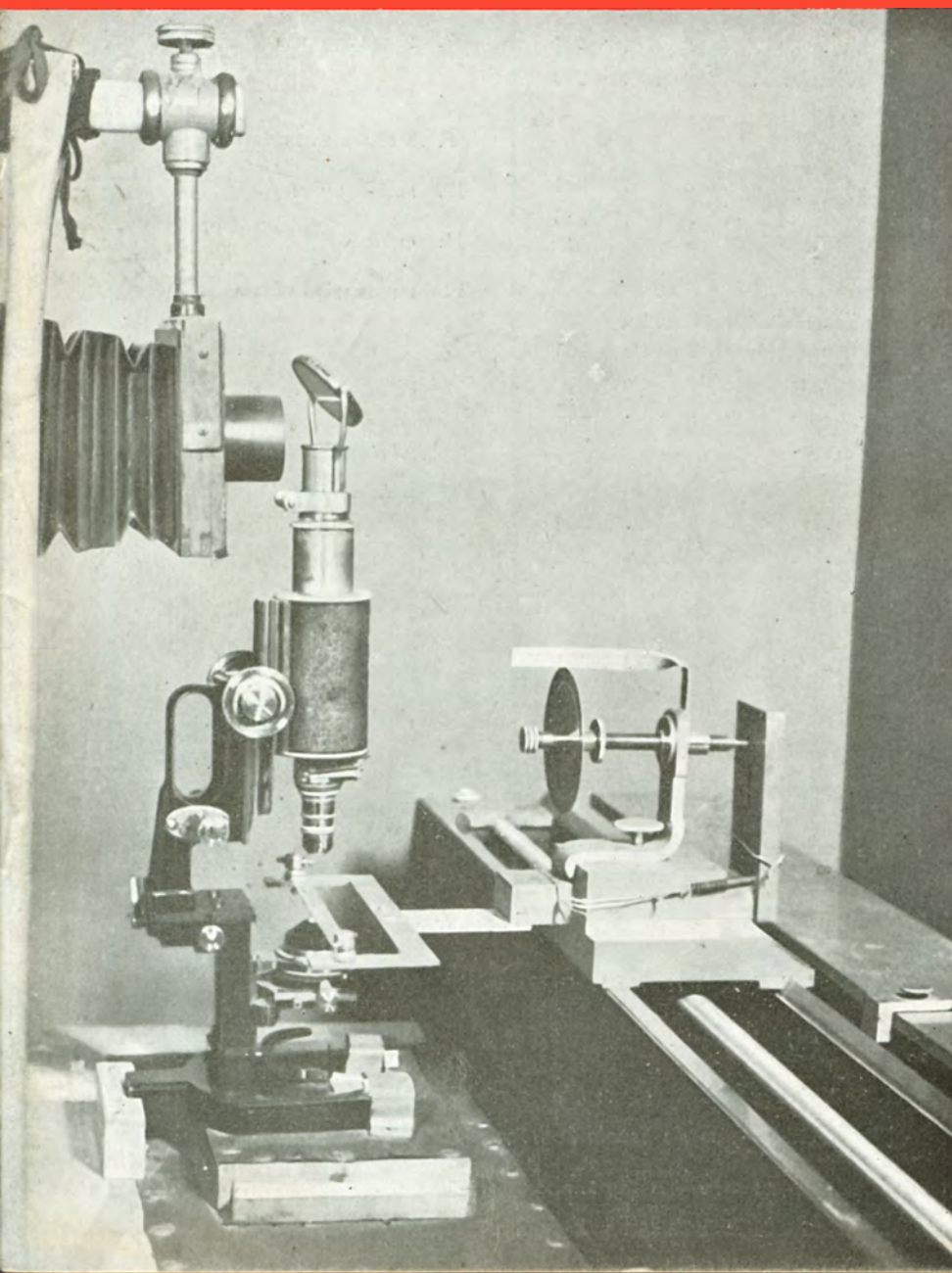


GAZETA DE FISICA

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



VOL. II, FASC. 8
ABRIL, 1952

*Instalação para o exame
de placas nucleares, exis-
tente no Laboratório de
Física da Faculdade de
Ciências de Lisboa.*

GAZETA DE FÍSICA

Vol. II, Fasc. 8 Abril de 1952

SUMÁRIO

2. Questões de Ensino	
Considerações sobre o ensino elementar da Física, por <i>Rómulo de Carvalho</i>	197
Questões liceais, por <i>Joaquim de S. M. G. Calado</i>	200
3. Pontos de Exames	
Exames de ensino médio	201
Exames de ensino elementar	203
10. Secção livre	
A interface metal-líquido e os potenciais dos eléctrodos em electroquímica, por <i>António Manuel Baptista</i> .	205
O que é uma partícula elementar?, tradução de <i>Lídia Salgueiro</i>	215
11. Química	
Exames de ensino médio	220
Pontos de exames universitários	221
12. Informações várias	
Crítica de livros, por <i>A. Gibert</i>	222

A matéria de cada artigo é tratada sob a 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 INDÚSTRIA
10. SECÇÃO LIVRE
11. QUÍMICA
12. INFORMAÇÕES VÁRIAS

DIRECÇÃO

Jaime Xavier de Brito
Rómulo de Carvalho
Armando Gibert
Lídia Salgueiro

TESOUREIRO

José V. Gomes Ferreira

SECRETÁRIOS

Maria Augusta Pérez Fernández
Ramiro Libano 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.

GAZETA DE FÍSICA

Fundador: ARMANDO GIBERT

Direcção: J. Xavier de Brito — Rómulo de Carvalho — Armando Gibert — Lídia Salgueiro

Vol. II, Fasc. 8

Abril de 1952

2. QUESTÕES DE ENSINO

CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO ELEMENTAR DA FÍSICA

Em 1753 saiu do prelo da oficina de Miguel da Costa, Impressor do Santo Ofício, a tradução portuguesa da «*Origem antiga da Fysica moderna*» do padre Noel Regnault, da Companhia de Jesus. Depois da indispensável dedicatória ao Marquês de Pombal, depara-se-nos um extenso e substancial prefácio, da autoria do tradutor, intitulado: «Dá-se o motivo da tradução desta Obra, em que se propõe a Portugal o verdadeiro methodo de estabelecer o estudo necessario da Fysica».

Aponta-nos o tradutor (João Carlos da Silva) o estado deplorável em que as Ciências se encontravam entre nós, os prejuizos que o atraso nos conhecimentos científicos nos poderia acarretar, afastando-nos do nível alcançado por outras Nações, e a necessidade urgentíssima de pôr cobro à situação criada. Em seu entender declarava-se convencidíssimo de que os Portugueses rapidamente se tornariam os primeiros na Ciência, mal o governo da Nação os pusesse a par das investigações dos contemporâneos e em condições de continuá-las.

Floreando o estilo com grandes pinceladas de retórica, escrevia o tradutor:

«Nasceram as ciências, onde nasceu o mundo. Na Ásia tiveram o seu primeiro principio, ou Oriente, e em Portugal hão-de ter o seu último fim, ou ocaso. Nas outras Monarquias têm os primeiros rudimentos, e na nossa a última perfeição. Passaram as ciências, como os Impérios. Ao dos Assírios e Caldeus chegaram salvas do dilúvio naquelas duas

colunas, em que as gravaram os filhos de Adão, e Noé. Passaram aos Persas, e Medos, destes aos Gregos, depois aos Romanos, dos quais se derivaram aos seus sucessores na Itália e Alemanha: destas passaram a França, daqui a Inglaterra, depois a Espanha, e últimamente a Portugal».

«Cuidam erradamente alguns, que por ser Portugal o último nesta situação do mundo, o é também na cultura das ciências, sem advertirem que a perfeição destas se consegue igualmente pelo discurso dos homens, que pelo dos tempos; e que por isso mesmo que chegam as ciências a Portugal mais tardias, chegam mais perfeitas. Nos outros Reinos se examinam, e purificam do que é mau; e em Portugal se gozam, e aproveitam unicamente do que é bom. São as ciências, como as águas do mar, que nas primeiras terras, onde chegam, vêm salgadas, e nas últimas vêm doces. Nas primeiras deixam o sal, que irrita; e nas segundas a doçura, que recreia». E, mais adiante: «No dilatado campo da Filosofia natural bem podemos principiar os últimos e sair os primeiros, como os operários do Evangelho»...

Passaram-se duzentos anos e, nas frequentes meditações a que um professor se sente inclinado para dar balanço ao que ensina, quantas vezes perguntamos a nós próprios se, realmente, se teria conseguido despertar, nos Portugueses, o gosto pelos estudos de Física.

Parece fóra de dúvida que uma das razões

de maior peso na deficiência ou eficiência dos resultados do ensino da Física provém do modo como ele se ministra e se assimila nos primeiros anos de convívio com esses estudos. Se, no ensino liceal, não se administrar uma boa meia dúzia de informações sólidas sobre conceitos fundamentais, corre-se o risco de, nos anos futuros, universitários, se amontoarem noções que se reproduzem oralmente sem hesitação mas que não têm eco na consciência do aprendiz. Se houver, em cada curso apenas uma minoria capacitada para a compreensão dessas noções fundamentais, parece-nos preferível não sacrificar o restante a um futuro muito incerto que a ninguém aproveita nem aos próprios, nem à comunidade a que pertencem.

O programa actual de iniciação à Física, no 2.º ciclo do ensino liceal, veio pôr em evidência um erro grave nos processos adoptados até aí nesse mesmo grau de ensino, erro que os programas anteriores mantinham encobertos e cujas consequências nos parecem ter sido funestas. Preocupa-se o programa actual (referimo-nos exclusivamente ao do 2.º ciclo) em ensinar pouco, escolhendo desse pouco o que possa ter maior interesse para os subsequentes estudos de Física. Insiste-se também em que o ensino deve ser ministrado por via experimental como é da própria natureza dos estudos de Física. Ambas as determinações parece merecerem o sufrágio de todos e, uma vez cumpridas, não cremos que se lhes possa levantar alguma grave crítica.

A novidade do programa que, para nós, é extremamente grata, reside na condenação *quase total* do ensino das expressões matemáticas que sintetizam leis quantitativas e a que é uso chamar «fórmulas». A novidade tem seu quê de impressionante por vir perturbar hábitos de pensamento e de processos que nem todos entenderão ser conveniente modificar.

Vamos dar um exemplo daquilo que, no pensamento de quem escreve estas linhas, constitui um excelente progresso no ensino elementar da Física, conforme o exigem os actuais programas.

Suponhamos que o professor vai iniciar o estudo da Calorimetria. Qualquer que seja a orientação do ensino, o professor não deixará de tocar, sucessivamente, nos seguintes pontos: informação de que a quantidade de calor é uma grandeza mensurável; definição de caloria; definição de calor específico de uma substância. A partir desta última definição o professor estabeleceria, nos programas anteriores, a expressão matemática $Q = mc\theta$ como fecho de toda a construção anterior. O aluno ficava assim de posse de um instrumento de síntese (a «fórmula») ao qual recorria sempre que lhe propunham a resolução de quaisquer questões relativas aos seus conhecimentos elementares de Calorimetria. Seguia-se então a prática dos exemplos numéricos que se encontram abundantemente representados nos Epítomes e nas colecções de pontos de exames espalhadas aos quatro ventos para mecanização dos conhecimentos: «Calcule a quantidade de calor necessária para elevar de 20° C a temperatura de 50 g de ferro. Calor específico do ferro: 0,114». O aluno lia o enunciado, localizava o problema no capítulo correspondente da Física, percorria mentalmente a lista das «fórmulas» usadas nesse capítulo e agarrava naquela: $Q = mc\theta$. O resto estava feito: $50 \times 0,114 \times 20 = 114$. E, na maioria dos casos, assim terminava a resolução no número 114, sem mesmo lhe acrescentar qualquer símbolo de unidade, no mais completo desinteresse pelo significado físico da quantidade calculada. Estava feito o essencial: a conta. Faltava-lhe acrescentar o símbolo de caloria? Abatia-se qualquer coisa na cotação total do ponto. Tudo, não, porque o aluno fizera a «conta». Sabia a «fórmula» e sabia as regras da multiplicação. Eis tudo.

Em vários Epítomes este problema correspondia a um certo Tipo I a que se seguia o Tipo II que consistia em propôr a seguinte questão: «Fornecem-se 114 calorias a uma dada massa de ferro cuja temperatura se eleva de 20° C. Calcule a massa do pedaço de ferro. Calor específico do ferro: 0,114». Este Tipo II consistia em tirar o valor de m

da «fórmula» $Q = mc\theta$, em substituir as letras pelos seus valores e em fazer as respectivas contas. O Tipo III, que se lhe seguia, consistia em calcular o calor específico e o Tipo IV em calcular o valor da elevação de temperatura sofrida. Esgotadas assim todas as variantes aritméticas seguia-se uma lista de problemas que se enquadravam em cada um daqueles Tipos e que consistiam em substituir o ferro pelo cobre, pelo estanho, ou mesmo por «um certo metal chamado cádmio» que tornava o problema mais surpreendente. Para nobilitar a questão e pôr à prova os méritos singulares de algum aluno, aparecia às vezes mais um problema em que, em vez do valor da massa do ferro, se dava o valor do volume da mesma! O aluno vulgar desistia. «Falta-lhe um dado» — pensava. Os melhores, desconfiados no primeiro momento, recompunham-se, iam ao saco das «fórmulas», puxavam do $m = v\mu$ (quando não era $m = v\delta$) e, sorridentes, faziam as «contas».

