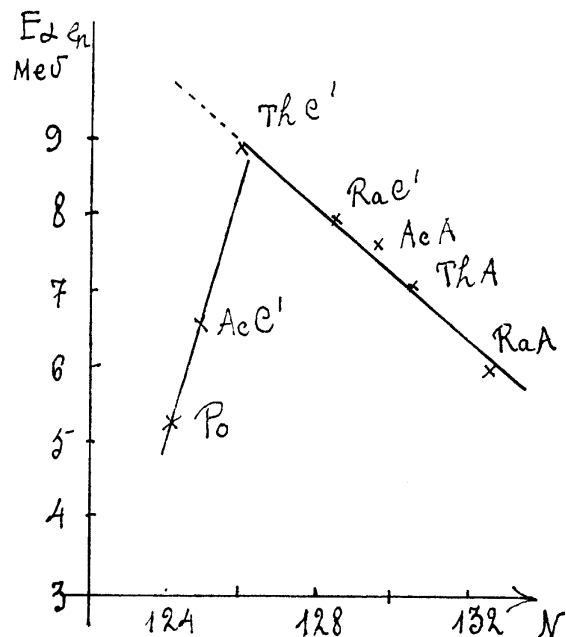


Fig. 1

para lá do chumbo ($Z = 82$) certos elementos instáveis emitem espontaneamente uma partícula α (^4_2He) cuja energia é ordinariamente de vários milhões de electrões volts; esta energia depende da energia de ligação dos

nucleões que serviram para constituir esta partícula. W. Elsasser marcou num gráfico (fig. 1) a energia da partícula α emitida por todos os núcleos com o mesmo número atómico Z , em função do número de neutrões. Nota-se uma brusca diminuição da energia da partícula α emitida, quando esta se cria à custa de um ou vários neutrões pertencentes ao grupo de 126 neutrões como no caso do Ac C' e do Po . Observa-se uma variação análoga para $Z = 82$ prótons quando se marca em abcissas o número de prótons. Estas considerações foram recentemente estendidas aos corpos emissores α obtidos artificialmente e confirma que 82 prótons e 126 neutrões formam um grupo de uma grande estabilidade. Pode-se ligar a este estudo as considerações relativas à secção eficaz de captura de neutrões ou à cisão do urânio 235. A secção eficaz de captura mede a possibilidade que um núcleo tem de absorver um neutrão. Para os núcleos contendo 50, 82 ou 126 neutrões, esta secção eficaz é anormalmente fraca indicando uma estabilidade maior. Do mesmo modo que no estudo da cisão, verificou-se que havia uma probabilidade maior para que os dois núcleos formados tivessem respectivamente 50 e 82 neutrões.

A abundância e a variedade de todos estes factos experimentais estabelecem sem dúvida alguma a existência de estruturas previligeadas no interior do núcleo.

VI. O modelo em camadas. Como dissemos mais acima as estruturas previligeadas no interior do núcleo conduziram naturalmente os físicos a pensar (por analogia com os electrões do átomo), que os nucleões podiam organizar-se em camadas e que os núcleos mais estáveis eram formados por camadas completas, independentemente para os prótons e para os neutrões. Teríamos pois camadas completas para 2, 8, 20, (28), 50, 82, 126 neutrões ou prótons.

Sabe-se que no átomo os electrões estão submetidos ao potencial central do núcleo $\frac{Ze}{r}$ e que, em primeira aproximação, as

interacções entre os electrões são desprezíveis. Pode-se então definir uma sucessão discreta de níveis caracterizados pela sua energia E , pelo seu momento angular orbital L e pelo momento angular total J . Os momentos angulares L e J para o átomo são os resultantes dos momentos angulares orbital e total j de todos os electrões.

O momento angular orbital \vec{l} é o momento da quantidade de movimento em relação ao centro do átomo e o momento angular total \vec{j} é a resultante $\vec{j} = \vec{l} + \vec{s}$ em que \vec{s} é o spin próprio do electrão que pode tomar os valores $\pm 1/2$; tem-se portanto $\vec{j} = \vec{l} \pm 1/2$ em unidades $h/2\pi$.

No caso do núcleo não se conhece o potencial central. Os físicos teóricos tomaram

como ponto de partida os níveis de energia definidos por um oscilador harmónico num potencial constante V criado pelo conjunto dos outros nucleões; este potencial anula-se para uma distância superior a um dado valor R (poço de potencial: $V=V$ para $R < r_0$, e $V=0$ para $R > r_0$)

A primeira coluna do quadro I representa a ordem dos níveis obtidos para o oscilador harmónico e a 2.^a coluna a ordem que resulta da introdução do «poço de potencial». Verifica-se que certos níveis estão desdobrados e apresentam sub-níveis que se distinguem entre si pelo seu momento orbital (as letras s, p, d, f , etc., designam os sub-níveis de momento angular $l=0, l=1, l=2, l=3$, etc., conforme uma notação habitual).

Observe-se que, desde já, se obtém correctamente os três primeiros números mágicos mas, para os restantes, há desacordo com a experiência.

Foram emitidas duas hipóteses para agrupar os sub-níveis de modo a obter os números mágicos; a mais frutuosa foi a imaginada por M. G. Mayer e independentemente por Haxel, Jensen e Suess, à qual nos limitaremos. M. G. Mayer supõe que, tal como acontece para o cortejo electrónico, o spin próprio do nucleão pode-se acoplar com o seu momento orbital l para dar um momento resultante $j = l \pm 1/2$ (sendo $1/2$ o spin do nucleão): é a hipótese do acoplamento spin-órbita em que se admite que os nucleões têm entre si uma pequena interacção. Na coluna 3 do quadro I, damos a lista dos sub-níveis que resultam desta hipótese; por exemplo, o símbolo $1 d 5/2$ significa que se trata do sub-nível $1 d$ no qual os nucleões têm o seu spin paralelo ao momento angular orbital: a coluna 4 dá o número de nucleões ocupando os sub-níveis sucessivos que se calcula aplicando o princípio de Pauli, isto é, admitindo que cada sub-nível tem, pelo menos, $(2j+1)$ nucleões.

Agrupando então os sub-níveis como se indica na coluna 5, obtém-se níveis que têm precisamente um número de nucleões igual aos números mágicos Naturalmente estas

Quadro I

1	2	3	4	5
Ordem dos níveis do oscilador	Ordem com poço de potencial	Acoplamento spin-órbita	Número de nucleões na sub-camada	Agrupamento destes níveis para obter os números mágicos
1	1 s	1 s 1/2	2	Total 2 2
2	1 p	1 p 3/2 1 p 1/2	4 2	} 6 8
3	1 d	1 d 5/2 1 d 3/2	6 4	
	2 s	2 s 1/2	2	} 12 20
4	1 f	1 f 7/2 1 f 5/2	8 6	
	2 p	2 p 3/2 2 p 1/2	4 2	} 8 28
5	1 g	1 g 3/2 1 g 7/2	10 8	
	2 dd	2 d 5/2 2 d 3/2	6 4	} 22 50
	3 s	3 s 1/2	2	
6	1 h	1 h 1/2 1 h 3/2	12 10	} 32 82
	2 f	2 f 7/2 2 f 5/2	8 6	
	3 p	3 p 3/2 3 p 1/2	4 2	
7	1 i	1 i 13/2	14	
	—	—	—	} 44 126
	—	—	—	
	—	—	—	
	—	—	—	

hipóteses arbitrárias só se justificam enquanto permitem deduzir do modelo em camadas conclusões verificáveis pela experiência. É esta comparação com a experiência que vamos agora realizar.

VII. Comparação com os resultados experimentais. Uma das características essenciais do núcleo é o seu momento angular total J chamado muitas vezes spin do núcleo. Este momento angular total J é a resultante dos momentos angulares totais de todos os nucleões. As determinações experimentais de J foram realizadas num grande número de núcleos estáveis e é principalmente neste ponto que se comparam as previsões da teoria e os dados da experiência.

Formulemos em primeiro lugar algumas observações: análogamente ao que sucede no átomo, admite-se que uma camada saturada de neutrões ou de protões tem um momento angular total nulo; poder-se-á pois desprezar no cálculo esta parte saturada de J e ter em conta apenas os nucleões mais exteriores.

Alem disso, no caso dos núcleos a experiência mostra que todos os núcleos, cujo número de neutrões N e o número de protões Z é par, têm também um momento angular total nulo. M. G. Mayer emitiu a hipótese de que 2 nucleões sobre uma camada saturada ou não saturada, se conjugam sempre dando a resultante $J=0$; resulta deste facto que apenas o nucleão solitário contribuirá para dar o momento angular dos núcleos para os quais A é ímpar; foi esta última hipótese que foi submetida à experiência. Tomemos, por exemplo, o isótopo de massa 17 do oxigénio: $^{17}_8\text{O}$, constituído por 8 protões e 9 neutrões; segundo o quadro I vê-se que o 9.º neutrão se deve encontrar na camada 1 d $5/2$ com um momento angular total $j = l + 1/2 = 5/2$; prevê-se pois para este núcleo $J= 5/2$ o que confirma a experiência. De um modo geral o acordo é excelente salvo raras excepções (2 em 70); no entanto devemos acrescentar que o quadro rígido da teoria teve que ser alargado (como sucede para o átomo nas terras raras ou para os elementos

de transições), supondo que o preenchimento das camadas não se efectua sempre na ordem estritamente prevista. Estudou-se uma ordem dos níveis semi-empírica, aliás muito pouco diferente, ajustando os resultados teóricos com os dados experimentais.

Transições γ : é bem conhecido que um núcleo pode estar num estado excitado, isto é, pode ter uma energia maior do que no estado fundamental. Para o átomo, um estado excitado simples é, geralmente, devido ao facto de um electrão se encontrar numa órbita mais exterior que a ocupada no estado fundamental. No caso do núcleo, supondo válido o modelo em camadas, é natural pensar que um estado excitado vizinho do nível fundamental é devido a um nucleão colocado numa camada menos ligada. Pode-se ilustrar esta hipótese com um exemplo: no isótopo de massa 113 do índio $^{113}_{49}\text{I}$ o núcleo é formado por 49 protões e 64 neutrões; o nucleão solitário que confere o seu momento angular total ao núcleo é o 49.º protão; o quadro I mostra que este protão está no sub-nível 1 g $9/2$, e portanto, que o seu momento angular total é $9/2$; efectivamente mediou-se o spin de $^{113}_{49}\text{I}$ e obteve-se o valor $9/2$. No estado fundamental do núcleo existe um lugar vago no sub-nível 1 g $9/2$, pode-se formar um estado excitado, por exemplo, pela passagem de um protão de um sub-nível inferior para este lugar vago: o caso mais simples é aquele em que um protão vem do sub-nível 2 p $1/2$; o momento angular total do núcleo neste caso é $1/2$.

Naturalmente o núcleo terá então uma certa probabilidade de voltar ao estado fundamental energeticamente mais baixo.

Esta passagem liberta, no átomo, a energia sob a forma de fotão X ou luminoso; para o núcleo ter-se-á um fotão γ que, como se sabe, apenas difere dos fotões X ou luminosos pela sua frequência ser em geral mais elevada.