Estas cenas repetiam-se ao longo dos dias dos anos lectivos e ao longo das páginas dos Epítomes, com meticulosos conselhos para enfileirar os dados do problema à esquerda do quadro ou do papel, não fosse, por isso, haver engano nas «contas».

Onde se encontram, nesta abominável mecanização dos conhecimentos, os conceitos da Física? Onde estão os conhecimentos de Física do aluno que escreve $Q = mc\theta$, que substitui as letras pelos seus valores numéricos e que faz as respectivas «contas»? Saberá ele o que é calor específico de uma substância? Saberá o significado do número que o representa? Saberá qual o símbolo que acompanha esse valor numérico e qual o seu significado? Saberá o que é uma caloria? Saberá por que interessa a massa do corpo, e não o seu peso, nos fenómenos caloríficos? Saberá traduzir, aritméticamente, independentemente da «fórmula», a proporcionalidade entre os valores das grandezas que nela figuram?

A prática que temos do ensino faz-nos responder negativamente a todas estas perguntas. O normal tem sido os alunos desco-

nhecerem todos ou quase todos estes pormenores, sem prejuízo de «saberem» resolver o problema. Nisto consiste o êrro a que há pouco aludimos, que se mantinha encoberto nos programas anteriores.

Actualmente o programa não defende o ensino das «fórmulas» no 2.º ciclo. O aluno conhece — e tanto quanto possível através da observação experimental — as relações quantitativas entre os valores das grandezas que participam dos fenómenos. Em particular tem de conhecer claramente o *significado das constantes físicas* com que trabalha, e é a partir desse significado, e não das «fórmulas», que faz as suas aplicações numéricas. Recorrendo ao exemplo dado anteriormente, os problemas elementares de Calorimetria serão resolvidos a partir da definição de calor específico. O aluno é forçado a repeti-la mentalmente quando quer resolver um problema numérico e a sua resolução não pode deixar de ser raciocinada.

Não pretendemos, de modo nenhum, proclamar a inutilidade, no ensino, das expressões matemáticas que sintetizam as leis físicas. Bem sabemos que representam uma economia de pensamento que é indispensável a quem se utiliza delas. Nós, professores, que construímos as nossas sínteses, que temos consciência do significado, das «fórmulas», que somos capazes, em qualquer momento, de dissecá-las e de separá-las em todos os pormenores do seu conteúdo, usámo-las, nos processos de pensamento, e disso só tiramos proveito. Os estudantes universitários e os liceais do 3.º ciclo, podem tirar delas o mesmo proveito que nós. Mas os outros, os principiantes, aqueles que estão a carrear elementos para as suas construções mentais, esses só poderão tirar uma consequência do uso cego de tais expressões; o adormecimento do raciocínio e a mecanização dos processos que empregam.

Há quem discorde do processo que defendemos argumentando que os alunos assim têm mais dificuldade em resolver as questões que se lhes põem. Sem dúvida que a têm. O rendimento escolar tem-se ressentido disso. É infinitamente mais fácil substituir letras de

«fórmulas» por números e fazer as contas, do que raciocinar sobre o tema proposto. Se a finalidade do ensino elementar da Física for treinar os estudantes na aplicação de «fórmulas», louvemos os Epítomes e a legião de explicadores incansáveis que, penosamente pisam e repisam os problemas dos Tipos I, II, III e IV. Se a finalidade for levar o aluno a interpretar os fenômenos elementares do mundo físico em que vivemos e criar-lhe os conceitos sobre os quais construirá os seus estudos subsequentes de Física, se a eles se dedicar, então procuremos meditar sobre esta feliz tentativa de racionalização da nossa

pobre Física. Muito desejaríamos que, com as «fórmulas», desaparecessem, do estudo elementar desta ciência, aqueles pedaços de gelo que caem do alto sobre superfícies isentas de condutibilidade calorífica, aquelas esferas que rolam sem atrito ao longo de planos inclinados, aquelas barras sem pêso que se apoiam em suportes indeformáveis e outras fantasias onde se observa uma única preocupação: substituir as letras das «fórmulas» pelos seus valores numéricos e efetuar as respectivas «contas».

RÓMULO DE CARVALHO

PROFESSOR NO LICEU D. JOÃO III, EM COIMBRA

QUESTÕES LICEAIS

Os livros de física para o ensino liceal podem classificar-se em três tipos: os denominados compêndios de física, os bem conhecidos livros de problemas de física e os guias de trabalhos práticos de física.

Todos eles vão satisfazendo melhor ou pior as necessidades presentes.

É por intermédio dos primeiros que o aluno liceal adquire as noções básicas da física liceal de modo a conhecer os mais importantes fenômenos físicos, fazendo a aplicação dessas noções na resolução de problemas, e iniciando-se na experimentação com a ajuda dos livros do terceiro tipo.

Estas considerações visam a abordar a desconexão existente entre os dois primeiros tipos de livros, e a falha dos compêndios do 2.º e 3.º ciclos tais como até agora se têm apresentado no capítulo dos problemas.

Se a elaboração de um bom compêndio e de um bom livro de problemas é, de certeza, fruto de um trabalho exaustivo para os autores, e portanto digno de nota, não há dúvida que um compêndio de física com problemas de aplicação adequados á matéria exposta em cada capítulo e de coordenação dos vários capítulos, exigirá trabalho mais árduo mas com resultados superiores para o estudante liceal.

Não seria muito mais vantajoso que o aluno encontrasse no próprio compêndio os problemas de que necessita para o seu estudo, do que ir procurá-los noutra livro quase sempre de autor diferente e conseqüentemente com estrutura, notações, etc., por vezes inteiramente diversas?

A prática é a mestra de todas as sabedorias e o aluno para bem saber resolver problemas tem que praticar bastante.

A questão que aqui se põe não é a da extinção dos livros de problemas, nem da prioridade da sua situação num ou noutra livro.

Não deve interessar como elemento fundamental a apresentação de vários tipos modelos seguidos de uma série mais ou menos longa de problemas, nem a apresentação de um grupo de problemas no fim de cada capítulo ou no fim do livro.

Isso só conduzirá no primeiro caso a uma mecanização do ensino e na segunda hipótese a um simples aumento de páginas para o compêndio.

É corrente em todos os livros didáticos de matemática, escritos em língua portuguesa, a existência de exercícios de aplicação, e nem por isso se põe de parte o uso de livros de problemas pois que eles são simultaneamente fonte de obtenção de prática e recurso que

permite uma economia de tempo traduzida pela omissão de escrita dos enunciados dos problemas que se escolhem.

Porém a maioria dos compêndios de física para o ensino liceal não apresenta problemas explicados.

E todavia a necessidade da sua existência impõe-se para uma melhor coordenação entre o ensino teórico da física e a sua aplicação à resolução de problemas, não bastando a simples apresentação de enunciados ou a resolução de problemas modelos.

O que é de desejar é uma interpretação geral dos problemas que se apresentam, à face da teoria exposta.

E até o programa liceal dá, indirectamente, razão à necessidade apontada.

Na verdade, o programa fala em compêndios de física e guias de trabalhos práticos, não fazendo qualquer referência a livros de problemas, o que faz implicitamente prever o aparecimento de compêndios nas condições expostas.

Oxalá que as tentativas feitas já neste sentido por alguns autores venham a ser traduzidas pela existência de livros que apresentem problemas de aplicação relativos a cada capítulo e de coordenação de capítulos, de maneira a que o estudante encontre no próprio compêndio a concretização e particularização da teoria exposta.

JOAQUIM DE S. M. G. CALADO
(Licenciado em C. Matemáticas e C. Geofísicas)

3. PONTOS DE EXAME

EXAMES DE ENSINO MÉDIO (FÍSICA)

Exames de aptidão para frequência da licenciatura em Ciências Geológicas e Ciências Biológicas — 1951

Ponto n.º 2

I

135 — a) Enuncie o *princípio da equivalência* ou princípio de Mayer e defina equivalente mecânico da caloría.

b) Descreva a *experiência de Joule* destinada a determinar o equivalente mecânico da caloría e estabeleça a expressão matemática que permite, com os dados da experiência, calcular o equivalente mecânico da caloría.

c) Uma máquina térmica gasta 10 quilogramas de carvão para produzir o trabalho de 333476,8 quilojoules. Calcular o rendimento industrial da máquina e a temperatura absoluta da sua fonte quente, sabendo-se que o rendimento teórico da referida máquina é triplo do seu rendimento industrial e que a diferença de temperaturas da fonte quente e da fonte fria da máquina é de 136,5 graus centígrados.

O equivalente mecânico da caloría é 427 quilogramas por quilocaloría e, cada grama daquele carvão liberta, por combustão, 8:000 calorías.

$$\begin{aligned} \text{R: } \eta &= \frac{T_1 - T_2}{T_1} = \frac{136,5}{T_1} \\ \eta &= 3r_i \\ r_i &= \frac{W_u}{W_m} = \frac{33.476,8 \times 10^3}{10 \times 8 \times 427 \times 9,8 \times 10^3} = \\ &= \frac{33476,8}{376614} = 0,88 \\ 3 \times 0,88 &= \frac{136,5}{T_1} \\ T_1 &= 517^\circ \text{ Kelvin} = 244^\circ \text{ C.} \end{aligned}$$

II

136 — a) Diga como é constituída a *bobina de Ruhmkorff* e explique concretamente o seu funcionamento. Qual é o papel desempenhado pelo condensador de Fizeau?

b) Que são e como se produzem os *raios catódicos*? Mencione algumas das suas propriedades e descreva as respectivas experiências demonstrativas.

c) Diga o que são e como se produzem os *raios X* e cite as suas propriedades e aplicações mais importantes.

Exames de aptidão para frequência dos preparatórios para a Faculdade de Engenharia — 1951.

Ponto n.º 1

I

137 — 1.º Defina: a) Quantidade de movimento dum corpo; b) Relacione a unidade de C. G. S. de quantidade de movimento com a unidade da mesma grandeza no sistema métrico gravitatório.

2.º) Enuncie o teorema das quantidades de movimento.

138 — a) Calcule, em quilogramas, a intensidade da força que é necessário aplicar a um móvel que se desloca com a velocidade uniforme de 20 m/s, para o fazer parar no fim de 10 segundos. A massa do móvel vale 98 quilogramas.

b) Supondo que o movimento adquirido pelo corpo, depois de sujeito à acção da força que o obriga a parar, é uniformemente retardado, calcule o trajecto percorrido pelo corpo durante os 10 segundos a que se refere a alínea anterior.

II

139 — a) Qualquer forma de energia se pode apresentar no estado potencial ou no estado cinético. Mostre que assim é escolhendo para exemplo um condensador eléctrico.

b) Deduza a expressão matemática da energia cinética fornecida por uma associação de n condensadores ligados em série.

c) Em que difere essa expressão se os n condensadores estiverem associados em superfície?

R: a) *Aplicando o princípio da conservação de energia, e supondo a força retardadora constante, e na direcção do movimento, tem-se:*

$$\frac{1}{2}mv^2 = Fe = F \times \left(v_0t - \frac{1}{2}\gamma t^2 \right) = m\gamma \left(v_0t - \frac{1}{2}\gamma t^2 \right)$$

$$\frac{1}{2}v^2 = \gamma v_0t - \frac{1}{2}\gamma^2 t^2$$

$$\frac{1}{2} \times 20^2 = \gamma \times 20 \times 10 - \frac{1}{2} \gamma^2 \times 10^2$$

$$1 = \gamma - (0,5)^2 \gamma^2 \quad 0,25\gamma^2 - \gamma + 1 = 0$$

$$\gamma = 0,5 \frac{m}{s^2} \quad F = m \times \gamma = 98 \times 0,5 \text{ N} = 5 \text{ Kg} \quad \boxed{F = 5 \text{ Kg}}$$

b)

$$e = v_0t - \frac{1}{2}\gamma t^2$$

$$= 20 \times 10 - \frac{1}{2} \gamma \times 10^2$$

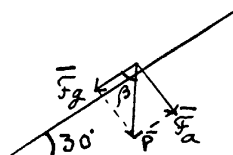
$$e = 200 - 25 = 175 \text{ m.}$$

Exames de aptidão para frequência das licenciaturas em Ciências Matemáticas, Ciências Físio-Químicas e Ciências Geofísicas, preparatórios para as escolas militares e curso de engenheiros geógrafos. — 1951.