A teoria do núcleo no seu estado actual é insuficiente para prever as energias postas em jogo nestas transições como se pode fazer no átomo. Mas quando o núcleo volta ao estado normal e emite um fotão γ há, não

só conservação da energia, mas também conservação do momento angular total: isto é, o fóton fica com um momento que é a diferença dos momentos angulares dos estados inicial e final do núcleo. No exemplo que tomámos ^{133}In , o modelo em camadas prevê principalmente um fóton de momento angular $l = |J - J'| = 4$.

O estudo experimental dos raios γ permite precisar o momento angular do fóton e em quase todos os casos em que a transição se produz na vizinhança do estado fundamental, há acordo entre as previsões teóricas e os resultados experimentais,

VIII. Conclusão. Limitámos a comparação entre o modelo em camadas e a experiência, aos momentos angulares totais e às transições γ . De facto, o confronto estendeu-se às desintegrações β nas quais o núcleo sofre uma transformação com emissão de um electrão; o electrão assim emitido é criado no interior do núcleo pela transformação de um neutrão em protão. Também neste ponto a teoria obteve um sucesso notável. Apesar das dificuldades que ela traz vê-se que a estrutura em camadas permite ligar de uma maneira muito simples um grande número de factos experimentais acumulados durante estes últimos anos: pode-se supor que constitui, num certo sentido, uma aproximação válida da estrutura do núcleo. Um trabalho impor-

tante para os físicos consiste pois em verificar as previsões deste modelo para determinar os limites, porque como toda a teoria, é a partir das divergências com a experiência, que pode ser aperfeiçoada.

Para concluir, quereríamos insistir no belo exemplo de marcha científica que constitui a elaboração do modelo em camadas. Com efeito, ordinariamente uma teoria elabora-se a partir de observações empíricas que ela procura relacionar deduzindo-as de leis gerais; e se a teoria é frutuosa esta síntese permite obter previsões; é então que voltando à experiência esta consagra ou infirma a validade da teoria proposta.

Foi assim que, sugerida pela existência dos números mágicos, a estrutura em camadas permitiu prever um grande número de propriedades do núcleo que a experiência agora procura verificar.

Do ponto de vista mais geral, notaremos que o sucesso do modelo do núcleo em camadas não destrói os argumentos a favor da teoria do modelo da gota líquida, mas que se aplica antes a um outro aspecto do núcleo; de facto estes dois modelos, opostos na aparência, encerram cada um uma parte de verdade e por analogia com exemplos célebres da história das ciências é provável que uma síntese maior os venha a reunir.

J. TEILLAC

Institut du Radium, Laboratoire Curie. Paris

3. PONTOS DE EXAME

EXAMES DE ENSINO MÉDIO (FÍSICA)

Exames de aptidão para frequência das licenciaturas em Ciências Matemáticas, Ciências Físico-Químicas e Ciências Geofísicas, preparatórios para as escolas militares e curso de engenheiros geógrafos — Ano de 1952.

Ponto n.º 1

147 — Numa queda de água utiliza-se uma turbina que vai accionar um gerador eléctrico.

Sabe-se o seguinte:

Diferença de nível, 100 m.

Perda por atrito, dentro da conduta de água, 10 %.

Vazão 240 m³/minuto.

Rendimento do sistema turbina-gerador eléctrico, 80%.

Tensão da corrente obtida. 3:000 volts.

Pede-se:

a) Qual é em cavalos-vapor, a potência do gerador eléctrico?

b) Qual é a intensidade da corrente obtida? R:

$$\eta = \frac{P_u}{P_m}$$

$$P_m = \frac{9}{10} \frac{mgh}{t} = \frac{9}{10} \times \frac{240 \times 10^3 \times 100}{60} = 36 \times 10^4 \frac{\text{kgm}}{\text{s}}$$

$$0,80 = \frac{P_u}{36 \times 10^4}$$

$$\text{a) } P_u = 28,8 \times 10^4 \frac{\text{kgm}}{\text{s}} \\ = 38,4 \times 10^2 \text{ c. v.}$$

$$\text{b) } P_u = 28,8 \times 9,8 \times 10^4 \text{ W} \\ = 282 \times 10^4 \text{ W}$$

$$P = VI$$

$$I = \frac{282 \times 10^4}{3 \times 10^3} = 94 \times 10 \text{ A.}$$

148 — Faça um esquema representando um dínamo de excitação em derivação, em funcionamento, e exponha em que consiste. O que é um dínamo? Como se chamam as correntes obtidas? Em que condições se formam? Como se realizam essas condições no dínamo? De que depende a força eléctro-motriz do dínamo? Demonstre a sua afirmação.

149 — O que é impedância? Porque temos necessidade da noção de impedância? Partindo da noção de potência, torne extensiva a lei de Ohm à corrente alterna que atravessa uma bobina.

150 — O que entende por degradação de energia? Enuncie o princípio de Carnot e obtenha dele consequências que interessam ao estudo da máquina a vapor.

151 — Enuncie e demonstre o teorema das forças vivas.

Exames de aptidão para frequência da licenciatura em Ciências Geológicas e Ciências Biológicas — Ano de 1952.

Ponto n.º 1

I

152 — Em que condições se produzem *correntes de indução*? Descrever experiências que sirvam para

demonstrar a formação dessas correntes e enunciar as leis que as regem.

153 — Como é constituída a *máquina de indução de corrente contínua*? Descrever os diferentes tipos de excitação nos dínamos e fazer um esquema de cada tipo.

154 — Um motor eléctrico, alimentado por corrente contínua de 220 volts, acciona uma bomba que extrai 20 litros de água por segundo de um poço com 10 metros de profundidade. Calcular a intensidade da corrente consumida pelo motor, sabendo-se que o rendimento do conjunto motor-bomba é de 80 %.

$$\text{R: } g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_m}$$

$$P_u = \frac{mgh}{t} = 20 \times 9,8 \times 10 = 19,6 \times 10^2 \text{ W}$$

$$0,80 = \frac{19,6 \times 10^2}{P_m}$$

$$P_m = 24,5 \times 10^2 \text{ w}$$

$$P_u = VI$$

$$24,5 \times 10^2 = 220 \times I$$

$$I = 1,1 \text{ A.}$$

II

155 — Enunciar o *princípio de Carnot-Clausius* e escrever a expressão do rendimento máximo de uma máquina térmica.

156 — Deduzir as condições em que se pode beneficiar o rendimento de uma máquina térmica por variação das temperaturas das fontes quente e fria.

157 — Descrever sumariamente o funcionamento do *motor Diesel* a quatro tempos. Que vantagens tem este motor sobre o motor de explosão?

L. M

EXAMES UNIVERSITÁRIOS

Certificado de ELECTRÓNICA E RADIOACTIVIDADE — Instituto do Rádio Sorbonne-Paris — Junho 1952 — duração da prova: 3 horas.

Ponto n.º 1

I — *Electrónica.*

298 — Indicar os métodos de medida das correntes de ionização nos gases a fim de medir as intensidades de radiação das fontes radioactivas. Unidades empregadas: ordem de grandeza das correntes. Poderá haver interesse em empregar câmaras de ionização contendo um gás raro; a natureza do gás ou a sua pureza serão indiferentes? R: *Consultar por exemplo, o tratado de*

M.^{me} Pierre Curie, «Radioactivité» (Hermann 1935) ou «Radiations from radioactive substances» de Rutherford, Chadwick e Ellis (Cambridge 1930).

II. — *Radioactividade.*

299 — Um feixe de partículas α de intensidade 1 microampere é acelerado num aparelho tipo Van der Graaf sob a tensão de 2, 5 M. V. Qual é a velocidade destas partículas no fim da aceleração? R: *É válida a aproximação não relativista; logo $E_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 = eV$. Tendo em conta a relação de equivalência,*

$$1 \text{UMN} = \frac{1}{6,0256} 10^{-23} \text{ g} = 1,659 \cdot 10^{-27} \text{ kg},$$

obtém-se

$$v_0 = 1,56 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}.$$

300 — O feixe é desviado de 60° pela passagem no entre-ferro de um electro-ímã de peças polares circulares com 20 cm. de raio.

O ponto de entrada e o ponto de saída são diametralmente opostos e admite-se que o campo é uniforme no entre-ferro e nulo no exterior. Qual a intensidade do campo magnético? R: Supondo o feixe deslocando-se normalmente à direcção do campo estabelecido no entre ferro tem-se (ainda dentro da aproximação não relativista), $B = \frac{mv}{Re}$ em que R representa o raio da trajectória e e a carga eléctrica da partícula.

Mediante considerações geométricas simples estabelece-se que o raio da trajectória vale 40 cm. No sistema E. M. C. G. S. ter-se-á então $B = H = 16100$ gauss.

301 — Antes da passagem do feixe no campo magnético intercala-se na parte rectilínea da trajectória uma folha de berílio de massa superficial $0,75$ mg por cm^2 e verifica-se que para manter o feixe na sua trajectória inicial, é preciso diminuir o campo magnético inicial de 400 gauss. Pede-se o poder de retardamento atómico (pouvoir de ralentissement atomique) do berílio correspondente à energia considerada. R A energia inicial do feixe, E_0 , dada por 1) é igual a $8 \cdot 10^{-13}$ Joules.

A energia do mesmo feixe depois de ter atravessado écran, E, obtém-se mediante a fórmula precedente $B_1 \frac{mv_1}{Re}$ substituindo H pelo seu novo valor $H_1 = 15700$ gauss.

Do valor $v_1 = 1,51 \cdot 10^7 \text{ ms}^{-1}$ obtido deduz-se o valor $E_1 = 7,63 \cdot 10^{-13}$ Joules pela expressão $E_1 = \frac{1}{2} mv_1^2$.

Por outro lado o número de átomos contidos em 1 cm^3 do écran de berílio é dado pela proporção

$$9 \text{ g} \text{ ————— } 6,025 \cdot 10^{23}$$

$$\frac{0,75 \cdot 10^{-3}}{\Delta x} \text{ g/cm}^3 \text{ — } \rho$$

$$\rho = \frac{5,02 \cdot 10^{19}}{\Delta x} \text{ átomos cm}^{-3}$$

onde Δx representa a espessura constante da folha, expressa em cm.

O coeficiente de retardamento atómico é definido pela expressão

$$\frac{1 dE}{\rho dx} \approx \frac{1 \Delta E}{\rho \Delta x} = \frac{8,00 - 7,63}{5,02 \cdot 10^{19}} \cdot 10^{-13} =$$

$$= 7,5 \cdot 10^{-34} \text{ Joules cm}^{-2} = 4,69 \cdot 10^{-13} \text{ eV cm}^{-2}.$$

302 — Qual a reacção que se produz na folha de berílio?

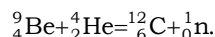
A que tipo de partículas dá ela origem e qual a sua intensidade sabendo que a secção eficaz da reacção é igual a $0,40 \cdot 10^{-24} \text{ cm}^2$. Equivalência da energia à unidade da massa

$$1 \text{UMN} = 931 \text{ MeV}$$

$$e = 4,80 \cdot 10^{-10} \text{ UES} = 1,60 \cdots 10^{-20} \text{ UEM} = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ coulomb}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \cdot 10^{-12} \text{ erg.} \quad Be = 9.$$

R: Na folha dá-se uma transmutação do tipo (α, n):



O número de neutrões emitidos é igual ao número de heliões captados pelos núcleos de berílio no mesmo intervalo de tempo. Este número é dado pela expressão

$$dN = \sigma \rho N dx$$

onde σ representa a secção eficaz da reacção considerada correspondente à energia inicial das partículas incidentes, N a intensidade inicial do feixe de partículas α e ρ tem o significado atrás indicado.

A intensidade N é dada pelo cociente

$$\frac{10^{-6}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ part. } \alpha / \text{s.}$$

No sistema Sommerfeld-Giorgi teremos

$$dN = 0,40 \cdot 10^{-28} \cdot \frac{5,02 \cdot 10^{25}}{\Delta x} \cdot \frac{10^{-6}}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} \Delta x = 6,2 \times 10^9 \text{ part. } \alpha \text{ capt. por s.}$$

Então

$$I_n = 6,2 \cdot 10^9 \cdot 1 \text{ ns}^{-1}$$

Ponto n.º 2

I — Tema de desenvolvimento.

303 — Depósitos activos de evolução rápida nas três famílias. R: Consultar o livro de curso de $M.^{me}$ Jolliot-Curie, «Les radioéléments naturels» (Hermann, 1946), onde vem tratada esta questão.

II — Problema.

304 — Um suporte plano n.º 1 colocado numa atmosfera de radão recolhe uma vez estabelecido o estado de regime um milésimo do depósito activo total de evolução rápida contido no radão cuja quantidade é de um curie. O suporte é colocado numa câmara de ionização. Estudar a evolução da corrente de saturação em função do tempo tendo em conta apenas o poder ionizante dos raios α e desprezando o dos raios β e γ . R: O depósito activo de «evolução rápida» é constituído pelos corpos A, B, C, C' e C''. No caso presente limitar-nos-emos a considerar Ra A, Ra B, Ra C e Ra C' desprezando a emissão α do Ra C' \rightarrow Ra C'' (apenas 0,4 % do número total de átomos de Ra C transformados).

O equilíbrio de regime entre o Rn puro e os seus descendentes estabelece-se ao fim de cerca de 3 horas,

isto é uma vez decorridos sete períodos do Ra B ($T_{Ra\ B} = 26$ m) que é o descendente com o maior período.

Uma vez estabelecido o equilíbrio de regime o número de átomos destruídos na unidade de tempo da substância mãe e de cada um dos descendentes é o mesmo:

$$\lambda_{Rn} N_{Rn} = \lambda_{Ra\ A} N_{Ra\ A} = \lambda_{Ra\ B} N_{Ra\ B} = \lambda_{Ra\ C} N_{Ra\ C}.$$

Isto é uma consequência do período do Rn ser muito maior que o de qualquer dos seus descendentes ($T_{Rn} = 3,8$ d.).

No caso presente este número é igual a $3,7 \cdot 10^7$ átomos s^{-1} , a que corresponde um número igual de raios emitidos pela substância mãe ou qualquer dos descendentes.

Em média, porém, metade dos raios emitidos pelo depósito activo são inteiramente absorvidos pela massa do suporte (despreza-se o efeito de retro-difusão dos raios α pelo écran o qual faz com que alguns deles sejam apenas parcialmente absorvidos pelo mesmo e o restante pelo ar. Este efeito faz portanto aumentar o número de iões produzidos no ar).

O número total de pares de iões produzidos nestas condições é:

$$N = \frac{3,72 \cdot 10^7}{2} (1,72 + 2,20) \cdot 10^5 = 7,29 \cdot 10^{12} \text{ pares de iões por s.}$$

Portanto no final da activação, temos uma corrente de saturação constante enquanto estiver o Rn em equilíbrio com os seus descendentes tal que

$$I_s^0 = 7,29 \cdot 10^{12} \times 1,6 \cdot 10^{-19} = 1,17 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 1,17 \text{ } \mu\text{A.}$$

Uma vez retirada a placa do contacto com o radão desfaz-se o equilíbrio e a corrente começa por diminuir muito rapidamente devido ao curto período do Ra A. Ao fim de 20 m. todos os átomos do Ra A se transformaram praticamente em Ra B e como este não é emissor α a corrente reduz-se à contribuição dos átomos de Ra B e Ra C transformados em Ra C'.

Estabelece-se o equilíbrio de regime entre o Ra B, Ra C e Ra C', decrescendo a actividade com o período do Ra B.

A razão do número de raios α emitidos pelo Ra C e Ra B é:

$$\frac{\lambda_{Ra\ C} N_{Ra\ C}}{\lambda_{Ra\ B} N_{Ra\ B}} = \frac{T_{Ra\ B}}{T_{Ra\ B} - T_{Ra\ C}} = \frac{26}{26 - 19} = 3,8.$$

Como $T_{Ra\ C} \gg T_{Ra\ C'}$ tem-se que $\lambda_{Ra\ C} N_{Ra\ C} = \lambda_{Ra\ C'} N_{Ra\ C'}$ e portanto

$$\frac{\lambda_{Ra\ C'} N_{Ra\ C'}}{\lambda_{Ra\ B} N_{Ra\ B}} = 3,8$$

razão que se mantém constante até à destruição completa do Ra B cerca de 3 horas depois. ($T_{Ra\ B} = 26$ m).

305 — Isola-se uma quantidade de Ra B puro, igual a um milicurie que se colocou sobre um suporte

plano n.º 2. Estudar a evolução da actividade nas mesmas condições que no suporte n.º 1. R: Neste caso o equilíbrio de regime estabelece-se apenas entre o Ra B, Ra C e Ra C'

Inicialmente tem-se $\lambda_{Ra\ B} N_{Ra\ B} = 3,72 \cdot 10^7$ raios α s^{-1} e $\lambda_{Ra\ C} N_{Ra\ C} = \lambda_{Ra\ C'} N_{Ra\ C'} = 3,8 \lambda_{Ra\ B} N_{Ra\ B}$.

O número de pares de iões recebidos inicialmente na câmara de ionização é portanto

$$N = \frac{3,72 \cdot 1,72 \cdot 10^{12} + 14,1 \times 2,20 \cdot 10^{12}}{2} = 1,87 \cdot 10^{13}$$

pares de iões s^{-1} em que o factor 1/2 aparece pela mesma razão apontada em 1).

A corrente de saturação inicial é portanto

$$I_s^0 = 1,87 \cdot 10^{13} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} = 2,99 \cdot 10^{-6} \text{ A} = 2,99 \text{ } \mu\text{A.}$$

A corrente de saturação diminui a partir deste valor segundo o período do Ra B desaparecendo praticamente toda a actividade do depósito activo de evolução rápida ao fim de 3 horas $\approx 7 T_{Ra\ B}$.

306 — Expressar em curies a quantidade de Ra D que se encontra ao fim de 3 horas sobre o suporte 2. R: Ao fim de 3 h todo o Ra B se transformou praticamente em Ra D (fica apenas $\left(\frac{1}{2}\right)^7 = 0,7$ %).

Ter-se-á portanto

$$N_{Ra\ B}(t = 0) = N_{Ra\ D}(t = 3 \text{ h}).$$

Mas

$$\lambda_{Ra\ B} N_{Ra\ B} = 10^{-3} \text{ curies. Logo}$$

$$N_{Ra\ D} = \frac{10^{-3}}{\lambda_{Ra\ D}} \text{ e por consequência}$$

$$\lambda_{Ra\ D} N_{Ra\ D} = \frac{T_{Ra\ B}}{T_{Ra\ D}} 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ curies.}$$

307 — Calcular a corrente de saturação devida ao polónio presente no fim de 140 dias sobre o suporte 2 desprezando a formação intermédia do Ra E.

Desprezar-se-á a ramificação α do Ra C.

Períodos:

$$\begin{array}{ll} Ra\ A = 3 \text{ m.} & Ra\ D = 22 \text{ a.} \\ Ra\ B = 26 \text{ m.} & Po = 140 \text{ d.} \\ Ra\ C = 19 \text{ m.} & Ra = 1600 \text{ a.} \end{array}$$

Número de pares de iões produzidos no ar por um raio α completamente absorvido

$$\begin{array}{ll} Ra\ A = 1,72 \cdot 10^5 & Po = 1,53 \cdot 10^5 \\ Ra\ C = 2,20 \cdot 10^5 & \end{array}$$

R: O Ra D, Ra E e Po constituem o depósito activo de evolução lenta. No caso presente despreza-se a formação do Ra E cujo período, $T_{Ra\ D} = 5$ d $\ll T_{Po}$. Tudo se passa portanto como se se tratasse do equilíbrio entre o Ra D e Po.

Como $T_{Ra\ D} \gg T_{Po}$ tem-se

$$(\lambda_{Po} N_{Po})_t = (\lambda_{RaA} N_{RaD})(1 - e^{-\lambda_{Po} t})$$

Para $t = T_{Po}$ tem-se $e^{-\lambda_{Po} T_{Po}} = \frac{1}{2}$

$$(\lambda_{Po} N_{Po})_t = \frac{1}{2} (\lambda_{RaD} N_{RaD})_0 = 1,10 \times 10^{-9} \text{ curies.}$$

A esta actividade corresponde um número de pares de iões

$$N = \frac{1,1 \cdot 10^{-9} \times 3,72 \cdot 10^{10} \times 1,53 \cdot 10^5}{2} = 3,13 \text{ pares}$$

de iões s^{-1} e uma corrente de saturação de

$$I_s = 5,0 \cdot 10^{-13} \text{ A} = 5,0 \cdot 10^{-7} \mu\text{A.}$$

Resoluções de Sant'Ana Dionísio
bolseiro em Paris

F. C. L. — Curso Geral de Física — 1951-1952.

Ponto n.º 1

I

308 — Defina *valor médio* de uma função no intervalo de tempo $t' - t$; calcule o *valor eficaz* da função $y = \text{sen}(\omega t)$, sendo ω uma constante.

309 — Defina os operadores *gradiente* e *rotacional*.

310 — Defina *binário* e prove que o seu momento resultante é invariante.

II

311 — Estudo do movimento do ponto que tem aceleração constante.

312 — Cálculo do trabalho das forças de pressão.

313 — Teorema do movimento do centro de gravidade.

III

314 — Enuncie e prove o teorema de Huygens sobre o pêndulo.

315 — Estudo do pêndulo de torção.

316 — Cálculo do coeficiente de compressibilidade isotérmica de um gás que satisfaz a lei de Mariotte.

IV

317 — Estabeleça a equação de Laplace, (tensão superficial).

318 — Dilatômetro de haste.

319 — Cálculo da energia mecânica recebida pelo gás perfeito numa transformação isotérmica.

11. QUÍMICA

EXAMES DE ENSINO MÉDIO

Exames de aptidão para frequência das licenciaturas em Ciências Matemáticas, Ciências Físico-Químicas e Ciências Geofísicas, preparatórios para as escolas militares e curso de engenheiros geógrafos — Ano de 1952.

100 — Dois óxidos dum elemento contêm 88,9 % e 94,1 % de oxigénio. Verifique a lei de Dalton. R: Com 100 g de oxigénio, combinam-se, nos dois óxidos, respectivamente: 12,5 g e 6,26 g do elemento. Estes dois números estão na razão de 2:1, de acordo com a lei de Dalton.