Ponto n.º 1

140 — *Mecânica* — Um plano inclinado faz com o plano horizontal um ângulo de 30°, num local em que g é igual a 980 unidades C. G. S. de aceleração. Qual é o trabalho realizado pela gravidade, quando uma esfera que pesa 1 kg. desce o plano inclinado pelo espaço de 2 m? Justifique a resposta. Faça o estudo do trabalho nos diferentes casos que conhece.

(Desprezam-se os atritos na descida pelo plano inclinado). R.



$$\vec{P} = \vec{F}_a + \vec{F}_g$$

$$F_a = P \cos 30$$

$$F_g = P \sin 30^\circ = 0,5 \text{ Kg.}$$

$$W = P e \cos \beta = 1 \times 2 \times \sin 30^\circ = 1,0 \text{ Kgm}$$

ou

$$= F_g e = 0,5 \times 2 = 1,0 \text{ kgm.}$$

Nota — Nada interessa o conhecimento de g, visto que não pede unidades práticas.

141 — *Electricidade — Condensadores* — O que é condensação eléctrica? Obtenha a expressão que dá a capacidade dum condensador esférico. O que quer dizer que o poder indutor específico do vidro é 3? Obtenha a expressão que dá a energia duma associação de condensadores em série.

142 — *Electricidade — Electrólise*. — O equivalente electroquímico da prata é 1,1180 mg/C. O que quer isto dizer? O que entende por equivalente químico? Como é que partindo do equivalente químico pode obter o equivalente electro-químico? Que acontece quando se faz uma electrólise a um soluto de sulfato de sódio? Cite as leis que possam interessar as questões citadas. Como se pode obter o sentido duma corrente por meio da electrólise do sulfato de sódio? Justifique.

143 — *Problema*: Dispõe-se de 100 elementos de pilha tendo cada um uma f. e. m. de 1,8 Volts e uma resistência interior de 0,5 Ohms. Sendo a resistência exterior de 2 Ohms, como se devem dispor esses elementos para obter a corrente de intensidade máxima? Qual é, neste caso, a intensidade da corrente obtida.

R: *Dispndo n elementos de pilha iguais de caracte-*

rísticas e e r em q séries de p elementos, ligadas as séries em paralelo (associação mixta) é fácil de ver que a intensidade da corrente num circuito exterior de resistência R ligada aos polos da bateria é dada por

$$i = \frac{pe}{R + \frac{pr}{q}} = \frac{ne}{qR + pr}.$$

Como o numerador é constante, i é máximo quando o denominador for mínimo.

Ora, a soma de dois números cujo produto é constante é mínima, se os números forem iguais.

Condição de i máximo

$$\boxed{qR = pr}$$

$$\begin{aligned} a) \quad q \times 2 &= p \times 0,5 & pq &= 100 \\ \frac{p}{q} &= 4 \\ \begin{cases} p = 20 \\ q = 5 \end{cases} \end{aligned}$$

os elementos devem dispor-se em 5 séries de 20 elementos cada uma.

b)

$$i = \frac{100 \times 1,8}{5 \times 2 + 20 \times 0,5} = \frac{180}{20} = 9 \text{ A.}$$

Exames de aptidão para frequência dos preparatórios para a Faculdade de Engenharia — 1951.

144 — 1.º Defina:

- Equivalente-grama dum elemento;
- Equivalente electrolítico (ou electroquímico) dum elemento;
- A constante de Faraday, cujo valor numérico mais provável é 96511 coulombs.

145 — 2.º Calcule:

a) O equivalente electrolítico no níquel ($Ni = 58,69$). Apresente o resultado com seis casas decimais acompanhado do símbolo da respectiva unidade;

b) O tempo durante o qual deveria passar uma corrente de 12,5 ampéres para depositar uma camada de níquel de 0,5 milímetros de espessura sobre uma superfície quadrada de 8,0 centímetros de lado. (Massa específica do níquel: 8,65 g/cm³). R: a)

$$K = \frac{A}{n \times 96500} = \frac{58,69}{2 \times 96511} = 0,000304 \text{ g/C.}$$

$$b) \quad m = v\mu = 8,65 \times 8^2 \times 0,05 \text{ g} \\ = 27,68 \text{ g}$$

Cálculo de t

$$\begin{aligned} m &= Kq = kit \\ &= 0,0038 \times 12,5 \times t \\ 27,68 &= 0,0038 \times t \\ t &= 7285 \text{ s} \end{aligned}$$

146 — 1.º Calcule o trabalho realizado por um móvel de massa m que percorresse, sem atrito, todo o comprimento c dum plano inclinado, partindo, sem velocidade inicial, do seu ponto mais elevado.

2.º Calcule o trabalho realizado pelo mesmo móvel se caísse livremente da altura a, na vertical, desde o ponto mais alto do plano inclinado até ao nível da base.

3.º Demonstre que os valores dos trabalhos calculado nas duas alíneas anteriores são iguais. R: 1.º

$$\sin \alpha = \frac{a}{c} = \cos \beta$$

$$W = F_e \cos \beta = P \times c \times \frac{a}{c} = P \cdot a$$

2.º

$$F_c e = P \cdot a.$$

Resoluções de Libano Monteiro

EXAMES UNIVERSITÁRIOS

F. C. L. — Exame Final de Termodinâmica (1.ª chamada).

281 — a) Defina capacidade calorífica a pressão e a volume constante.

b) Dizer como varia um calor de reacção a pressão constante, com a temperatura.

c) Qual é a relação entre os calores de reacção a pressão constante e a volume constante? A variação de volume, a pressão constante, da reacção e a variação da energia interna dos componentes, com a temperatura constante?

d) Por que não podem as capacidades caloríficas ser negativas?

282 — a) Como se pode, a partir duma equação de estado dum gás a baixas pressões, passar da escala de temperatura dum gás para a escala termodinâmica?

b) Como se faz essa passagem a partir do efeito Joule-Thomson?

283 — a) Demonstrar a lei de Stéfán (Variação da energia radiante por unidade de volume com a temperatura.

b) Como se pode medir a temperatura de milhares de graus centígrados?

c) Como se pode calcular estatisticamente a entropia de um gás perfeito monoatômico?

284 — A energia livre da formação da água a 25° e 1 atm. a partir do hidrogénio à mesma pressão e temperatura e do oxigénio nas mesmas condições, é 54.636 cal. Qual é a constante de equilíbrio da reacção?

285 — Um cilindro de 1 metro de comprimento e 30 cm. de diâmetro contém ar, e desloca-se dentro dele

um êmbolo desde 3 cm duma extremidade até 60 cm da mesma. Considerando o ar um gás perfeito, de massa molecular 28,9, e coeficiente adiabático 1,4, calcular, em Joules, o trabalho executado quando:

a) O cilindro é fechado numa extremidade e a temperatura mantém-se sempre igual a 27° C.

b) A transformação é adiabática, de temperatura inicial 27° C.

c) Calcular a variação de energia livre ao longo da isotérmica.

Dados: Massa de 1 litro de ar...1,293 g. $d_{Hg}=13,6$.

2.^a Chamada

286 — a) Demonstrar, a partir do 2.º princípio da Termodinâmica, que a condição de possibilidade de uma transformação adiabática, qualquer, é $dS > 0$.

b) Calcular, usando as variáveis V e T , as derivadas da entropia, usando apenas as derivadas da energia interna.

287 — a) Como calcula as coordenadas do ponto crítico dum gás, a partir da equação de estado.

b) Como calcula, a partir da equação de estado, a pressão e temperatura do equilíbrio gás-líquido.

c) Deduzir a equação que nos dá a variação da pressão de equilíbrio gás líquido, com a temperatura, em função da variação de volume gás-líquido a temperatura constante e do calor de fusão, (equação de Clapeyron).

288 — Demonstrar que os dielétricos correntes aquecem quando introduzimos adiabática e reversivelmente, a excitação eléctrica.

289 — Demonstrar que o calor específico dum vapor saturado é negativo.

290 — A pressão do vapor dum líquido a 50° C. é 20 mm de Hg. O seu calor de vaporização a essa temperatura e pressão é 400 cal/g. Qual é a variação de entropia quando passamos do líquido a 50° C. e 20 mm para o vapor à mesma temperatura e 10 mm? $M=20$.

291 — A massa de 2 g de azoto (P. T. N.) sofreu a seguinte transformação:

1.º Mantendo-se a pressão constante, aqueceu até o volume triplicar:

2.º Mantendo-se o volume constante, aqueceu até a pressão triplicar:

3.º Transformação isotérmica até regressar à pressão normal.

Calcular:

1.º O trabalho realizado pelo sistema;

2.º A variação de energia interna;

3.º O calor absorvido;

4.º Desenhar o respectivo gráfico.

Dados:

$c_v = 3$ cal mole; $c_p/c_v = 7/5$ $R = 2$ cal/° K.

3.^a Chamada

292 — a) Diga o que é o efeito de Joule-Thomson.

b) Como se calculam a partir de uma equação de estado, as condições para que este efeito se inverta?

293 — a) Defina a função energia livre para sistemas definidos por P e T .

b) Demonstre que a condição de possibilidade duma transformação, a pressão e temperatura constante, para esses sistemas é $dF < 0$.

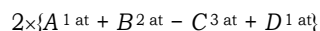
c) Qual será a referida condição para sistemas não definidos por essas variáveis?

294 — a) Demonstre a lei da acção das massas.

b) Deduzir como varia a constante de equilíbrio duma reacção com a temperatura.

295 — Como se define estatisticamente a energia livre?

296 — Num elemento de pilha passa-se a reacção entre gases perfeitos:



quando a carga que passa no circuito exterior é 3 Faradays.

A f. e. m. é 2 volts. Qual será a constante de equilíbrio da reacção expressa em pressões?

297 — Certa massa de ar, de condições iniciais $p_1 = 1$ atm, $v_1 = 100$ litro $t_1 = 20^\circ$ C, descreve um ciclo de Carnot, atingindo-se na compressão adiabática, a temperatura de 220° C. A seguir dá-se uma expansão isotérmica até o volume ser de 1500 litros.

Calcular o trabalho realizado, o rendimento do ciclo e a variação de entropia entre os estados inicial e final.

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

Contribuirão assim eficientemente para que a «Gazeta de Física» se torne cada vez mais interessante e com melhor apresentação.

10. SECÇÃO LIVRE

A INTERFACE METAL-LÍQUIDO E OS POTENCIAIS DOS ELECTRODOS EM ELECTROQUÍMICA

António Manuel Baptista

(Centro de Estudos de Física — Faculdade de Ciências de Lisboa)

SUMMARY

The author refers to some facts already known ⁽⁶⁾ and presents new results, obtained using Zn 65 as radioactive tracer, which support the hypothesis admitted in Professor Júlío Palacios' General Theory of Galvanic Piles ⁽⁴⁾ according to which metals always get positively charged by adsorption of cations when plunged into an electrolytic solution.

The results confirm an exchange between metals and the cations in the solution which takes place even when the electrode is more «noble» than the metal which is present under the form of cations, i. e. «a more «noble» metal generally replaces a less «noble» from its salts».

According to the experiments the exchange processes can justify the variation with time of the E. M. F. of the galvanic piles by the alteration of the nature of the electrode surface. Moreover the importance of the cations concentration is established and the possible influence of others cations on the «adsorbing power» of a metal towards a certain kind of cations — «efficient cations» — is also stressed.

1. Introdução

Os fenómenos que ocorrem na superfície de contacto entre um metal e a solução electrolítica onde mergulha são, evidentemente, duma grande importância, podendo mesmo afirmar-se que enquanto não forem claramente percebidos não há qualquer possibilidade de êxito na formulação duma teoria geral das pilhas galvânicas; pode dizer-se que grande número das zonas misteriosas que ensombram o campo da electroquímica estão ligadas ao conhecimento imperfeito dos fenómenos extremamente complexos que se manifestam na superfície dos electrodos.

Nernst arrancava, como se sabe, dum mecanismo segundo o qual, limitando-se ao caso dum metal e duma solução que contenha os seus iões, o electrodo, em virtude duma hipotética «tensão de dissolução», teria tendência a enviar para a solução os seus iões ou receber em troca os iões provenientes da solução, em virtude da pressão osmótica. Daqui, a possibilidade de o metal ficar a um potencial mais baixo ou um potencial superior ao do

líquido podendo, como caso limite, ficar ao mesmo potencial da solução electrolítica realizando-se assim o chamado «electrodo nulo». A sua existência decorre logicamente da aceitação do mecanismo postulado por Nernst sendo interessante notar sobre este ponto tão fundamental as opiniões de diversos autores que vão desde Eucken ⁽¹⁾ admitindo a realização actual dum tal electrodo até Mac Innes ⁽²⁾ que nega ter-se encontrado alguma vez o «zero absoluto de potencial» chegando mesmo a duvidar se o conceito dum zero absoluto de potencial tem algum significado, passando por Glasstone ⁽³⁾ que, admitindo embora a sua existência, duvida da sua realização.