101 — Um composto gasoso tem por fórmula empírica CH_3 ; 1 grama deste gás ocupa, nas condições normais, 746 centímetros cúbicos. Qual é a fórmula molecular do gás? R: C_2H_6 .

$$(C = 12; H = 1).$$

102 — 2,02 gramas duma amostra de óxido de zinco comercial são dissolvidos em 50 centímetros de ácido sulfúrico normal. O excesso de ácido empregado foi neutralizado por 2,96 centímetros cúbicos de alcali 0,1372 normal. Calcular a percentagem de óxido de zinco na amostra. R: 99,4 % de OZn puro.

$$(O = 16; Zn = 65; S = 32; H = 1)$$

103 — Traduza por equações químicas a acção:

a) Do ácido sulfúrico sobre o cloreto de sódio.

b) Do ácido clorídrico sobre o bióxido de manganésio.

c) Do ácido clorídrico sobre o sulfureto ferroso.

d) Dos oxidantes sobre o álcool ordinário para obter aldeído e ácido acético.

104 — Escreva as fórmulas dos seguintes compostos: bióxido de bário, sulfureto de bismuto, sulfato de alumínio e glicerina.

Exames de aptidão para frequência da licenciatura em Ciências Geológicas e Ciências Biológicas — Ano de 1952.

105 — Enunciar a lei das proporções definidas (lei de Proust).

106 — 0,180 g dum liquido, que parecia ser cloroformio puro, deu por análise 0,0135 g de carbono. Que conclusões pode tirar deste resultado experimental? R: O liquido contém apenas 0,134 g de cloroformio puro.

107 — Escrever as fórmulas das seguintes substâncias: azoto, bióxido de manganésio, sulfato férrico, bicarbonato de bário e fosfato de zinco.

108 — 22 ml de ácido sulfúrico decinormal neutralizaram exactamente 25 ml duma solução de hidróxido de sódio. Qual é o título desta última solução? R: 0,088 N.

109 — O sal de prata dum mono ácido orgânico contém 64,7 % de prata. Qual é o seu peso molecular? R: M = 60.

110 — Considerando que o ácido da alínea anterior é alifático e saturado, escrever a sua fórmula de estrutura. R: CH_3COOH .

(Pesos atômicos: carbono 12,0; cloro 35,5; hidrogénio 1,0; oxigénio 16,0; prata 107,9).

Soluções de Marieta da Silveira

EXAMES UNIVERSITÁRIOS

F. C. C. — Exame final de Química Orgânica (2.^a chamada) Julho de 1951.

134 — a) Escrever as fórmulas de estrutura dos seguintes compostos: I) isovalerato de isoamilo; II) nitroglicerina; III) alanina ou ácido α -amino-propiónico; IV) tirosina ou p-hidroxifenil-alanina; V) 1,3,5-trifenil-benzeno; VI) estireno ou fenil-etileno; VII) estilbeno ou difenil-etileno-s; VIII) γ -valerolactona.

b) Justificar as estruturas dos compostos: I), III) e VI).

135 — Uma substância X contém 39,13% de C e 8,69% de H. Por ebulição com anidrido acético e acetato de sódio deu um derivado acetilado Y. A hidrólise de 1,453 g deste derivado consumiu 20 ml de potassa alcoólica N. Qual é a estrutura provável de X?

136 — a) A partir do acetileno e do álcool metílico indicar e explicar um método de síntese da acetona ordinária.

b) A partir do álcool etílico indicar e explicar um método de síntese da metil-etil-cetona.

c) Completar as seguintes reacções e formular os respectivos mecanismos:

I) $2 \text{C}_6\text{H}_5\text{-CO-CH}_3$, dissolvido em xileno, na presença de butóxido de alumínio, aquecido a 135° .

II) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CO}_2\text{C}_2\text{H}_5 + \text{CH}_3\text{-CO-C}_6\text{H}_5$, na presença de etilato de sódio a 150° , seguido de adição de ácido sulfúrico.

III) $\text{C}_6\text{H}_5\text{-CH=CH-CHO} + (\text{CH}_3\text{-CO})_2\text{O}$, na presença de acetato de sódio a 170° .

137 — Há várias aminas isómeras, com a fórmula molecular $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}$. Deduzir as estruturas dos isómeros que apresentam as seguintes características:

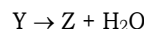
a) A por oxidação dá ácido benzoico; não pode resolver-se em isómeros ópticos; tratada com ácido azotoso dá um álcool, com desenvolvimento de azoto. Por oxidação cuidadosa do álcool obtém-se um aldeído.

b) B reage com ácido azotoso, desenvolvendo-se azoto, e o produto da reacção, por oxidação dá uma cetona. A óxima desta cetona, por transformação de Beckmann, dá uma substância, donde resulta, por hidrólise, anilina.

c) C não reage com cloretos de ácidos e o seu hidrocloreto, por aquecimento, não sofre transformação.

138 — Justificar a fórmula de estrutura da frutose.

139 — Existem muitos compostos isómeros com a composição: 46,45% de C, 7,74% de H e 45,8% de Cl. Um destes compostos X obtém-se pela reacção do cloro com uma olefina A. Por tratamento de X com soda aquosa resulta Y, com 61,02% de C e 11,86% de H. Y oxida-se com uma certa dificuldade e tratado com H_2SO_4 reage, segundo a equação:



Z reage com a hidroxilamina, não reduz o reagente de Fehling e, quando tratada com cloro e soda cáustica, dá clorofórmio. Deduzir a estrutura de A.

F. C. C. — Química Física — Exame final em Julho 1951.

140 — a) Demonstrar que num gás perfeito o coeficiente μ que afecta a energia na distribuição mais provável das moléculas pelas células μ é igual a $\frac{1}{kT}$ em que T é a temperatura termodinâmica.

b) Demonstrar a lei de Avogadro.

141 — a) Como quantifica o movimento do rotor simples?

b) Como se faz a divisão em células μ a partir da teoria dos quanta.

c) Demonstrar que o tamanho duma célula é h^n em que n é o número de pares p e q.

142 — a) Qual é a natureza da energia da ligação covalente?

b) Porque razão na água, o ângulo entre as linhas que unem os hidrogénios com o oxigénio é aproximadamente 90° ?

143 — Como se formam as bandas de absorção no espectro duma molécula diatómica?

144 — a) Deduzir que a velocidade de grande número de reacções dimoleculares é:

$$b = 2\sigma^2 \left[\frac{2\pi kT}{m_{12}} \right]^{1/2} e^{-\frac{E}{kT}} N_1 N_2$$

b) Demonstrar que nas reacções de cadeia pode haver dois limites de explosão isotérmica.

145 — a) Deduzir que a curva de neutralização dum ácido forte por uma base forte tem uma inflexão no ponto neutro.

146 — Deduzir que nas dosagens conductimétricas dum ácido forte por uma base forte, o ponto de equivalência corresponde ao ponto de encontro entre as retas que dão a variação da conductibilidade com a neutralização, na região ácida e alcalina.

F. C. C. — Análise Química — 1.ª parte — Exame final Julho 1951.

147 — *a)* Em 3 tubos de ensaio colocar, separadamente, 1 ml de soluções molares de sulfato de cobre, de sulfato de zinco e de sulfato de manganésio; juntar a cada tubo 1 ml de água sulfídrica saturada (0,1 M). Há formação de precipitado em todos os tubos? Ordenar, decrescentemente, as quantidades relativas de precipitado nos 3 tubos. Definir as condições de cada solução, uma vez terminada a precipitação. Quais são as concentrações relativas dos iões metálicos nas 3 soluções, depois da precipitação? Quais são as concentrações relativas de sulfuretião?

b) Separar os precipitados anteriores por centrifugação. A 1 gota de cada solução obtida juntar 1 gota duma solução de sulfato de cobre. Indicar o que se deve passar em cada caso.

Saturar o resto de cada solução com ácido sulfídrico. Indicar o que se passa em cada caso, comparando as concentrações dos iões metálicos e do sulfuretião, em cada solução, com as da alínea *a)*.

c) Centrifugar. Alcalinizar as soluções, novamente obtidas, com amónia concentrada. Que se verifica? Comparar novamente as concentrações dos iões metálicos e do sulfuretião com as das experiências anteriores.

(Produtos de solubilidade: do sulfureto cúprico, $8,5 \times 10^{-45}$; do sulfureto de zinco, $1,2 \times 10^{-23}$; do sulfureto do manganésio, $1,4 \times 10^{-15}$. Constantes de ionização do ácido sulfídrico: $K_1 = 9,1 \times 10^{-8}$; $K_2 = 1,2 \times 10^{-15}$. Valor aproximado do pH das soluções aquosas dos sais acima referidos 4).

148 — Precipitação, separação e identificação do cádmio, arsénio arsénico e molibidénio.

149 — *a)* Como poderá provar que um precipitado obtido numa precipitação do 4.º grupo de catiões, é constituído só por carbonato de cálcio?

b) Se realizar a separação do subgrupo do arsénio do subgrupo do cobre com uma solução de dissulfureto de sódio, o sulfureto mercúrico solubiliza-se parcialmente. Indicar como poderia identificar o mercúrio na solução obtida.

150 — Considere uma mistura de cloreto de prata, sulfato de chumbo e sílica. Estabeleça um plano completo de análise, compreendendo solubilização, separação e identificação das substâncias.

151 — *a)* Explicar a eliminação de fosfatos pelos métodos do cloreto de zirconilo e do cloreto férrico

Qual dos métodos apresentará mais vantagens? Justificar as respostas.

b) Separação e identificação da seguinte mistura de aniões: sulfito, sulfato, sulfureto, tiosulfato e sulfocianato. Justificar os métodos utilizados.

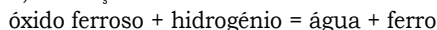
F. C. C. — Química Inorgânica — Exame final 24/7/51.

152 — *a)* Definir peso atómico dum elemento tal como figura nas tabelas internacionais.

b) Definir peso molecular baseando-se na escala anterior de pesos atómicos.

c) Justificar as leis da ebulioscopia, para a determinação dos pesos moleculares, em solução.

153 — *a)* Aplicar a lei das fases e do equilíbrio móvel, à reacção:



Dados:

Calor de formação do óxido ferroso

Calor de formação da água

b) Dizer quais os números de oxidação dos elementos, nas substâncias que figuram na reacção anterior, sendo dados os valores de electronegatividade.

c) Calcular a constante de equilíbrio da reacção a 720°C , sabendo que a mistura gasosa, a essa temperatura e a 760 mm de pressão, tem 50% de hidrogénio.

Dados:

$$R \text{ (litros atmosferas/graus)} = 0,082.$$

154 — *a)* Juntando a uma solução M/10 em cloreto de potássio, 0,1 ml de ácido clorídrico M/10 há uma variação de pH, de 3 unidades. Juntando a mesma quantidade do mesmo ácido, a uma solução 0,1 M em HA e 0,1M em NaA, a variação de pH é inferior a 0,01. Explicar.