A expressão a que chegava Nernst, termodinamicamente válida, para o potencial dum electrodo era como se sabe

$$E = \frac{RT}{nF} \ln c + E_0$$

Além da primeira restrição que assinalamos, solução aquosa que contém apenas catiões da natureza do metal do electrodo, não aparece nesta expressão nada que dê

conta da natureza do anião do electrólito, da fase gasosa ou doutras circunstâncias que influem no potencial electródico. Sabe-se como é limitada a aplicação desta fórmula o que não obsta a que se continue a utilizá-la nos mais variados domínios da electroquímica em que, como no importantíssimo problema da corrosão metálica, as condições mais se afastam das que permitem a sua aplicação com êxito. Como se sabe a correcção mais importante e geralmente aceite foi a substituição das concentrações iónicas pelas actividades, devida aos trabalhos de Lewis e Randall, substituição que acentuava o desvio das soluções dos electrólitos do estado ideal.

Nesta nota vamos resumir alguns dos resultados e apresentar novos factos que contribuem, a nosso ver, para lançar alguma luz sobre os processos electródicos e ver como podem ser explicados pela teoria das pilhas galvânicas que desenvolveu Júlio Palacios ⁽⁴⁾. Nas suas linhas gerais esta teoria afirma que a tendência que um metal tem para prolongar a sua estrutura leva-o, quando em contacto com uma solução electrolítica, a captar, melhor, a adsorver os catiões nela existentes. Essas forças de adsorção venceriam pois as forças de natureza electrostática derivadas da dupla camada eléctrica que se estabelece na interface metal-electrólito devida à atmosfera electrónica de densidade decrescente do metal para o exterior. Esta dupla camada tão importante e estudada no efeito foto-eléctrico, virá modificada nesta teoria por tudo o que se encontra na solução electrolítica-aniões, moléculas gasosas dissolvidas — com excepção dos catiões, dependendo também da natureza do solvente.

Das hipóteses feitas e tendo em conta estes factores chega J. Palacios à seguinte expressão para o potencial dum eléctrodo

$$E - E_1 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{E - E_0}{E_1 - E_0} = \frac{RT}{nF} \ln \frac{c}{c_1}$$

onde E_0 é o potencial galvânico do electrodo que se estabelecerá entre o metal e o líquido quando a concentração de catiões fosse $c = 0$; é aquele potencial correspondente ao vácuo,

alterado como dissemos e que poderemos afirmar, creio, depender do estado da superfície metálica antes da imersão na solução electrolítica ou seja do tratamento a que foi submetida. E_1 é o que o autor chamou potencial molar ou seja o valor de E para $c = c_1 = \frac{\text{mol g}}{\text{litro}}$. $E_1 - E_0$ dará, assim, a medida do «poder adsorvente» do metal considerado para uma dada espécie de catiões.

Vemos que segundo esta teoria o electrodo sempre se carrega positivamente, por adsorção de catiões, relativamente à solução.

Uma verificação experimental directa do resultado obtido é extremamente difícil pois na grande maioria dos casos não é possível a determinação rigorosa do potencial dum electrodo nas condições mais gerais, isto é, quando o metal mergulha numa solução que contenha diversas espécies de catiões ou mesmo numa solução onde existam catiões de natureza diferente do metal, pois este potencial varia com o tempo por vezes irregularmente. Como se sabe, e cumpre acentuá-lo, esta situação apresenta-se também nas condições restritas em que se pretende aplicável a teoria de Nernst.

Assim, haverá que procurar pontos de confirmação dos fundamentos da teoria exposta e ver se as hipóteses feitas permitem esclarecer os factos que se forem apresentando e justificar mesmo as dificuldades que se oferecem. Esta nota pretende, num campo limitado, este objectivo.

2. Estudo oscilográfico de fenómenos de troca

Tinha admitido J. Palacios ⁽⁴⁾, ⁽⁵⁾ que em certas condições poderia haver entre um metal e uma solução electrolítica uma troca, enviando o metal iões para a solução recebendo desta catiões que se descarregariam na sua superfície.

Nós verificamos ⁽⁶⁾ que este fenómeno de troca se dá num grande número de sistemas o que permite considerá-lo geral. O mecanismo proposto é completamente análogo ao do deslocamento dum metal numa solução electro-

lítica dos seus sais por um outro colocado acima na série electroquímica, simplesmente afirmamos ser este deslocamento possível mesmo quando o metal que mergulha na solução é mais «nobre» (no sentido que dissemos) do que o metal cujos catiões se encontram presentes. Acentuamos que esta troca quási sempre se dá mesmo que os potenciais normais dos dois metais considerados sejam muito diversos; como se sabe, a troca entre Pb/Sn^{++} ou Sn/Pb^{++} tem sido justificada pela proximidade dos seus potenciais normais (7).

Os oscilogramas apresentados nas fig. 1, 2, 3 e 4, e que registam as variações bruscas do potencial dos electrodos justificam, acreditamos, as nossas conclusões. Necessitam, porém, algumas explicações.

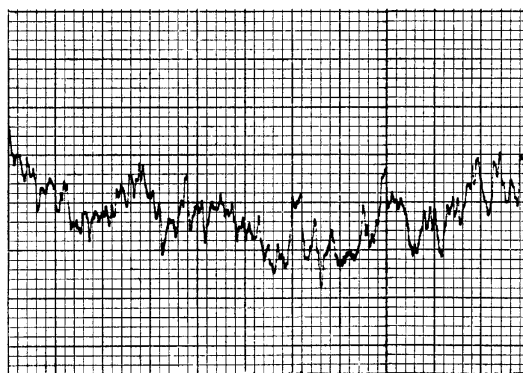


Fig. 1

Al/SO₄Cu 0,5 N/Cu
velocidade 25 mm/s

Quando se mergulha um metal numa solução electrolítica e se constitui por exemplo um sistema do tipo $A/ \cdots B^n + /B$ a força electromotriz varia com o tempo duma forma, para pequenos intervalos de tempo, regular. Contudo, se dispuzermos dum galvanómetro de pequena inercia utilizando um processo de zero (Du Bois Reymond por exemplo), poderemos verificar que, sobrepondo-se à marcha regular da evolução da pilha, se sucedem oscilações bruscas que traduzem variações rápidas da força electromotriz do sistema. Interpretamos essas oscilações como modi-

ficações bruscas do potencial dos electrodos: são essas variações bruscas, da ordem do milivolt, que o oscilógrafo regista.

Tendo localizado essas perturbações como processos que se desencadeiam na superfície dos electrodos foi dada a seguinte interpretação: quando um metal mergulha numa solução electrolítica adsorve catiões e tal pode ser a elevação do potencial galvanico produzido que o campo electrostático chega a ser suficientemente intenso para expulsar do electrodo catiões do metal: esta explosão corresponderá assim a um abaixamento súbito do potencial do electrodo (saida de cargas positivas) que os oscilogramas registam. O caracter explosivo do processo parece indicar que a saida de catiões do metal se faz por dissolução

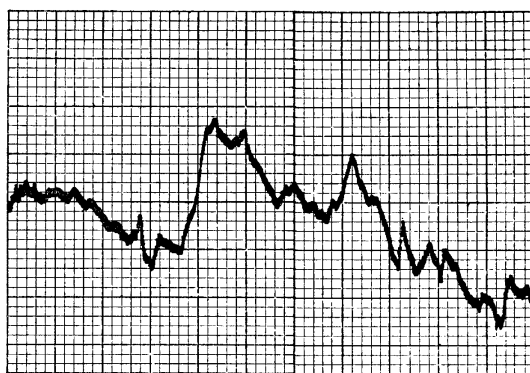


Fig. 2

Cu/SO₄Zn 0,15 N/Cu
velocidade 10 mm/s

rápida de elementos cristalinos; daqui, uma possível intervenção do estado da superfície do electrodo.

Curiosamente verificava-se que quando mais cuidados se punham no tratamento e limpeza dos electrodos esmerilando-os depois de atacá-los com ácidos os fenómenos se não reproduziam. Pensamos pois em provocar o aparecimento das oscilações actuando sobre a superfície dos electrodos no sentido de provocar descontinuidades que, se a nossa interpretação fosse correcta, facilitariam a dissolução do metal pois sabe-se que o tratamento

mecânico à temperatura ordinária forma uma camada superficial de microcristais orientados em todas direcções que dá à superfície um caracter amorfo; de forma análoga o ataque ácido actuaria.

Dois foram os processos utilizados para provocar essas descontinuidades: o primeiro consistiu em depositar sobre o electrodo, por via electroquímica, os seus próprios catiões com densidades de corrente grandes e sem agitação do electrólito, conseguindo-se assim uma camada irregularmente fornada; o segundo procurava, actuando mecânicamente sobre a superfície do eléctrodo, produzindo-lhe cortes, a deformação superficial do recitculo cristalino.

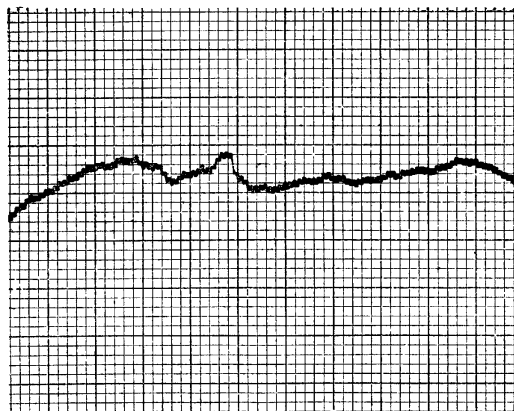


Fig. 3

Ag/SO₄Cu 2 N/Cu
velocidade 10 mm/s

Os resultados confirmaram as nossas suposições podendo reproduzir-se com toda a facilidade o fenómeno.

Resumindo, poderemos dizer no caso esquemático dum metal *A* que mergulha num electrólito que contem catiões B^{nb+} :

1) o metal *A* começa por adsorver os catiões B^{nb+} e o potencial galvânico adquirido pode ser suficiente para expulsar catiões do metal (fig. 5-a);

2) esta passagem do metal *A* para a solução, a que corresponde um abaixamento do seu potencial, dá-se descontinuamente por processos que se desencadeiam à superfície

do electrodo e que interessam domínios cristalinos discretos;

3) tende o metal a readquirir o seu potencial primitivo adsorvendo novos catiões B^{nb+} estabelecendo-se assim o processo de troca;

4) este processo de troca tem como resultado um aumento do numero de catiões adsorvidos no eléctrodo *A* com a possível formação duma liga superficial *A, B* e um aumento da concentração dos catiões A^{na+} na solução; daqui, a presença na solução de duas espécies de catiões no caso que estamos considerando. Poderíamos dizer, simplificando, que devido à adsorção de B^{nb+} diminue o potencial devido a esses catiões e em virtude da

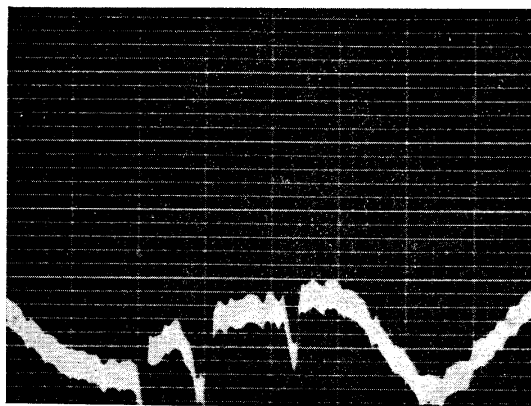


Fig. 4

Al/IK, CH₃COCH₃/Al

passagem de *A* para a solução aumenta o potencial devido a A^{na+} . Quando se atinge o equilíbrio os dois potenciais igualizam-se podendo, devido a flutuações à superfície dos eléctrodos, serem adsorvidos simultaneamente os A^{na+} e os B^{nb+} e assim proseguir a troca; ou seja que começam por serem «eficazes» os catiões B^{nb+} e atinge-se o estado de equilíbrio para o potencial do eléctrodo quando são «eficazes» os dois catiões A^{na+} e B^{nb+} (fig. 5-c).

Devemos acentuar, contudo, que um tal mecanismo não esgota as possibilidades actuais, como é evidente. Na realidade os processos

revestem-se duma maior complexidade; pode suceder, por exemplo, que, como acima dissemos, a adsorção de catiões produza uma camada superficial mais apetente dos catiões B^{nb+} ou, por outras palavras, que se dê o «enobrecimento» do electrodo e temos mesmo de admitir que a adsorção de catiões dum metal menos «nobre» pode «enobrecer» um metal. Esta é a situação que representamos na (fig. 5-b).