Dados:

$$K_{\text{HA}} = 10^{-4}$$

b) Qual será o pH da solução de HA e NaA anterior?

c) Uma suspensão de sulfato de chumbo em água, adicionada de sulfureto de sódio até esta atingir a concentração M/10, enegrece. Explicar. Dados:

$$K_{\text{PbSO}_4}, \text{ e } K_{\text{PbS}}$$

155 — *a)* Qual será a f. e. m. do elemento de pilha

$$\left. \begin{array}{l} \text{H}_2 \\ 2 \text{ atm.} \end{array} \right| \text{sol. de } \begin{array}{l} \text{Ligação} \\ \text{pH} = 6 \end{array} \left| \begin{array}{l} \text{Sol. de HA } 0,1 \text{ M} \\ \text{e NaA } 0,1 \text{ M} \\ \text{(Sol. citada em 154 b)} \end{array} \right| \begin{array}{l} \text{H}_2 \\ 1 \text{ atm.} \end{array}$$

b) Qual das soluções que figuram no elemento de pilha será mais redutora?

c) Explicar a purificação electrolítica dos metais.

156 — Preparação e propriedades do ácido sulfúrico e do zinco.

A bomba de hidrogénio

A primeira alusão ao hidrogénio como explosivo nuclear é velha de trinta anos e foi anunciada numa conferência feita em Filadélfia pelo famoso físico inglês Aston:

«Se a raça humana conseguir no futuro descobrir meios para libertar a energia obtida por fusão dos átomos leves, terá à sua disposição uma potência que ultrapassa tudo quanto a imaginação possa sonhar; no entanto, terá de se considerar a hipótese de que uma vez em liberdade, essa força seja completamente incontrolável e que pela sua violência faça detonar as substâncias vizinhas. Se isto acontecer, todo o hidrogénio terrestre se transformará súbitamente em hélio e a mais prodigiosa experiência humana será anunciada ao Universo pelo aparecimento da nova estrela em que o planeta se transformará.»

Por alturas de 1945, já se sabia estarem erradas algumas das afirmações daquela profecia, em especial a impossibilidade de se verificar a catástrofe cósmica a que a mesma aludia, ao mesmo tempo que se adquiria a possibilidade de se libertar a energia de fusão dos átomos.

É difícil avaliar o que este passo em vias de realização tem de transcendente para a evolução dos conhecimentos humanos se o considerarmos isoladamente; por isso, julgamos que uma apreciação mais lúcida só poderá ser obtida através dum breve parêntesis histórico em que se descreva a largos traços a luta milenária pela conquista da energia e as suas repercussões sobre a civilização.

*
* *
*

Quando há muitos milhares de anos o homem primitivo produziu pela primeira vez o fogo, realizou sem o suspeitar uma descoberta que estaria destinada a pesar enormemente nos destinos da sua raça, pouco a pouco aprendeu

a maneira de o dominar, utilizando em seu proveito um fenómeno que até aí apenas lhe aparecera através dos catastróficos incêndios das florestas ou das sinistras erupções vulcânicas.

Só muito mais tarde compreendeu como deveria proceder para transformar em energia mecânica a libertada por via química, querendo o destino que o primeiro passo nessa direcção fosse efectuado pela descoberta da pólvora realizada há sete séculos pelo franciscano Rogério Bacon.

Mais de 300 anos decorreriam antes que o seu engenho ocorresse a maneira de transformar a energia calorífica em trabalho mecânico pela utilização dum fluido como agente intermediário.

A etapa seguinte só a realizaria no final do século passado, quando vislumbrou a possibilidade de utilizar directamente o calor sem se socorrer do vapor d'água; na verdade, não seria mais lógico provocar directamente a combustão dum combustível líquido no interior de uma câmara cilíndrica, por forma a realizar aquilo a que hoje chamamos uma máquina de combustão interna?

De qualquer forma, ao procurarmos uma visão sintética da história da civilização técnica e ao analisarmos a sua evolução multi-milenária, verificamos que até há pouco esta se alicerçava sistematicamente na produção da preciosa energia — mais preciosa que ouro fino — libertada nas transformações químicas, nomeadamente naquelas em que o carbono — quer ele provenha da madeira, do carvão ou dos derivados do petróleo — se combina com o oxigénio para formar anidrido carbónico.

Enquanto algumas transformações químicas necessitam para a sua realização que lhes seja totalmente fornecido do exterior toda a energia necessária (reações endotérmicas), outras há que ao invés, são capazes,

sob certas condições de libertar a energia interna das suas moléculas que a seguir poderá ser utilizada. Este facto de aparência tão banal é na realidade extremamente importante e merece que nos detenhamos um pouco sobre ele.

Assim, é de todos conhecido que um pedaço de carvão não arde espontaneamente na atmosfera enquanto a sua temperatura se não elevar até ao ponto em que se dê a ignição; da mesma forma, um explosivo não se decomporá a não ser que se produza uma perturbação suficiente na sua estrutura molécular, a qual poderá ser obtida fornecendo-lhe calor ou submetendo-o a uma percussão mais ou menos violenta.

Seja como for, sempre que pretendemos obter uma libertação de energia química, necessitamos de fornecer previamente ao sistema um determinado quantitativo para que a transformação exotérmica ulterior se possa realizar; esta propriedade que tem qualquer sistema possuidor de energia de necessitar duma cedência exterior inicial — energia de activação — para libertar a seguir a que contém, denomina-se metaestabilidade. A água, por exemplo, constitui um sistema estável visto que os átomos que constituem a sua molécula estão ligados por forma tal que não é possível a obtenção de energia através de um novo arranjo dos mesmos.

Pelo contrário, a nitroglicerina, o álcool, a gasolina, etc., constituem outros tantos sistemas metaestáveis, visto ser possível a formação de novas estruturas moléculares com formação de compostos estáveis e libertação da energia excedente, desde que lhes seja fornecida a energia de activação correspondente a cada um.

Ao procurarmos elaborar uma lista das substâncias metaestáveis que formam a crosta terrestre e através das quais podemos obter a libertação de energia química, verificamos que a quase totalidade daquelas é completamente inadequada para o fim em vista em virtude da sua estabilidade. As únicas substâncias metaestáveis que ainda se encontram no planeta são a madeira, o carvão e os de-

rivados do petróleo, sendo essa a única razão em virtude da qual elas constituem um dos mais fortes alicerces em que se baseia a actual civilização industrial.

Não há dúvida que podemos contar também com a parcela correspondente à energia das barragens ou dos ventos; é natural também que se encontrem fórmulas cada vez mais satisfatórias para o aproveitamento das marés, do desnível térmico dos mares e do calor solar.

Por outro lado, não é menos certo que as necessidades energéticas crescem de ano para ano em proporções inverosímeis, sendo de considerar o risco de a breve trecho se tornarem insuficientes os aprovisionamentos que duma maneira ou de outra o homem vai parasitar do Sol.

A descoberta da cisão e o domínio das forças atómicas através das pilhas marca sem dúvida o primeiro passo duma nova orientação na histórica luta pela conquista da energia; pelo contrário, na fusão dos átomos não se vislumbra actualmente técnica de controle alguma, não devendo porém ser esquecido que o manejo das esmagadoras forças em presença ainda, se encontra na sua infância.

Deutério ou trítio?

É sabido que a fusão de dois átomos ligeiros que se unem para formar um núcleo mais pesado origina uma libertação de energia proporcional à perda de massa verificada; de qualquer forma, a, quantidade de energia só é considerável quando os elementos de partida se referem aos elementos mais leves, nomeadamente ao hidrogénio.

Para a realização das reacções termonucleares entre os diferentes isótopos deste elemento necessitam-se temperaturas elevadíssimas, como só a explosão duma bomba atómica clássica é capaz de fornecer; salientemos desde já que não basta ter encontrado o engenho capaz de fazer detonar o hidrogénio; na verdade, é igualmente imprescindível que a temperatura se mantenha durante o tempo suficiente para o «inflamar», o que

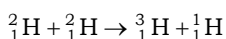
constitui um problema embaraçoso visto que a bomba atômica escorvadora apenas mantém a sua temperatura máxima durante um intervalo da ordem do micro-segundo.

Sabe-se que esse intervalo é demasiadamente pequeno para fazer detonar o hidrogénio pesado na sua forma gasosa, mas também se sabe igualmente que se o gás for liquefeito, a detonação exige menos tempo. O ganho assim obtido será suficiente? A resposta a esta pergunta resolverá o importante problema da composição qualitativa da bomba, isto é, se ela será constituída por deutério ou se se terá de recorrer ao trítio.

A questão é extremamente importante sob o ponto de vista económico, pois enquanto o deutério se pode fabricar em grandes quantidades e a preços da ordem dos 130 contos por quilograma, para o trítio ter-se-á de recorrer à produção artificial através de técnicas extremamente complexas, obtendo-se apenas quantitativos reduzidíssimos e a preços que actualmente (preços da Comissão de Energia Atômica Americana) andam por cerca de 3000 contos o miligrama.

Tomando como base para as considerações que se seguem a manufactura duma bomba mil vezes mais potente que a de Hiroshima, deprende-se que a sua fabricação exigiria — sem contar com o custo da bomba atômica escorvadora — aproximadamente 1 tonelada de deutério (130000 contos) ou uma mistura de 171 Kg. de trítio e 114 Kg. de deutério (5 biliões de contos), muito embora nesta última hipótese se considere que a produção industrial de trítio poderia baixar a sua cotação por um factor da ordem da dezena de milhar.

Com efeito, no primeiro caso considerar-se-ia a reacção de fusão:



A perda de massa será dada pela diferença entre os somatórios dos dois membros, ou seja $4,03200 - 4,02516 = 0,00684$ u. m.

Em consequência, por cada 4 gramas de deutério libertar-se-ão:

$$0,00684 \times 2,5 \times 10^7 \text{ KWh}$$

atendendo a que 1 grama $\leftrightarrow 2,5 \times 10^7$ KWh. Sabendo-se que cada bomba clássica liberta uma energia da ordem dos 4 a 5 milhões de Kwh, calcula-se imediatamente o quantitativo de deutério necessário para obter uma energia equivalente à obtida com um milhar daqueles engenhos: partindo da hipótese que a reacção de fusão apresenta um rendimento da ordem dos 10 %:

$$\begin{aligned} \text{Massa do deutério} &= \\ &= \frac{4 \times 4,5 \times 10^9 \times 10}{0,00684 \times 2,5 \times 10^7} \text{ gramas} \approx 1 \text{ Tonelada} \end{aligned}$$

A obtenção das massas de deutério e trítio a realizar na segunda modalidade foi feita de maneira aproximada notando (ver quadro 1) que a reacção correspondente é cerca de 3,5 vezes mais enérgica que a primeira, sendo portanto necessário apenas 285 Kg, de explosivo.

As considerações anteriores permitem avaliar desde já a enorme importância que reveste a escolha do isótopo do hidrogénio a empregar e por isso a questão merece ser tratada com um pouco mais de pormenor.

Na verdade, sabe-se que para fazer detonar o deutério — o mais económico dos dois isótopos — se torna necessária uma temperatura da ordem dos 20 milhões de graus, isto é, da mesma ordem daquela que existe no interior do Sol; no nosso planeta esse valor só pode ser alcançado mediante a explosão duma bomba atômica clássica, tendo sido publicado na bibliografia especializada que o modelo de Hiroshima era capaz de gerar uma temperatura da ordem dos 50 milhões de graus centígrados.