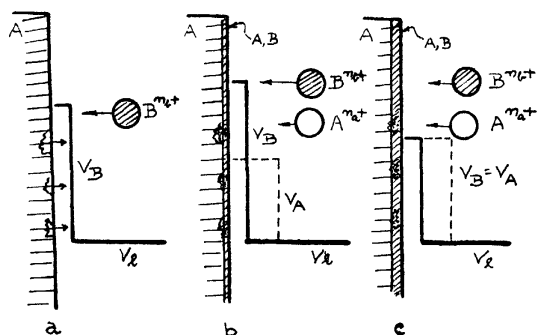


Fig. 5

V_1 — Potencial do líquido

V_A, V_B — Potenciais galvanicos originados pelos catiões A^{na+} e B^{nb+} respectivamente.

a — Imediatamente após a imersão; saída de A por domínios discretos.

b — Devido à adsorção de B^{nb+} deu-se um possível enobrecimento de A devido à constituição duma camada A, B

c — Fase final de equilíbrio: os dois potenciais V_A e V_B igualizam-se por serem eficazes simultaneamente os A^{na+} e os B^{nb+}

Esta evolução do potencial do electrodo poderia ser reproduzida forçando a deposição com o auxílio duma força electromotriz exterior, com pequenas densidades de corrente, dos catiões B^{nb+} . Alguns resultados obtidos neste Centro de Estudos confirmam o possível enobrecimento do electrodo de Pt pela adsorção de Zn^{++} (8); na fig. 6 representa-se esquematicamente a variação do potencial do electrodo (V) com a concentração dos catiões adsorvidos (C) quando a adsorção inicial «enobrece» o electrodo.

Devem comparar-se as fig. 5 e 6 por corresponderem a um comportamento análogo do electrodo.

Apresentamos nos oscilogramas das fig. 1,

2, 3 alguns resultados com sistemas que demonstraram a generalidade dos processos e manifestam o paralelismo qualitativo entre o deslocamento dum metal da solução dum dos seus sais, ou do hidrógeno, por um metal menos electropositivo (menos «nobre») e o deslocamento por um metal mais electropositivo. Grande número de sistemas foram estudados (6) demonstrando ser este um processo que se revelava mesmo nos metais mais electropositivos como o Au, Ag, Pd e Cu sendo particularmente evidente, intenso e facilmente verificável nos casos da prata e do cobre.

Na fig. 4 regista-se um caso curioso que parece revelar uma troca entre Al e K.

Procurando evitar a presença de hidrogeniões procuramos ver se o fenómeno também se produzia quando utilizavamos electrolitos fundidos. Aqui, como previamos, o fenómeno deveria ser particularmente marcado pela influência grande da temperatura na adsorção catiónica. Os resultados confir-



Fig. 6

Variação possível do potencial V dum electrodo devido ao aumento da concentração C dos catiões adsorvidos.

maram, mais uma vez, as nossas previsões e estudamos entre outros os seguintes sistemas Ag/Cl₂Cu, Cu/Cl₂Zn, Ag/Cl₂Zn, Au/Cl₂Zn, Pb/Cl₂Zn, Cu/(CH₃COO)₂ Pb e Fe/Cl₂Zn.

Queremos acentuar de passagem a importância que o estudo destes processos pode ter em certos problemas da corrosão metálica mas isso é outro assunto de que não nos vamos ocupar aqui.

3. Utilização do isótopo $Zn\ 65$ como indicador radioactivo.

Nos processos indicados, tendo-se admitido o mecanismo proposto, ficava por esclarecer um problema importante tanto do ponto de vista teórico pois que a sua resolução pode arrastar uma revisão completa de toda a electroquímica das soluções que contém diversas espécies de catiões, como do ponto de vista prático devido à sua importância nos problemas da corrosão metálica principalmente estando presentes numa solução diversas espécies de catiões — e numa solução aquosa sempre se encontram presentes além dos catiões provenientes da dissociação do sal, os hidrogeniões. Qual é o «catião eficaz»?

O estudo dos oscilogramas não nos poderia ser de grande auxílio e sabe-se como é difícil a análise das camadas superficiais que se formam; além disso, e principalmente, conviria verificar, duma vez por todas, se a hipótese feita na teoria de Prof. Júlio Palácios, dum fenómeno primário de adsorção de catiões como origem do salto de potencial galvanico entre o electrodo e o liquido poderia ser confirmado mais evidentemente. A utilização dum isótopo radioactivo que se encontre como catião na solução e cuja presença possa ser facilmente detectada poderia ser um meio excelente de estudo dos fenómenos que nos preocupam. Harwell forneceu-nos o isótopo $Zn\ 65$ sob a forma de sulfato de zinco.

Os resultados obtidos revelam a justeza das nossas hipóteses.

Os valores que intervêm nas tabelas que apresentamos abaixo foram obtidos com o «64 scaler» da Tracerlab com um dispositivo de suporte do contador Geiger (SC9D Shielded Manual Sample Changer) que permite manter constante a geometria da operação. Trabalhamos sempre em condições tais que as medidas podem vir afectadas dum erro máximo de 4%.

Realizamos com a própria solução radioactiva de SO_4Zn um padrão da maneira como se indica na fig. 7. Num suporte cilindrico de alumínio apoia-se uma lâmina circular

de cobre e em contacto com esta colocamos papel de filtro onde distribuimos uniformemente $0,1\text{ cm}^3$ de $SO_4Zn\ 0,27 \cdot 10^{-2}$ molar; evaporamos com calor brando e cobrimos o papel com uma folha de duralumínio; o conjunto é fixado com um anel não representado na figura. Como o padrão é feito com zinco radioactivo proveniente da mesma dissolução que utilizamos para as experiências de adsorção, não necessitamos medir a actividade específica da solução nem de ter em conta a decadência da mesma; basta, para cada série de medidas, determinarmos o número de toques correspondentes ao padrão pois, como se mantém a mesma proporção entre o número de átomos radioactivos e o número de átomos «mortos» no padrão e na amostra, podemos facilmente calcular o número de átomos de zinco adsorvidos e, *supondo uma distribuição uniforme*, a concentração por unidade de superfície.

TABELA I

Influência da concentração e do tempo de imersão no número de átomos de Zn adsorvidos pelo cobre imerso em SO_4Zn

Tempo de imersão	Conc. molar	Toques por minuto	Número de átomos de Zn ads. por mm^2
32 min	0,025	14	$3,7 \cdot 10^{13}$
32 min	$0,50 \cdot 10^{-2}$	10	$2,6 \cdot 10^{13}$
32 min	$0,50 \cdot 10^{-3}$	8	$2,1 \cdot 10^{13}$
16 h	0,025	65	$1,7 \cdot 10^{14}$
16 h	$0,50 \cdot 10^{-2}$	57	$1,5 \cdot 10^{14}$
16 h	$0,50 \cdot 10^{-3}$	9	$2,3 \cdot 10^{13}$
137 h	0,025	681	$1,8 \cdot 10^{15}$
137 h	$0,50 \cdot 10^{-2}$	681	$1,8 \cdot 10^{15}$
137 h	$0,50 \cdot 10^{-3}$	24	$6,4 \cdot 10^{13}$
429 h	0,025	1605	$4,3 \cdot 10^{15}$
429 h	$0,50 \cdot 10^{-3}$	1041	$2,7 \cdot 10^{15}$
429 h	$0,50 \cdot 10^{-3}$	31	$8,2 \cdot 10^{13}$

Na tabela I apresentamos alguns resultados obtidos para o cobre e vemos a influência do tempo de imersão e da concentração no número de catiões adsorvidos.

O facto, tão claramente demonstrado, da influência do tempo de imersão indica-nos a alteração do estado da superfície com o tempo e pode justificar, em certa medida, a evolução

da f.e.m. duma pilha com um semi-elemento $Cu/ \dots Zn^{++}$ tendo em conta os processos de troca que temos vindo referido. Apresentamos também nas tabelas o número de toques por minuto observados para termos uma ideia da ordem de grandeza das medidas realizadas. O padrão dava para as séries apresentadas 158 toques por minuto e o fundo cósmico era acusado por 26 toques por minuto.

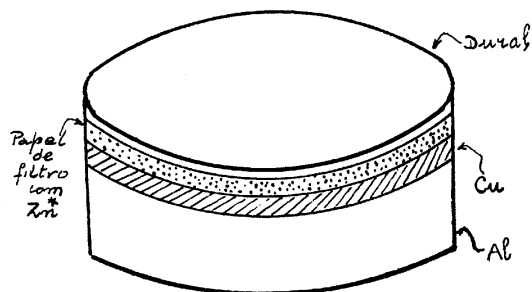


Fig. 7

Padrão de sulfato de zinco radioactivo

As amostras dos metais eram cortadas em forma circular com a área do padrão (390 mm^2) e mergulhavam completamente nas soluções com uma das faces protegidas para evitar a sua contaminação; retiradas das soluções eram energeticamente lavadas com água corrente.

O facto de, nas condições descritas, se verificar uma adsorção tão importante dos catiões Zn^{++} constitui por si só um dado da maior importância, pois são tão afastados os potenciais normais do zinco e do cobre que a teoria electroquímica clássica não pode explicar com facilidade este resultado. É evidente que estudos mais completos são necessários para o completo esclarecimento destes fenómenos tão importantes e não é senão o nosso objectivo nesta nota apontar factos e sugerir direcções possíveis. Por exemplo: no início do processo estão presentes Zn^{++} e H^+ . Quais os «eficazes»? Se supozermos, mais de acordo com as ideias clássicas, que são os hidrogénios, temos de admitir que passado pouco tempo se devem igualizar os potenciais devidos aos Zn^{++} e aos H^+ tendendo o pró-

cesso a prosseguir devido à formação de moléculas gasosas de hidrogénio que se escaparão. O estado final será caracterizado por serem «eficazes», simultaneamente, os três catiões Cu^{++} , H^+ e Zn^{++} devendo a composição da camada superficial permanecer, a partir desse momento, aproximadamente constante.

O processo também se poderia explicar admitindo que são imediatamente eficazes os iões Zn^{++} pelo menos até uma certa concentração interpretando-se a fraca actividade revelada nas amostras em contacto com as soluções muito diluídas como uma contaminação provável devido ao grande número de processos que têm lugar à superfície dos electrodos. Resultados análogos foram obtidos para o Pb e Ni e o Fe .

Na tabela II apresentamos alguns números que parecem demonstrar que a presença de catiões estranhos influi pela sua natureza no poder de adsorção dum dado metal para outros catiões. Pensamos voltar a este assunto de importância evidente na corrosão metálica.

TABELA II

Influência do catião sódio sobre o poder adsorvente do Cu e do Pb para o Zn

Metal	Tempo de imersão	Solução	Conc. molar	Toques por min.	N.º de átomos de Zn adsorv. por mm^2
Cu	137 h	$\frac{1}{2} \text{SO}_4\text{Na}_2 + \frac{1}{2} \text{SO}_4\text{Zn}$	0,05	1203	$3,2 \cdot 10^{15}$
Cu	137 h	SO_4Zn	0,025	681	$1,8 \cdot 10^{15}$
Pb	118 h	$\frac{1}{2} \text{SO}_4\text{Na}_2 + \frac{1}{2} \text{SO}_4\text{Zn}$	0,05	1312	$3,5 \cdot 10^{15}$
Pb	118 h	SO_4Zn	0,025	1052	$2,8 \cdot 10^{15}$

Um ponto interessante a atacar é o de determinar se o «catião eficaz» se revela nestes processos com exclusividade na sua intervenção. Os resultados obtidos parecem confirmar essa suposição pois podemos concluir que enquanto está presente o cobre-ião, pelo menos em soluções não muito diluídas, só ele intervem nos processos com electrodos de Cu conforme os dados da tabela III.

TABELA III

Metal	Tempo de imersão	Solução	Conc. molar	Toques por min.	N.º de átomos de Zn adsorv. por mm ²
Cu	15,5 h	$\frac{1}{2}$ SO ₄ Cu+ $\frac{1}{2}$ SO ₄ Zn	0,27	14	$3,7 \cdot 10^{13}$
Cu	15,5 h	SO ₄ Zn	0,135	381	$1,0 \cdot 10^{15}$
Cu	20 min.	$\frac{1}{2}$ SO ₄ Cu+ $\frac{1}{2}$ SO ₄ Zn	0,27	—	—
Cu	20 min.	SO ₄ Zn	0,135	16	$4,2 \cdot 10^{13}$

É de supor que geralmente o poder adsorvente dum metal para os seus próprios iões seja maior do que para os catiões estranhos. Este resultado já tinha sido obtido para outros sistemas por F. Barreira utilizando outro meios (9). Abre-se, cremos, uma vasta perspectiva de trabalhos sobre este assunto.

Tinhamos afirmado no estudo oscilográfico que este fenómeno de troca também se manifestava no caso extremo dos metais mais electropositivos. A tabela IV reproduz alguns resultados obtidos utilizando como amostras fios dos metais indicados, dispostos para as contagens segundo o diâmetro da circunferência do suporte. Os fios tinham 22 mm de comprimento e 0,5 mm de diâmetro aproximamente.

TABELA IV

Adsorção de Zn numa solução de SO₄Zn por metais «nobres»

Metal	Tempo de imersão em dias	Conc. molar	Toques por min.
Pt	7	0,27	14
Pd	7	0,27	128
Au	7	0,27	241
Ag	7	0,27	330
Cu	7	0,27	159
Fe	7	0,27	889

Vemos o acordo entre estes dados e os obtidos pelo estudo oscilográfico pois nunca, com os meios de que dispunhamos, tínhamos observado o fenómeno de troca com os electrodos de platina; assim se revela que é a

intervenção do mecanismo de troca que aumenta a concentração dos catiões na camada superficial e não só o «poder adsorvente».

Um ponto que gostávamos de esclarecer era o duma possível troca do mercúrio com os catiões dum liquido com o qual estivesse em contacto, pois alguns resultados obtidos no nosso laboratório (9) pareciam indicar ser importante essa troca mesmo quando o mercúrio estivesse em contacto com água destilada como se revela na fig. 8 obtida com o electrodo de gotas de mercúrio em que se repre-

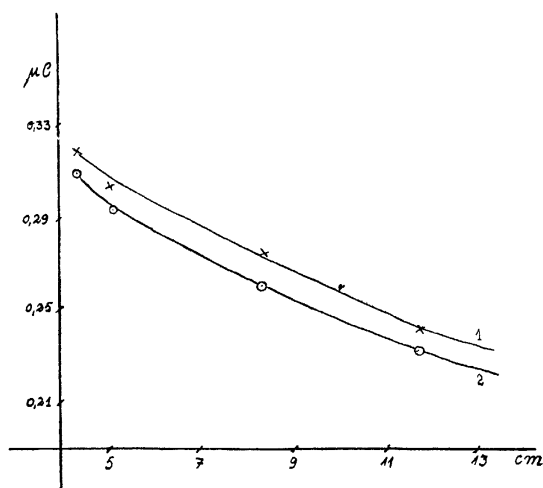


Fig. 8

Variação da carga por gota (electrodo de gotas de mercúrio) devido à passagem de mercúrio para o liquido
1 — Água destilada depois de 48 horas de contacto com Hg.

2 — Água destilada

senta a variação da carga por gota, para uma dada velocidade de queda, com a altura do capilar acima do electrodo imóvel. A curva 2 refere-se ao caso de água em contacto recente com o mercúrio e a curva 1 obtida nas mesmas condições mas com a água em contacto, durante 48 horas, com o mercúrio do electrodo imóvel. Como se vê, a carga por gota aumentou sensivelmente pois que passam a ser «eficazes» os mercuriões que vão passando para a solução.

Com mercúrio em contacto com uma solução 0,27 m de SO₄Zn durante 20 dias concluímos, da radioactividade observada, que a haver

uma adsorção em volume a concentração em Zn no mercúrio seria cerca de $6 \cdot 10^{-5}$ molar.

Nas fig. 9, 10, 11 e 12 apresentamos diversas autorradiografias que testemunham mais eloquentemente algumas das afirmações feitas.

A fig. 9 é uma autorradiografia de duas lâminas de ferro que estiveram mergulhadas

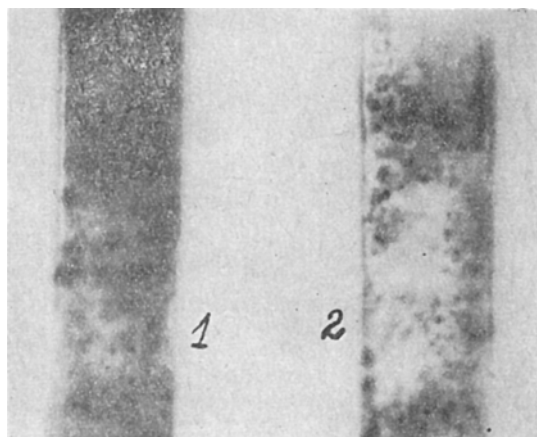


Fig. 9

Autorradiografia revelando a adsorção de Zn pelo ferro.

- 1 — $\text{Fe} / \frac{1}{2} \text{SO}_4\text{Na}_2 + \frac{1}{2} \text{SO}_4\text{Zn}$ 0,27 molar
2 — $\text{Fe} / \text{SO}_4\text{Zn}$ 0,135 molar

cerca de uma hora, a lâmina 1, numa solução constituída, em partes iguais, por SO_4Na_2 e SO_4Zn 0,27 molar e a lâmina 2 numa solução de SO_4Zn 0,135 molar.

Revela-se, no sentido que acima dissemos, a influência do sódio no poder adsorvente do

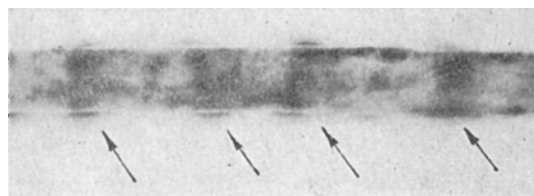


Fig. 10

Autorradiografia revelando a adsorção de Zn por chumbo

ferro para o zinco. Note-se desde já a irregularidade na adsorção claramente visível também nas outras figuras e a que já voltaremos.

A fig. 10 é uma autorradiografia duma lâmina de chumbo activada por imersão em SO_4Zn 0,27 molar com diferentes tempos de imersão. As zonas que sucessivamente foram expostas estão claramente representadas por uma actividade mais intensa. São zonas mais arejadas e, como vimos na teoria exposta, o poder adsorvente é modificado pela fase gasosa da pilha sucedendo que o oxigênio *sempre* aumenta o poder adsorvente dum metal: assim se pode explicar, abreviadamente, o aumento

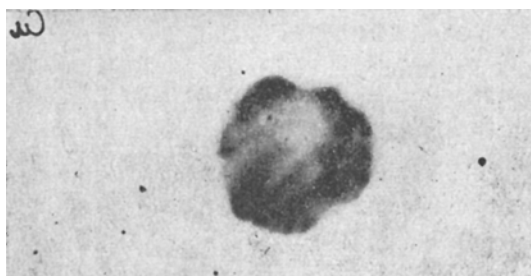


Fig. 11

Autorradiografia revelando a adsorção de Zn pelo cobre

da concentração observado. Estão em curso no nosso laboratório trabalhos que incidem precisamente sobre esta influência da fase

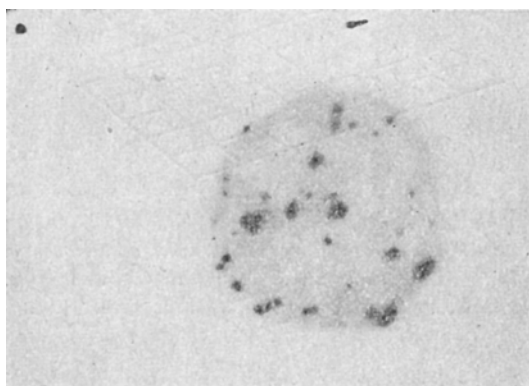


Fig. 12

Autorradiografia revelando a adsorção de Zn pelo alumínio

gasosa e de que já foram apresentados os primeiros resultados⁽¹⁰⁾.

A fig. 11 é uma autorradiografia do cobre obtida também em circunstâncias análogas.

A fig. 12 refere-se a um processo de deslocamento bem conhecido: trata-se de alumínio em contacto com sulfato de zinco. Aqui, como em todas as autoradiografias, manifesta-se claramente uma preferência, digamos assim, de certas zonas da superfície dos electrodos para estes fenómenos de troca. Como acima dissemos a dissolução dos metais deve produzir-se por domínios discretos e, como nós visualizamos o mecanismo, há uma certa analogia entre êste fenómeno e o da vaporização dum metal (veja-se o artigo de C. Herring e M. H. Nichols em *Rev. of Mod. Phys.*, **21**, 259 e seg., 1949). Os átomos que constituem uma superfície metálica estão dispostos em camadas completas ou parcialmente completas e segundo Volmer ⁽¹¹⁾ podemos imaginar a superfície cristalina representando os átomos como cubos, da maneira indicada na fig. 13. Átomos como *A* estão menos fortemente ligados do que os *B* e estes menos do que os

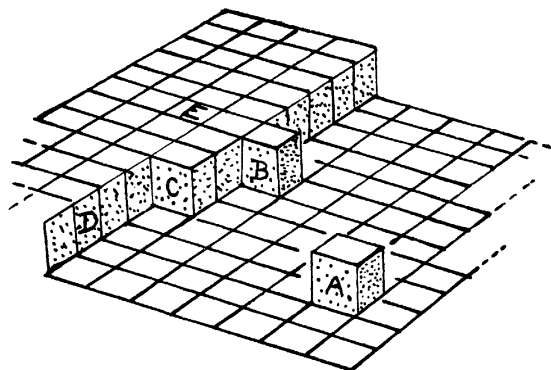


Fig. 13

Figura ilustrando as diversas posições dos átomos na superfície dum cristal.

(De HERRING e NICHOLS—*Rev. of Mod. Phys.* **21**., 265, 1949)

C, *D* e *E*. Assim, simplificando, para uma causa que tenda a provocar a saída dos átomos do cristal, há átomos que para se libertarem necessitam dum menor dispêndio de trabalho do que outros. Quando se dá, por exemplo, a saída dum átomo como *C* pode suceder que se desencadeie a saída dos átomos da mesma fila ou mesmo duma camada

e vem a ser esta saída que os oscilogramas registam.

O processo primário da chegada de catiões da solução, nesta imagem, corresponderia à condensação dum átomo do vapor preferentemente em zonas perturbadas, digamos assim, sendo lógico admitir que as distorções reticulares aumentem também «o poder adsorvente» dos metais mas não nos queremos alongar agora sobre este assunto. Vemos assim a constituição de zonas onde a adsorção foi mais intensa como se vê nas autoradiografias apresentadas. Devemos acrescentar que esta adsorção preferencial pode provocar a formação de pilhas locais que contribuam, secundariamente, para o aumento local da concentração dos catiões adsorvidos.

Queremos agradecer, em primeiro lugar, ao Instituto para a Alta Cultura sem cujo auxílio este trabalho não teria sido possível; ao professor Júlio Palácios com quem foram discutidos e esclarecidos os resultados e a todos os colaboradores do Centro de Estudos de Física, em particular o Dr. Fernando Barreira, pela constante crítica e auxílio. O Dr. Araújo Moreira do I. P. O. colaborou na obtenção dos oscilogramas apresentados; quero, principalmente, agradecer a sua boa vontade e paciência.

REFERÊNCIAS

- (1) A. EUCKEN — *Grundriss der, Physikalische Chemie*, 4.^a ed., p. 546, Akad. Verslag, Leipzig, 1934.
- (2) D. A. MAC INNES — p. 181, Reinhold, 1939.
- (3) S. GLASSTONE — *An Introduction to Electrochemistry* D. Van Nostrand, p. 247, 526, 1942.
- (4) J. PALACIOS — *Theorie General des Piles Galvaniques* — *Rev. da Faculdade de Ciências de Lisboa*, 2.^a série -B, 1, 1-28, 1950.
- (5) J. PALACIOS — *Comportamiento singular del cobre en las disoluciones que contienen cationes extranhos* — *Rev. Un. Matem. Arg.* **24**, 332, 1950.
- (6) A. M. BAPTISTA — *Fenómenos de troca entre metais e electrólitos e corrosão metálica* — Comunicação ao XXI Congresso Luso-Espanhol para o Progr. das Ciências — Malaga, Dezembro 1951.
- (7) U. EVANS — *Metallic Corrosion Passivity and Protection* — p. 196, Edward Arnold, 1948.

- (8) J. VECINO — *Comportamento do electrodo de platina quando sobre ele se deposita um metal menos nobre* Comun. Congr. Luso-Espanhol para o Progr. das Ciências — Malaga, Dezembro 1951.
- (9) F. C. BARREIRA — *Estudo da adsorção de catiões com o electrodo de gotas de mercúrio* — Com. Congr. Luso-Espanhol para o Progr. das Ciências — Malaga, Dezembro 1951.
- (10) A. J. R. BUSTORFF — *Da influência da fase gasosa nos potenciais dos electrodos solúveis* — Com. Congr. Luso-Espanhol para o Progr. das Ciências — Malaga, Dezembro 1951.
- (11) M. VOLMER — *Kinetic der Phasenbildung Verlag con Theodorsteinkopft*, — Dresden e Leipzig, 1939. Citado por C. HERRING e M. H. NICHOLDS, *Rev. of Modern Physics*, 21,159, 1949.

O QUE É UMA PARTÍCULA ELEMENTAR?

O atomismo sob a forma mais recente chama-se mecanica dos quantos.

O seu domínio inclue, além da matéria ordinária, todas as radiações. No estado actual da teoria, os átomos são constituídos pelo agrupamento de particulas elementares, electrões, protões, fotões, mesões, etc.

Vamos estudar a partícula elementar sob o aspecto que a teoria mecanica dos quantos lhe deu. Uma partícula não é um *individuo*, isto é, não tem *identidade*. Este facto é conhecido por todos os Físicos, mas raramente se lhe dá a devida importância nas publicações destinadas a não especialistas. O facto apontado, como adiante veremos, corresponde a dizer que a partícula obedece a uma nova estatística.