A grande dificuldade da empresa reside no intervalo de tempo extremamente pequeno — da ordem do micro-segundo — durante o qual a bomba se conserva intacta e que é demasiadamente curto para provocar a explosão do hidrogénio pesado.

Os cientistas nucleares conhecem perfeitamente quais os diferentes intervalos de tempo necessários para a fusão do deutério às diferentes temperaturas, quer o isótopo se encontre no estado líquido ou gasoso.

Assim, para o deutério gasoso elevado à temperatura de 50 milhões de graus são precisos 128 segundos para se dar a fusão dos átomos, ou seja um intervalo $1,28 \times 10^8$ vezes maior que o tempo limite: o mesmo isótopo sob a forma líquida e elevado à mesma temperatura exigirá ainda 200 micro-segundos, intervalo este que apesar de ser muito curto ainda é 200 vezes superior ao exigido.

Para o isótopo líquido e para temperaturas superiores, apresentam-se as correspondências seguintes, deduzidas teoricamente através dos trabalhos de G. Gamow:

75 milhões de graus	40	micro-segundos
100	»	»	»
150	»	»	»
200	»	»	»

O que fica dito permite desde já concluir que a fusão do deutério tem de ser fatalmente realizada antes da bomba atômica escurvadora se ter fragmentado, visto que o isótopo deixará de estar na forma líquida. Desta maneira, o problema da bomba de deutério depende afinal da resolução satisfatória das duas questões seguintes:

— Aumentar a temperatura de explosão das bombas atômicas clássicas até aos valores necessários.

— Idem para o intervalo de tempo existente entre a formação da massa crítica ($t=0$) e o da explosão da bomba: como foi dito, esse intervalo no modelo de Hiroshima é da ordem do micro-segundo.

Para melhor se poder avaliar a viabilidade de solução destas dificuldades, torna-se necessário fazer uma breve análise do mecanismo de funcionamento do engenho clássico:

Com efeito, pode-se considerar que o primeiro átomo que sofre a cisão, liberta em média 2 neutrões; estes vão bombardear outros tantos átomos de urânio ou plutônio, os quais por seu turno darão lugar a libertação de 4 neutrões e assim sucessivamente; pode portanto afirmar-se de maneira *aproximada* que na 10.^a geração se terão obtido 1000 desintegrações (rigorosamente 1024) e que em cada dez gerações o número de átomos

desintegrados tem de ser multiplicado por 10^3 .

Por consequência, no fim de 70 ter-se-ão aproximadamente 2×10^{21} cisões, os quais correspondem à desintegração total de cerca de 1 grama de urânio 235 ou plutônio e que correspondem a uma libertação de energia equivalente a explosão de 20 toneladas de T. N. T..

Como se sabe, o poder explosivo das bombas do tipo Hiroshima foi calculado em 20 Kilo toneladas de T. N. T., o que equivale a afirmar que se desintegrou cerca de 1 Kg. de um dos dois isótopos; desta maneira, a passagem duma equivalência de 20 toneladas de T. N. T. para 20000 exigirá 10 novos passos, os quais são verdadeiramente cruciais, visto que é a possibilidade de obter 80 gerações de cisões em vez de 70 que diferencia as duas explosões: num dos casos teríamos uma bomba atômica equivalente a duas bombas de 10 ton. de T. N. T. (denominadas vulgarmente por «bombas de quarteirão») enquanto no segundo se obterá um engenho equivalente a 2000 bombas desse tipo.

Como é evidente, para a bomba multiplicar a sua potência mil vezes ao passar de 20 para 20000 ton. T. N. T., necessitará duplicá-la sucessivamente durante os 10 passos considerados, e portanto terá de passar pelas equivalências 40, 80, 160,, 5000 e 10000 sem explodir: os cientistas de Los Alamos tiveram portanto de resolver o problema de construção da bomba de maneira tal que esta se não fragmentasse durante esses 10 passos (da 70.^a à 80.^a geração), o que equivale a demorar essa fragmentação por um tempo da ordem de 0,1 micro-segundo.

A única propriedade que a física apresenta capaz de solucionar satisfatoriamente este problema tremendo é a inércia; a questão foi atacada neste sentido e resolvida com sucesso para o que se envolveu a bomba com um material o mais denso possível e que tenha a propriedade de ser um bom reflector dos neutrões (chegou-se a encarar o emprego duma parte das reservas de ouro pertencentes ao Tesouro Americano e guardadas em Forte

Knox, por este metal apresentar em alto grau ambas as propriedades).

As considerações anteriores permitem desde já compreender como é problemática a possibilidade do emprego exclusivo do deutério na bomba de hidrogénio; na realidade, uma coisa é conseguir um «tamper» — nome técnico do corpo que actua pela inércia e destinado a demorar a fragmentação da bomba — que durante 10^{-7} segundos agente uma força que varia durante esse intervalo de 20 a 20000 toneladas T. N. T.; outra muito diferente será obter um dispositivo semelhante que durante um intervalo 2000 vezes maior (lembremo-nos que à temperatura de 50 milhões de graus o intervalo de tempo necessário para se realizar a fusão dos átomos é da ordem dos 200 micro-segundos) deve aguentar uma força que ao fim desse tempo se elevaria à gigantesca cifra de 4×10^{10} toneladas T. N. T..

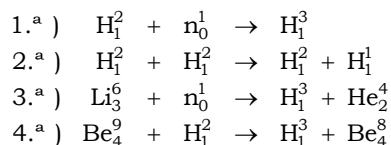
Como é lógico, isto não é possível de forma alguma, pois se houvesse processo de demorar a explosão construindo um «tamper» que permitisse obter aquela energia não haveria necessidade alguma de abordar o problema da manufactura duma bomba de hidrogénio. Por outro lado, é certo que as próprias informações oficiais americanas já anunciaram terem obtido melhoramentos significativos neste sentido, realizando tipos melhorados seis vezes mais potentes que o modelo de Nagasaki (a potência deste foi em tempo anunciada como dupla da do modelo Hiroshima), o que obriga necessariamente a soluções mais satisfatórias na construção dos «tamper».

Seja como for, é evidente que os progressos realizados estão longe de permitir alcançar os limites que atrás indicámos para a fusão do deutério, pelo que é possível afirmar com a maior segurança que o emprego exclusivo daquele isótopo como explosivo nuclear da super bomba não pode ser considerado.

Se nada há a esperar do deutério poderá ao menos ser encarada a utilização do trítio? A resposta é que para este também

existem razões que impedem o emprego exclusivo e que em seguida analisaremos:

Com efeito, este isótopo, não existe na natureza e por isso a sua obtenção tem de ser executada por métodos de fabricação sintética através das reacções nucleares apropriadas, das quais apresentamos as mais importantes:



As reacções que utilizam os deutões como agente bombardeante são realizáveis no laboratório mas o seu rendimento é deplorável; por outro lado, os métodos mais económicos para a produção industrial do trítio são sem dúvida aqueles em que o deutério (sob a forma de água pesada) ou o lítio são bombardeados com o poderoso fluxo neutrónico produzido nas pilhas (reacções n.º 1 e 3).

Desta maneira, cada neutrão da pilha absorvido nesta fabricação ficará perdido para a produção de plutónio; sendo assim, a construção duma bomba de hidrogénio que utilize exclusivamente o trítio como explosivo nuclear, não só exigirá a existência duma bomba atómica escorvadora mas também impedirá a obtenção do material desintegrável correspondente a vários engenhos clássicos.

Para avaliar melhor este ponto basta notar os seguintes factos: — A produção de cada átomo de trítio ou de plutónio exige o bombardeamento por um neutrão.

— As massas atómicas dos dois isótopos são respectivamente 239 e 3 e por consequência, em igualdade de massas, o número de átomos de trítio será aproximadamente 80 vezes maior que o correspondente ao plutónio.

Desta forma o problema apresenta-se como se a obtenção de cada quilograma de trítio exigisse o sacrifício de 80 Kg. de plutónio, com a correspondente diminuição do número de bombas clássicas produzidas.

Poder-se-á argumentar dizendo que o sacrifício não é tão desproporcionado, visto que em igualdade de massas dos dois isótopos, o trítio tem um poder explosivo 2,5 vezes maior; por outro lado não devemos esquecer que este isótopo é altamente radioactivo e sendo o seu período relativamente curto — apenas 12 anos — por cada kilograma produzido em 1952 só restaria metade em 1964. O plutónio, pelo contrário tem um período enorme (da ordem dos 25.000 anos) desintegrando-se lentamente no outro isótopo de interesse, isto é no U-235.

Apresentando a questão sobre outro ângulo ocorre perguntar qual a quantidade de trítio a fabricar para obter uma super-bomba 1000 vezes mais potente que o modelo de Hiroshima; uma vez que em igualdade de massa a energia obtida com o trítio é 2,5 vezes maior que a conseguida com o plutónio, compreende-se que seriam necessários 400 Kg de trítio líquido para realizar um engenho com uma energia equivalente à obtida através da desintegração total de 1 tonelada de plútonio.

Por outro lado, vimos já que a produção daquele quantitativo de trítio exigiria o sacrifício de 32 toneladas de plutónio, pelo que em termos energéticos se acabaria por obter uma energia correspondente à desintegração total de 1 tonelada pelo investimento de 32 toneladas de elemento, com a agravante de que metade do quantitativo de trítio obtido estaria perdida ao fim de 12 anos.

Os cálculos teóricos do professor inglês Oliphant avaliam entre 10 e 30 Kg. a massa crítica do plutónio, ou seja aquela que é indispensável reunir para a obtenção duma bomba clássica; nesta base, a realização do engenho de trítio com a energia atrás indicada implicaria o sacrifício de um número de bombas compreendido entre 3200 e 1066.

Além disso, não devemos esquecer a agravante que resulta do seu raio de destruição por onda de choque ser apenas 10 vezes maior que o da bomba clássica — o raio de destruição é proporcional à raiz cúbica da energia — enquanto o raio de destruição pelo

fogo seria 30 vezes maior — é proporcional à raiz quadrada da energia.

A Bomba Deutério-trítio

A leitura dos factos esboçados permite tirar as duas conclusões seguintes

— A bomba de deutério é irrealizável por dificuldades de ordem técnica.

— A bomba de trítio também o é, por motivos de ordem económica.

Posto o problema nestes termos, torna-se desde já patente que deve haver uma terceira solução que permita levar a cabo a fabricação da super-bomba, sem o que não teria sentido a ordem dada pelo presidente americano e as recentes notícias vindas a lume na imprensa mundial acerca do gigantesco desenvolvimento que os trabalhos têm tomado.

A solução a que nos referimos consiste em empregar como explosivo uma mistura dos dois isótopos pesados do hidrogénio: o deutério e o trítio. A potência explosiva de tal mistura é 3 vezes superior à do hidrogénio pesado e 1,5 vez a do trítio, se qualquer destes fosse empregado isoladamente.

No entanto, a propriedade mais importante dessa mistura reside na sua velocidade de ignição, muito mais elevada que a correspondente a qualquer dos seus componentes.

No quadro a seguir apresentam-se os tempos de fusão a diferentes temperaturas, para a mistura D-T e também para o deutério, a fim de se fazer melhor a comparação dos valores respectivos:

Temperatura (Milhões de graus)	Tempo de fusão (μ s)		Factor de proporcionalidade
	Deutério	Mistura D-T	
50	200	20	20
75	49	3	13,3
100	30	1,2	25
150	15	0,38	39

Se atendermos que os cálculos feitos para a determinação do tempo de explosão da bomba tipo Hiroshima indicam um intervalo de 1,1 μ s — isto é, 0,1 μ s mais que o tempo de fusão da mistura D-T a 100 milhões de graus — e se também tivermos presente a realização pelos americanos de versões aperfeiçoadas

das bombas de plutónio, é legítimo esperar que estas alcancem a temperatura dos 100 milhões de graus e resistam 1,2 μ s sem explodir, como se torna necessário para o efeito.

Por consequência, uma possível bomba de hidrogénio será constituída pelos órgãos seguintes:

a) Uma bomba aperfeiçoada de plutónio, servindo de espoleta para o engenho.

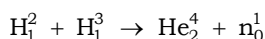
b) Um detonador constituído por uma mistura de deutério e trítio, destinada a obter o aumento de potência necessário para a desintegração subsequente do explosivo nuclear contido na super-bomba.

c) O explosivo, constituído por uma massa de deutério variável com a potência final a realizar.

A bomba de deutério munida com um detonador D-T será realizada com toda a certeza desde que a bomba-espoleta atinja 150 milhões de graus; nessa hipótese, o tempo de fusão do detonador seria de 0,38 μ s e como a energia libertada em igualdade de massa é 5 vezes maior que a obtida com o plutónio e alcançada 3 vezes mais rapidamente, é evidente que a temperatura obtida será muito mais elevada, sendo por isso razoável supor que o seu valor permita finalmente realizar a almejada fusão do deutério.

Uma questão muito importante a resolver será a de saber qual a quantidade de trítio a fabricar para o detonador; sobre este ponto não foram publicados dados alguns e como é evidente isso constitui um dos pormenores mais secretos respeitantes à super-bomba.

A reacção nuclear entre os componentes do detonador faz-se átomo a átomo, segundo a reacção de fusão:



e uma vez que as massas dos componentes estão entre si na razão 2/3, para um detonador de 1 Kg. serão necessários 600 gramas de trítio e 400 gr. de hidrogénio pesado; a realização deste detonador exigiria o sacrifício de 48 Kg. de plutónio ou seja 1,5 a 5 bombas clássicas, de acordo com a es-

timativa do professor Oliphant. A potência explosiva correspondente seria da ordem das 80 Kilo Ton. de T. N. T., igual à obtida com 4 bombas tipo Hiroshima.

Por outro lado, é muito possível que este quantitativo seja muito maior que o necessário para realizar a fusão subsequente da carga explosiva de deutério; se emitirmos a hipótese de que bastaria a décima parte, ou sejam 60 gr. de trítio e 40 gr. de deutério, ter-se-iam sacrificado 4,8 Kg. de plutónio (0,16 a 0,48 do quantitativo correspondente à bomba clássica), mas em troca obter-se-ia um engenho que uma vez carregado com 1 Tonelada de deutério, apresentaria um raio de destruição por onda de choque 10 vezes superior ao da bomba clássica (área destruída com cerca de 800 Km²) e um raio de destruição pelo fogo 30 vezes superior (superfície correspondente a mais de 4000 Km²),

Os efeitos do lançamento duma tal bomba sobre Lisboa estão representados no mapa que acompanha este artigo e em que os círculos traçados limitam:

— círculo de raio menor: superfície destruída pela onda de choque produzida pela bomba Hiroshima.

— círculo de raio médio: superfície destruída pela onda de choque da bomba de hidrogénio mil vezes mais potente.

— círculo exterior: superfície destruiria pela bomba H (é a mesma bomba ou não?) devida aos efeitos incendiários.

Se aos efeitos produzidos pela onda explosiva do fogo, juntarmos os devidos às radiações emitidas, obteremos uma ideia geral do fantástico poder de destruição da nova arma.

Observemos desde já que os efeitos obtidos neste último aspecto podem variar em larga escala, consoante a construção do engenho: assim se a cobertura exterior da bomba for de aço, os efeitos radioactivos produzidos dependerão apenas da bomba-espoleta e não serão maiores que os produzidos por esta; contudo, essa mesma cobertura poderia ser feita em cobalto, por exemplo, então a ra-



dioactividade induzida naquele elemento pelos neutrões seria verdadeiramente aterradora e produziria efeitos incalculáveis.

Ninguém sabe hoje quais as consequências da implacável corrida aos armamentos atômicos a que estamos assistindo.

Duma maneira ou de outra, o que nos últimos anos se fez neste domínio leva-nos desde já a evocar a dupla profecia de Aston

e os dois significados que ela poderá ter no futuro, consoante o uso que o homem fizer do seu próprio trabalho:

Numa extremidade, a possibilidade de alcançar as fronteiras mais recuadas do conhecimento.

Na outra, a alegria precursora duma civilização votada à destruição.

PASTOR FERNANDES
Cap. Art.

Leitores da «Gazeta de Física»! Enviem-nos os nomes e moradas dos vossos amigos que podem e devem interessar-se pela nossa revista

INFORMAÇÕES VÁRIAS

NOTICIÁRIO

Radioactividade natural — Necessidade de trabalhar em problemas não resolvidos

É de admirar que apesar das substâncias radioactivas terem sido descobertas há cerca de meio século, ainda estejam por resolver muitos problemas no domínio da radioactividade natural. Este campo foi o primeiro, dentro das grandes subdivisões da Física Nuclear, a ser explorado e no entanto muito está ainda por fazer.

Uma das razões deste estado de coisas provém do elevado preço do rádio e da dificuldade de obter, até há pouco tempo, substâncias radioactivas em grandes quantidades. O segundo factor foi o aperfeiçoamento dos aparelhos que pôs fora de uso as técnicas clássicas. Muitas das constantes que se encontram nas tabelas são inexactas. Muitas foram determinadas há anos com amostras impuras e pequenas quantidades de substância. As técnicas então empregadas já não se usam. Os instrumentos utilizados presentemente pelos estudantes graduados são mais fáceis de manejar e mais precisos que os usados pelos grandes sábios há cinquenta anos. Outra consideração importante é que hoje conhece-se bastante acerca de isótopos sendo possível fazer a sua separação, de modo que as propriedades das substâncias isotópicas podem ser estudadas individualmente. Como as constantes de desintegração são diferentes para cada isótopo, as antigas determinações, feitas com misturas de isótopos, conduzem por vezes a conclusões confusas. Esta situação verifica-se não só para as propriedades físicas, tais como períodos, constantes de desintegração, massas, energias das radiações gama e beta, percursos de partículas alfa, mas também para as propriedades químicas.

Exemplifiquemos com o caso do polónio. Nas tabelas actuais são atribuídos valores diferentes ao seu período, valores esses que vão de 148 a 137 dias. No entanto, um período daquela, ordem de grandeza pode medir-se com uma precisão de $\pm 1/10$ dia. Medir o período do polónio com esta precisão não seria tarefa demasiadamente difícil para uma boa tese de doutoramento.

Poder-se-iam apontar outros exemplos interessantes a propósito das famílias radioactivas naturais. A série do actínio, em particular, tem sido muito abandonada.

Muitas, se não a maioria, das propriedades físicas e químicas dos elementos constituintes desta série são conhecidos com pouca exatidão. As massas e o

esquema de desintegração do mesotorio II são ainda hoje objecto de opiniões diferentes. Há ainda outros exemplos que mostram que se tem que atender a estes factos. Embora as constantes não sejam bem conhecidas, as substâncias são, no entanto, muito usadas e de esperar, portanto, confusão na interpretação dos resultados.

Muitas propriedades físicas e químicas destas substâncias têm muito interesse. Por exemplo, o polónio é o único elemento conhecido que tem um coeficiente de expansão com temperatura negativa. Tal propriedade seria um assunto de investigação muito interessante para pessoas especializadas no estado sólido. Assim, é claro, que muitas das constantes físicas e químicas e muitas das propriedades das substâncias radioactivas naturais requerem uma revisão urgente. Esta tarefa não deve ser olhada como uma série de medições de rotina.

Devido à natureza de algumas destas propriedades o seu estudo poderá levar à descoberta de resultados novos. Dada a grande necessidade de fazer o referido estudo, e em virtude de se dispor de grandes quantidades de substâncias radioactivas, a Academia das Ciências de New York formou um «Committee» para estimular o trabalho neste campo. O «Committee» pode dispor de consideráveis quantidades de várias substâncias e pode cedê-las como empréstimo ou como dádiva a investigadores interessados em tais estudos. Para se obter a substância com que se pretende trabalhar deve enviar-se ao «Committee» um programa da investigação a realizar, indicar a quantidade de substância que se pretende, os instrumentos de que se poderá dispor e o pessoal que tomará parte na investigação.

O endereço da Academia de Ciências de New York é: 2 East 63 rd Street; New York 21 N. Y.. Se se tratar de um estudante graduado, deverá indicar-se quem orienta superiormente o trabalho, visto que o «Committee» não aprovará nenhuma requisição se lhe não forem assegurados os méritos científicos do proponente e a supervisão apropriada do seu trabalho. Além disso é necessário a garantia de que não haverá contaminações e de que o investigador está apto a manejar substancias radioactivas. Devido à legislação actual esta oferta é limitada aos cidadãos dos E. U. residindo nos E. U. continentais. O investigador deverá publicar os resultados em jornais técnicos especializados e deverá enviar à Academia de Ciências de New York separatas de todas as comunicações, que a Academia poderá inserir nas suas publicações.

A Academia oferece prémios para os melhores artigos publicados neste ramo de Ciência.

Trad. de uma notícia de SERGE A. KORFF L. S.
(Physics to day, 1952)

L. S.

Emprego de Físicos pelo departamento do Exército Americano

O departamento do exército dos E. U. recruta um número cada vez maior de Físicos.

As suas funções são principalmente na investigação mas alguns são utilizados em trabalhos técnicos, na Administração, etc.

As facilidades dadas pelo exército à investigação científica são consideráveis.

São facilitadas as publicações, acesso a congressos, etc..

Amer. J. of Phys.)

L. S.

Prémio Nobel de Química

O Prémio Nobel de Química, em 1951, foi atribuído aos químicos norte-americanos Glenn T. Seaborg e Edwin M. MacMillan, pela sua contribuição para a descoberta e estudo dos elementos transuranianos.