A nossa representação do mundo material compreendia duas entidades: ondas e particulas. As primeiras compunham-se das ondas electromagnéticas de Maxwell: ondas hertzi-anas, radiações infravermelha, visível e ultraviolete, raios X e gama. Os corpos materiais eram considerados como constituídos por particulas. Conheciam-se ainda as radiações corpusculares: raios catódicos, raios beta, raios alfa, raios anódicos, etc. As particulas emitiam e absorviam ondas; assim, os raios catódicos (electrões) chocando com os átomos emitiam raios X. A distinção entre ondas e particulas era, no entanto, tão nítida como entre o violino e o som que ele emite. Um candidato que tivesse afirmado que os raios catódicos eram ondas e que os raios X eram formados por particulas certamente seria reprovado.

Actualmente, a diferença entre onda e corpúsculo, desapareceu, porque se verificou que

todas as particulas tinham propriedades das ondas e reciprocamente; por exemplo, um feixe de raios catódicos produz na câmara Wilson traços rectilíneos ou encurvados (se actuar um campo magnético) constituídos por *pequenas gotas*. Cada traço considera-se devido ao trajecto de um único electrão. No entanto, o mesmo feixe após ter atravessado um tubo estreito cujo eixo seja normal ao eixo do feixe, e contendo pó cristalino, formará sobre uma chapa fotográfica uma figura constituída por circunferências concêntricas. Esta figura explica-se considerando-a como um diagrama interferencial visto que é semelhante a um diagrama de raios X obtido da mesma forma.

Há no entanto, que fazer uma observação: O feixe que atinge a placa fotográfica e que dá origem às circunferências concêntricas será constituído por raios catódicos ou por raios X secundários?

Esta alternativa deve desprezar-se visto que se pode deslocar a figura de interferências utilizando um imã, o que é impossível fazer com os raios X além disso, colocando um alvo de chumbo com um pequeno orificio no lugar da placa fotográfica pode-se isolar um pequeno feixe cónico e por em evidência propriedades características dos raios catódicos.

Há um grande conjunto de experiências que mostram, a íntima ligação entre ondas e corpúsculos que são aspectos diferentes do mesmo fenómeno.

O conceito de onda deve ser profundamente modificado.

É verdade que as ondas produzem figuras de interferência, prova crucial, que, no caso da luz tinha afastado qualquer dúvida quanto

à realidade das ondas. No entanto, presentemente, concluiu-se que todas as ondas, incluindo a luz, deveriam ser considerados como *ondas de probabilidade*. Estas ondas são um *expediente* matemático, permitindo calcular a probabilidade de encontrar uma partícula em certas condições. Isto corresponderia, no exemplo anterior, a calcular a probabilidade de um electrão encontrar a chapa fotográfica num dado ponto. A sua acção sobre um grão de brometo de prata permite fazer o seu registo. Considera-se o diagrama de interferências como o registo estatístico dos electrões. Há que fazer aqui uma observação que certamente ocorrerá ao leitor: Uma coisa que influencia o comportamento físico de outra, não deve em caso algum ser qualificada de menos real do que aquilo que ela influencia, seja qual for o significado que se dê à perigosa palavra *real*. É sem dúvida útil lembrar, de vez em quando, que todos os modelos, todas as imagens quantitativas concebidas pelo físico são apenas expedientes matemáticos permitindo numerar os acontecimentos observáveis, mas isso não se aplica mais às ondas luminosas, por exemplo, do que às moléculas de, oxigénio ou outras.

A mais importante correcção ao conceito de partícula é a relação de incerteza de Heisenberg. Segundo a mecânica clássica o estado de uma partícula era definido, num dado instante, pela sua *velocidade*, e pelas suas *coordenadas*. Segundo a nova teoria não há necessidade de todos estes elementos, mas por outro lado, os resultados são mais incertos. Pode-se determinar a velocidade com uma precisão arbitrária com a condição de não nos importarmos com as coordenadas e reciprocamente.

Não se pode, no entanto, conhecer ambas com precisão. Grosseiramente podemos dizer que o produto dos erros absolutos respectivos correspondentes não pode ser inferior a uma constante definida.

Para um electrão esta constante é a unidade (C. G. S.). Portanto, considerando a velocidade de um electrão com a aproximação de um cm/s., é preciso considerar a sua posição como afectada de um erro possível de um cm.

A bizzarria não provém da existência destas incertezas, porque a partícula poderá ocupar uma posição imprecisa e variável no interior da qual poderiam existir velocidades ligeiramente diferentes, em pontos diferentes. Então, a exactidão na localização teria como consequência uma definição exacta da velocidade e vice-versa.

A posição de uma partícula é indicada pela extensão da onda e a velocidade pelos valores possíveis dos números de ondas, entendendo-se por número de onda o inverso do comprimento de onda. A cada número de onda pode-se fazer corresponder uma certa velocidade que lhe é proporcional. Pode-se, por outro lado, examinar o método experimental destinado a determinar quer a velocidade, quer a posição de uma partícula. Toda a montagem supõe uma troca de energia entre a partícula e um instrumento de medida, eventualmente, o observador que deve fazer as leituras. Isto implica uma relação física real com a partícula. Não se pode reduzir arbitrariamente a perturbação porque as trocas de energia não se fazem de uma maneira continua mas discontinuamente. Verifica-se que medindo um dos dois elementos (posição ou velocidade), quanto maior for a precisão, procurada para um, mais se interfere com o outro. O valor de um fica afectado de um erro inversamente proporcional ao que é permitido para o outro. Pelo que acabamos de dizer, parece que se pode concluir que a incerteza ou a falta de precisão se refere mais ao que se pode conhecer de uma partícula do que à sua natureza. Com efeito, dizer que se perturba ou altera uma grandeza física mensurável, implica logicamente que ela possua certos valores antes e após a sua intervenção, quer nós tenhamos ou não conhecimento disso. A opinião corrente não admite nem a posição nem a velocidade como realidades objectivas permanentes. O facto de se determinar a posição da partícula no ponto *A* não implica que ela já aí tenha estado.

É preciso compreendermos que os nossos métodos de medida fizeram com que a partícula se localizasse em *A*, e que ao mesmo

tempo perturbamos a sua velocidade. O que fizemos foi perturbar ou modificar a probabilidade de encontrar um certo valor para a velocidade se a medirmos. As noções que implicam as expressões «ocupar uma posição» ou «ter uma velocidade» são conceitos erróneos, consequências de uma linguagem incorrecta. Invoca-se então a filosofia positivista, que nos diz que não devemos estabelecer distinção entre o nosso conhecimento de um objecto físico e o seu estado real.

Não discutirei aqui o princípio da filosofia positivista. Admito perfeitamente que a relação de incerteza não tem nada que ver com o conhecimento incompleto.

Da teoria precedente retivemos a ideia de partícula e a linguagem técnica correspondente. Esta ideia não basta porque leva sempre o nosso espírito a procurar coisas que não tem manifestamente significado.

A sua estrutura concebida pela imaginação comporta características estranhas à partícula real.

Até uma época recente, os atomistas de todas as idades transferiram este carácter dos fragmentos visíveis e palpáveis da matéria, aos átomos que eles não podiam ver nem tocar, nem observar no estado isolado.

Agora podemos observar partículas isoladas; vemos os seus traços numa camara de Wilson e nas emulsões fotográficas; registamos as descargas praticamente simultâneas produzidas por uma única partícula rápida em dois ou três contadores de Geiger colocados a alguns metros uns dos outros; no entanto, temos que recusar à partícula a dignidade de individuo absolutamente identificável. Antigamente, um Físico interrogado sobre a substância de que um átomo é feito, teria podido sorrir e fugir à resposta. Se insistissem com ele para saber se se podia imaginar que os átomos são pequenos fragmentos de matéria ordinária, imutáveis, ele teria respondido sorrindo que isso não adiantaria nada, mas que se poderia supor que assim era. Esta pergunta outrora vã, tem agora um significado.

A resposta a tal pergunta deveria ter sido

indubitavelmente «não». Um átomo está desprovido da propriedade mais primitiva que se associa a um fragmento de matéria na vida cotidiana. Certos filósofos do passado teriam dito, perante esta contradição, que o átomo moderno não é matéria, mas pura forma. As razões desta mudança assentam sobre as novas estatísticas; a de Bose-Einstein e a de Fermi-Dirac.

Vou tentar explicar as novas estatísticas, e as suas relações com a estatística clássica ou de Boltzmann àqueles para quem o assunto é inteiramente novo. Para isso apresentarei um exemplo da vida corrente:

Três estudantes Pedro, Paulo e João merecem uma recompensa. O professor tem duas recompensas para lhes distribuir. Antes de o fazer, quer calcular por si próprio, o número de distribuições possíveis. Só isso nos interessa (e não a sua eventual decisão). Esta questão é de estatística: contar o número de distribuições diferentes. O que interessa no entanto, é o facto da resposta depender da natureza das recompensas. Com efeito, três espécies diferentes de recompensas correspondem a três géneros de estatísticas:

a) As duas recompensas são as medalhas da efigie respectivamente de Laplace, e de Pasteur. O professor pode dar Laplace quer a Pedro, quer a Paulo ou a João. O mesmo se diz no que respeita a Pasteur. Quer dizer: há nove distribuições diferentes (estatística clássica).

b) As recompensas são duas moedas de 1 shiling (que consideraremos como unidades indivisíveis). Podem-se dar a dois dos rapazes e terceiro não terá nada. Isto corresponde apenas a três possibilidades. Além desta, há mais três: quer Pedro, quer Paulo quer João, recebem 2 sh: há pois seis possibilidades diferentes (estatística de Bose-Einstein).

c) As duas recompensas são dois lugares vagos na equipe de futebol da escola. Neste caso, podem ficar nesses lugares dois dos rapazes e um fica de fora. Há pois três distribuições diferentes (estatística de Fermi-Dirac).

Poderemos agora considerar que as recom-

pensas são as partículas, duas da mesma espécie em cada caso e que os rapazes representam os estados em que a partícula se pode encontrar. O facto de dar a Paulo a efígie de Laplace significa pois que a partícula Laplace está no estado Paulo. Os objectos que consideramos (medalha, moeda, lugares vagos) são de espécies diferentes. As medalhas são indivíduos que se distinguem uns dos outros. Os shilings, em todas as suas utilizações não se distinguem, mas no entanto, pode-se possuir vários ao mesmo tempo. Não é indiferente ter um, dois ou três shilings. Não há razão para que os rapazes mudem os seus shilings. Mas tudo muda se um dos rapazes der o seu shiling ao outro. Quando se trata de lugares vagos na equipe, nada disso tem sentido. Ou se pertence à equipe ou não se pertence. Não se pode pertencer duas vezes simultaneamente. A experiência mostra que as distribuições estatísticas das partículas elementares nunca seguem o modelo (a) mas sempre (b) ou (c). Para alguns, (c) é válido para todas as partículas autenticamente elementares. Tais partículas como os electrões, fazem pensar na ideia abstracta de pertencer a um clube e não nos seus membros.

Toda a pessoa elegível como membro do clube representa um estado bem definido onde se pode encontrar um electrão., Se a pessoa for um membro do clube, isso quer dizer que o electrão se encontra nesse estado particular. Segundo o princípio da exclusão de Pauli não pode nunca haver mais de um electrão num determinado estado. A nossa comparação exprime este facto declarando que «pertencer duas vezes» não tem sentido. No decorrer do tempo, a lista dos membros muda, e tornam-se membros do clube outras pessoas: os electrões mudam de estado. Se se falar de modo pouco preciso de um lugar vago atribuído a Paulo, depois passando a Pedro e de Pedro a João, isso depende das circunstâncias. Elas podem sugerir esta ideia ou não, mas nunca de um modo absoluto. É nisso que a nossa analogia é perfeita, porque sucede o mesmo para um electrão. Além disso nada impede de considerar o número

de membros variável. De facto, os electrões também são criados e aniquilados. O exemplo pode parecer estranho e visto ao contrário. Pode-se perguntar porque é que os membros não seriam electrões e os diversos clubes os seus estados. Isto seria tão mais natural...

O Físico lamenta mas não pode prestar esse serviço.. Nisto reside o ponto culminante; não se pode ilustrar o comportamento estatístico dos electrões por nenhuma analogia que os representa como seres identificáveis; é por isso que resulta do seu comportamento estatístico real que eles não são identificáveis. O caso (b) estatística de Bose-Einstein é por exemplo, o dos quantos de luz (fotões). Isto não nos parece tão estranho. Justamente porque se trata de luz, quer dizer de energia electromagnética; e, nos tempos pre-quânticos, concebeu-se sempre a energia de modo bem semelhante à representação da nossa analogia: susceptível de medição, mas sem individualidade.

A questão mais delicada diz respeito aos estados, por exemplo, de um electrão. Não se trata de os definir à maneira clássica, mas à luz das relações de incerteza. O tratamento anterior não se baseava na noção de estado de um electrão mas no estado de uma reunião de electrões. É como se fosse necessário considerar a lista total dos membros do clube ou antes várias listas de lugares vagos correspondentes às diferentes espécies de partículas que compõem o sistema em questão. Se chamamos a atenção para este facto, não é para entrar em detalhes, mas porque há dois defeitos na comparação com os clubes. Em primeiro lugar, os estados possíveis de um electrão (que comparamos com os candidatos aos lugares vagos do clube) não são definidos de modo absoluto; depende do arranjo ocasional da experiência.