Glenn Seaborg, que nasceu em Ishpeming, no estado de Michigan, em 1912, estudou na Universidade de Califórnia, em Los Angeles e em Berkeley, onde se doutorou em 1937. Após o seu doutoramento, ficou em Berkeley como professor e continuou a dedicar-se à investigação científica em Química Nuclear. Em 1940, de colaboração com MacMillan, descobriu o plutónio (elemento de número atómico 94). Em seguida, em colaboração com vários químicos, participou na descoberta de outros elementos transuranianos o amerício (n.º atómico 95), em 1944; o cúrio (n.º atómico 96), também em 1944; o berkélio (n.º atómico 97), em 1949; e o califórnio (n.º atómico 98), em 1950. Foi também Seaborg que dirigiu a equipe de investigadores que descobriu o isótopo 239 do plutónio e o isótopo 233 do urânio (susceptíveis de sofrer cisão nuclear) e ainda o isótopo 237 do neptunio, de vida longa; e que estabeleceu a existência da família radioactiva de massas atómicas $4n + 1$. De 1942 a 1946, dirigiu ainda, no Laboratório Metalúrgico de Chicago, as investigações destinadas a estabelecer e aperfeiçoar um processo de separação química do plutónio, tendo criado uma técnica ultramicro-química especial, que permitiu tratar quantidades do elemento da ordem do micrograma.

Edwin MacMillan nasceu em 1907 e é também professor em Berkeley. Em 1940, de colaboração com Abelson, bombardeando quantidades importantes de urânio com neutrões produzidos no ciclotrão de Berkeley, descobriu o neptunio (elemento de n.º atómico 93) e, ainda no mesmo ano, recorrendo ao bombardeamento do urânio com deutrões, conseguiu de colaboração com Seaborg, descobrir o plutónio. Em 1945,

MacMillan apresentou a ideia (proposta também em Inglaterra, por Oliphante e, na Rússia, por Veckesler) do princípio do sincrotrão, que aplicou em seguida à transformação do ciclotrão de 5 metros de diâmetro, de Berkeley, em acelerador de frequência variável, ou *sincrociclotrão*, o qual permite o estudo de reacções nucleares de grande energia.

M. S.

Um prémio de cem mil cruzeiros para o maior produtor de material atómico no Brasil

Do «Diário de Notícias» de 24/9/52 transcrevemos a notícia seguinte:

RIO DE JANEIRO, 23 — O Conselho Nacional de Pesquisas instituiu um prémio de 100 mil cruzeiros destinado a recompensar a exploração de jazigos que produzir a maior quantidade de material atómico. O Instituto criou também uma tarifa para a compra de todos os minerais raros produzidos no Brasil, com preços baseados nos que são correntes nos Estados Unidos e no Canadá. O Governo brasileiro tornar-se-á comprador de toda a produção de urânio e de tório. Encarregar-se-á da transformação industrial destes minérios, e constituirá armazenamentos destinados à futura «cidade atómica» que será construída no Estado de Minas Gerais. — (F. P.).

L. S.

CRÍTICA DE LIVROS

La television?... Mais c'est tres simple! par E. AISBERG — Un vol. de 168 p. in-4° (182×228), 146 fig. et 800 dessins marginaux de H. GUILAC. — Editions Radio, 9, rue Jacob, Paris (6°) — Prix: 600 Fr. — Par poste 660 Fr.

L'auteur de «La Radio? ... Mais c'est très simple !», ce livre qui a fait le tour du monde, se devait de nous donner ce nouvel ouvrage. Le précédent a initié à la radio des centaines de milliers de personnes dans nombreux pays. A son tour, la télévision est maintenant mise à la portée de tous grâce aux lumineuses explications et ingénieuses analogies qui font comprendre sans peine les phénomènes les plus complexes.

Le livre se compose de 20 causeries au cours desquelles le jeune technicien Curiosus explique la télévision à son ami Ignotus. Ces vivants dialogues sont illustrés à profusion de spirituels dessins marginaux de H. GUILAC, qui facilitent encore l'assimilation du texte.

Le lecteur possédant une connaissance élémentaire de la radio analysera facilement le rôle et le fonctionnement des divers dispositifs utilisés en télévision et suivra le signal porteur des images de la caméra de prises de vues jusqu'à l'écran du récepteur. Chemin faisant, il étudiera la propagation des ondes métriques, l'anatomie et la physiologie des tubes cathodiques, les montages des bases de temps, les procédés

de synchronisation, l'amplification des signaux, l'alimentation, les collecteurs d'ondes, sans oublier la télévision en couleurs ni la projection sur grand écran.

Bien des questions réputées difficiles sont approfondies et rendues compréhensibles grâce à des explications inédites: la fréquence minimum de la porteuse pour une modulation donnée, la restitution de la composante continue, les doubleurs de tension, le rôle du réflecteur, etc.

D'une lecture facile, d'une présentation séduisante, ce livre constitue un cours complet et moderne de la nouvelle technique de la télévision.

Caracteristiques Officielles des Lampes Radio.

Fascicule 6 «Tubes Noval», Série Télévision — Un cahier de 32 pages (215 × 250), 121 fig. — Société des Editions Radio, 9, rue Jacob, Paris (6.^o). Prix 180 Fr., par poste 210 Fr.

Conçu comme les fascicules précédents, le sixième réunit la documentation la plus complète qui existe sur les tubes noval. Pour le seul tube ECL 80, nous trouvons, en dehors des valeurs d'utilisation et limites, capacités et exemples d'emploi, 20 familles de courbes qui permettent de prévoir le fonctionnement du tube en toutes circonstances.

L'application de chaque tube est illustrée par un schéma d'un téléviseur expérimenté et dont la partie correspondante est reproduite avec chaque lampe. Les «Caractéristiques Officielles n.^o 6» ne sont donc plus un ouvrage qu'on achète pour s'y reporter quand on a besoin, mais un véritable cours de télévision qu'on lit et étudie bien que son texte soit réduit au strict minimum.

Technique et Applications des Tubes Electroniques, par H. J. REICH. — Un volume de 320 pages (155 × 240), 395 fig. — Société des Editions Radio — 9, rue Jacob, Paris 6.^o. — Prix: 1.080 Fr, par poste: 1.188 Fr.

Dans la technique moderne, il n'est point de problème plus important que celui des tubes électroniques. Outil universel d'une souplesse sans pareille, le tube à plusieurs électrodes est, avec un égal bonheur, au service de toutes les branches de la science et de l'industrie.

Aussi était-il particulièrement regrettable de constater la pauvreté de la littérature technique française dans ce domaine. Certes, il existait d'excellents ouvrages consacrés aux tubes électroniques, mais leur niveau était souvent par trop élémentaire ou, au contraire, trop élevé pour être accessible à l'agent technique ou même à l'ingénieur de fabrication.

C'est pour remédier à cet état paradoxal de choses que la Société des Editions Radio, après avoir examiné un grand nombre de livres publiés en anglais, en allemand et en néerlandais, a finalement arrêté son choix sur l'excellent livre de REICH dont les travaux font autorité dans les milieux américains de l'électronique.

A égale distance de l'abstraction scientifique et de l'empirisme de mauvais aloi, l'ouvrage ne fait appel qu'à un appareil mathématique le plus souvent élémentaire et seulement dans la mesure des nécessités de l'exposé. Aussi, au lecteur qui voudra se donner la peine d'en entreprendre sérieusement l'étude, il procurera des connaissances solides, sûres et variées et qui constitueront une excellente base pour toutes les recherches et applications ultérieures.

Les matières traitées débordent d'ailleurs largement le cadre qui être semble imposé par le titre. En plus des bases physiques du fonctionnement des tubes, l'auteur y étudie en fait toutes leurs applications fondamentales. Après avoir passé en revue les différents modèles de tubes électroniques allant de la diode aux tubes à nombreuses électrodes, en passant par les tubes à décharge dans les gaz et par les cellules photoélectriques et électroniques qui en utilisent les propriétés, son exposé demeure partout intimement lié aux nécessités de la pratique et nombreux sont les exemples numériques et les données quantitatives que le lecteur trouvera dans les pages de ce livre.

Il appréciera de plus la clarté de l'abondante illustration et le fait que chaque chapitre est accompagné par un certain nombre de problèmes qui lui permettront de vérifier les connaissances acquises et dont il trouvera les solutions à la fin de l'ouvrage.

Bien imprimé et agréablement présenté sous une jaquette en couleurs, ce livre constitue un des ouvrages fondamentaux que chaque technicien considérera comme un livre de références indispensable et qui, de plus servira aussi bien comme livre de cours que comme ouvrage d'étude pour les autodidactes.

As ideias que a «Gazeta de Física» defende e propaga tornam a sua expansão do maior interesse para todos os seus leitores. Tragam-nos pois novos assinantes. A «Gazeta de Física» não tem intuitos comerciais. Vive pela Ciência e para a Ciência

NACHET
PARIS



UM NOME DE
CONFIANÇA

MICROSCÓPIOS
MONO E BINOCULARES
CÂMARAS CLARAS
LUPAS BINOCULARES

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS em PORTUGAL e COLÓNIAS

EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO, LDA.

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

WILD
HEERBRUGG

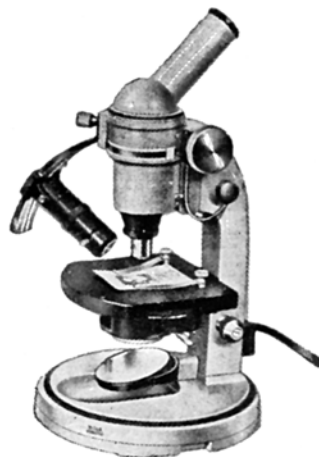
UM MICROSCÓPIO NOVO, MODERNO
Produto suíço de alta precisão

para todos os trabalhos em campo claro, campo escuro e contraste de fase. Óptica e mecânica de qualidade superior. — Concepção nova: objectivas Wild — Fluotar com guarnição de molas, de rendimento óptimo. Todas as partes componentes e sobressalentes são intermutáveis de maneira simples, sem regulações subsequentes. Condutores eléctricos alojados no suporte. Dispositivo de contraste de fase com centragem individual dos diafrámas íris. Câmara micro-fotográfica do novo sistema, com iluminação por lâmpada de fraca voltagem e grande rendimento.

Representantes — Depositários :

PIMENTEL & CASQUILHO, L.^{DA}

Rua Eugénio dos Santos, 75 • Telef. 2 4314 • LISBOA



ENTREGAS IMEDIATAS
Catálogos e referências a p.dido

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



produtos quimicos

SHELL

AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA NACIONAL

A SHELL COMPANY OF PORTUGAL, LTD. tem à disposição dos Srs. comerciantes e industriais, para entrega imediata e nas melhores condições de preço, uma valiosa gama de produtos químicos que compreende, dissolventes, detergentes, plastificantes, parafinas, benzinas, white spirits, óleos para têxteis, etc., etc.

DISSOLVENTES

Alcoóis — isopropílico, butílico secundário e metil isobutil carbinol
 Acetonas — dimetil cetona (acetona ordinária), metil etil cetona,
 metil isobutil cetona, diacetona alcool
 Aromáticos — benzol, toluol, xilol, solvent-naphta
 White spirits — terbentol, sangajol, aromático 45 %.

PARAFINAS 125/130 , 130/135 e 135/140 °F

S. B. P. 'S 40/145 , 60/90, 58/72 e 100/140 °C

Detergente Teepol, Dutrex, Ácido Nafténico, Apiezon, etc.



ATRAVÉS DA SUA SECÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS A SHELL
 PÕE AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA NACIONAL A EXPERIÊNCIA E
 A TÉCNICA DOS SEUS LABORATÓRIOS.

SHELL COMPANY OF PORTUGAL, LTD.