Uma vez conhecido este, os estados têm identidades bem definidas, o que não é o caso dos electrões. O segundo defeito da comparação consiste em os estados formarem uma multiplicidade bem ordenada. Por outras palavras tem algum significado falar de estados vizinhos, por oposição aos afastados uns dos

outros. Por outro lado, creio que é justo dizer que se pode conceber esta ordem de tal modo, que em regra, quando um estado ocupado deixa de o estar, passa a ocupar o estado vizinho. Isso explica que em circunstâncias favoráveis, se possam provocar longas cadeias de estados ocupados sucessivamente. Tal cadeia dá a impressão de um indivíduo identificável como no caso de um objecto familiar qualquer. É com esse espírito que se deve observar os traços de uma câmara de Wilson ou as descargas praticamente simultâneas de uma série de contadores de Geiger, que se diz serem causados pela mesma partícula passando de um para outro contador. Nesse caso, seria muito pouco cómodo abandonar esta terminologia. Não há de resto nenhuma razão para o fazer, desde que nos lembremos que, no domínio experimental, o conceito de identidade de partícula não é absoluto, mas apenas restricto. Pode-se prever facilmente em que circunstâncias se manifestará essa identidade: é no caso de apenas alguns estados serem ocupados no domínio da multiplicidade que nos interessa, ou, por outras palavras, dos estados ocupados não serem bastante numerosos neste domínio, ou quando a ocupação é um acontecimento raro. Os termos «alguns», «numerosos» e «raros» referem-se todos à multiplicidade de estados. Além disso, as cadeias misturam-se de modo inextrincável e mostram a verdadeira situação.

Tem-se a impressão que na medida em que a individualidade das partículas desaparece atrás da multiplicidade, o aspecto partícula toma cada vez menos interesse e deve dar lugar ao aspecto ondulatorio. Por exemplo, no invólucro electrónico de um átomo ou de uma molécula a população é extremamente densa e praticamente todos os estados de um dado grupo são ocupados por electrões. Isto ainda é verdadeiro para os electrões livres no interior do metal. Nestes dois casos o aspecto partícula torna-se absolutamente inadequado. Num gás ordinário as moléculas são extremamente raras no domínio dos extensos estados que elas abrangem.

Não há mais de um estado ocupado em

10000. É assim que a teoria dos gases baseada no conceito de partícula pôde chegar a uma grande perfeição, muito antes de se descobrir o aspecto ondulatorio da matéria ordinária. É tentador atribuir aos dois aspectos antinómicos, o da partícula e o da onda, inteira competência nos casos extremos respectivamente de rarefação e de multiplicidade.

Indicaram-se experiências de interferência como prova da natureza ondulatoria do electrão. Podem obter-se estas figuras de interferência a partir de um feixe de raios catódicos, tão fraco quanto se queira, com a condição de prolongar bastante a exposição. Provoca-se assim um fenómeno ondulatorio típico independente da população.

Vejamos outro exemplo: Para fazer um estudo teórico eficaz do choque de duas partículas (da mesma natureza ou de natureza diferente), é preciso ter em atenção o seu aspecto ondulatorio. Os resultados aplicam-se perfeitamente à colisão das partículas de raios cósmicos com os núcleos de átomos atmosféricos.

É pois necessário saber qual a condição quantitativa segundo a qual se desenvolvem as cadeias de modo a imitar os indivíduos e a sugerir o aspecto de partícula. O produto do momento p e da distância média das partículas vizinhas, deve ser notavelmente mais elevado do que a constante de Planck $h \rightarrow pl \gg h$; quando l é grande tem-se uma pequena densidade no espaço ordinário. Na multiplicidade de estados o que conta é a densidade ou espaço de fase em termos técnicos. É uma satisfação lembrarmo-nos que essas multiplicidades são absolutamente evidentes: os traços visíveis da câmara de Wilson, impressão de uma emulsão fotográfica, etc. provêm todos de partículas com um movimento relativamente grande.

A relação $pl \gg h$ é familiar na teoria dos gases; exprime a condição para que a antiga teoria das partículas gasosas seja utilizável com uma aproximação suficiente. É preciso modificar esta teoria à luz da teoria dos quantos, quando a temperatura é muito baixa e a densidade muito forte, e que, por conse-

quência o produto pl não é muito superior a h . Esta variação tem o nome de *teoria dos gases degenerados*: a sua aplicação mais conhecida é a de A. Sommerfeld aos electrões interiores de um metal. A relação de incerteza permite em cada momento distinguir uma partícula das vizinhas, localizando com um erro inferior á distância média l . Por consequência á medida que uma partícula se desloca, cresce a incerteza da localização. Se quizermos que ela fique ainda inferior a l , quando a partícula percorreu a distância l , chega-se precisamente á relação acima escrita.

Uma vez mais, é preciso precaver-mos contra uma falsa interpretação que poderia surgir e que consistiria em afirmar que a multiplicidade entrava o registo da individualidade de uma partícula e nos faz tomar as partículas umas pelas outras. O facto é que não existem indivíduos que se possam confundir. Tais afirmações não têm nenhum sentido.

Extracto do artigo
«Qu'est-ce qu'une particule élémentaire»
de Schrödinger — *Endeavour*, 35, 1950.

TRADUÇÃO DE
LÍDIA SALGUEIRO

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. — 1951, Agosto.

Ponto n.º 1

92 — A decomposição pelo calor do carbonato básico de bismuto obedece á equação química:



Calcule:

1.º O número de moléculas — grama de CO_2 que acompanha a formação de 69,9 gramas de O_3Bi_2 .

2.º O volume de gás (CO_2 + vapor de água), medido nas condições normais, que acompanha a formação de 0,466 gramas de O_3Bi_2 . (Bi=209; O=16).

R: 1.º 0,300 moles. 2.º 67,2 cm^3 .

93 — Qual é a composição, expressa em percentagem, de um latão contendo cobre, chumbo e zinco, do qual 0,5 g dá 0,0023 g de sulfato de chumbo e 0,4108 g de fosfato de zinco e amónio. (Pb=207,2; Zn=65,38; P=30,98; S=32, N=14; H=1);

R: A massa de SO_4Pb correspondente á massa de latão de onde se partiu (0,5 g), permite calcular a percentagem de chumbo — 0,3140%. A massa de PO_4ZnNH_4 fornece a percentagem de zinco — 30,12%.

A percentagem de cobre calcula-se por diferença — 69,57%.

94 — Qual o número de centímetros cúbicos de ácido sulfúrico de molaridade 2,3 que são neutralizados por 15,8 cm^3 de soda cáustica de normalidade 3,2? R: Um mol de SO_4H_2 <> 2 equivalentes-g $v=11,0 \text{ cm}^3$.

95 — a) Escreva as equações químicas que traduzem o ataque do cobre pelo ácido azótico e a acção duma solução de ácido clorídrico sobre uma solução de nitrato de prata. b) Escreva as fórmulas de constituição dos hidrocarbonetos cuja fórmula bruta é C_5H_{12} . c) Escreva as fórmulas dos seguintes compostos: fosfato monocalcico, bicarbonato de sódio, sulfato ferroso; acetona ordinária e aldeido acético.

Exames de aptidão para a frequência da licenciatura em Ciências Geológicas e Ciências Biológicas e do Instituto Superior de Agronomia — 1951, Agosto.

Ponto n.º 1

96 — Enunciar a lei das proporções múltiplas. Dois óxidos, A e B, dum certo metal, aqueceram-se até peso constante, numa corrente de hidrogénio; a água obtida em cada caso foi pesada. Obtiveram-se os seguintes resultados: 2 g de A deram 0,2517 g de água; 1 g de B deu 0,2264 g de água. Mostrar que estes resultados experimentais confirmam a lei.

R: No primeiro óxido (A), com 0,1119 g de oxigénio estão combinados 0,8882 g de metal; e, no segundo óxido (B), com 0,2009 g de oxigénio estão combinados 0,7991 g de metal.

Com 1 g de oxigénio combinam-se, portanto, em A, 7,93 g de metal, e em B, 3,97 g. Estes dois últimos números estão na razão de 2:1, de acordo com a lei.

97 — Definir peso molecular.

A densidade de vapor, em relação ao ar, duma amostra de tetróxido de azoto, é 2,302. Como interpreta o resultado experimental?

R: $M = 29 \times 2,302 = 66,76$. Como $\text{N}_2\text{O}_4 = 92$, conclui-se que o tetróxido está parcialmente dissociado.

N. B. — Esta pergunta não nos parece suficientemente clara.

98 — Definir solução decinormal.

25 ml de ácido clorídrico decinormal neutralizaram 21 ml duma solução de carbonato de sódio. Que volume de água se deve adicionar a 1 litro desta última solução para ficar exactamente decinormal?

R: A solução de carbonato é 0,119 N. Devem-se adicionar 190 cm³.

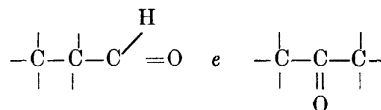
99 — Que entende por fórmulas empíricas, moleculares e de estrutura?

0,145 g dum composto deram, por combustão, 0,330 g

de dióxido de carbono e 0,135 g de água. A densidade de vapor do composto, em relação ao hidrogénio, é 29. Determinar as fórmulas empírica e molecular, e as possíveis fórmulas de estrutura.

(N=14; C=12; Cl=35,5; H=1; O=16; Na=23).

R: *Fórmula empírica* — C₃H₆O. M = 2 × 29 = 58: a fórmula é também molecular.



Soluções de Alice Maia Magalhães

PONTOS DE EXAMES UNIVERSITÁRIOS

F. C. C. — Curso Geral de Química — Exame Final 1ª Chamada — Junho de 1951.

117 — O ponto de ebulição do sulfureto de carbono é 46°, 3, e a constante ebulioscópica molar 2°, 40. Dissolvendo 3,795 g de enxofre ortorrómbico em 100 g de sulfureto de carbono o ponto de ebulição da solução resultante é 46°, 661. Qual é o peso molecular do enxofre dissolvido e a natureza provável das moléculas de enxofre?

118 — Estrutura do trióxido de enxofre e dos ácidos polissulfúricos.

119 — Por que razão o FeCl₃, 6H₂O é deliquescente? Como explica a deliquescência?

120 — Como explica o envenenamento de um catalisador de contacto?

121 — Por que razão o peso atómico do deutério ²₁D (2,01472) é inferior à soma dos pesos atómicos do próton (1,00758), neutrão (1,00893) e electrão (0,00055)?

122 — Que entende por radioactividade induzida?

123 — Calcular a constante de autoprotólise e o produto iónico do óxido de deutério, sabendo que:

a) conductibilidade do óxido de deutério é 3,82. 10⁻⁸ ohm⁻¹ cm⁻¹.

a) mobilidade do deuteroxilião (OD⁻) é 20,4. 10⁻⁴ cm². volt⁻¹. seg⁻¹.

a) mobilidade do deuteronião (D₃O⁺) é 32,5. 10⁻⁴ cm² volt⁻¹ seg⁻¹. F = 96494 coulombs.

b) Por que razão o ácido acético é fraco em solução aquosa e forte quando dissolvido em piridina? Que entende por força dum ácido?

c) Poderá funcionar como tampão uma solução aquosa 0,1M em cianeto de sódio? Qual é o pH desta solução? Variará a concentração hidroniônica da solução por diluição?

$$K(\text{HCN}) = 7,2 \cdot 10^{-10} \text{ moles. Litros}^{-1}.$$

d) Por que razão a prata é solubilizada pelas soluções de cianeto de sódio em presença de ar?

e) Na preparação industrial do permanganato de potássio, uma solução aquosa de manganato de potássio é tratada pelo cloro. Poderá nesta preparação ser o cloro substituído pelo bromo? Justificar a resposta.

$$E^0(\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}) = -0,54 \text{ volts}$$

$$E^0(\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-) = -1,358 \text{ »}$$

$$E^0(\text{Br}_2 / \text{Br}^-) = -1,06 \text{ »}$$

f) Descrever uma experiência que demonstre que na reacção entre o ferro e o nitrato, em solução ácida, tem lugar uma transferência de electrões do agente reductor para o oxidante.

124 — São conhecidos dois hidrocarbonetos (A e B), com a fórmula molecular C₅H₁₀. Tanto o hidrocarboneto A como o B, por hidrogenação catalítica dão o 2-metilbutano. Por tratamento com ozono, o hidrocarboneto A dá aldeído fórmico e metiletilcetona, e o hidrocarboneto B o aldeído acético e a acetona.

Indicar:

a) As fórmulas de estrutura dos hidrocarbonetos A e B.

b) As equações das reacções que se passam.

c) Algumas reacções que permitam caracterizar e distinguir os aldeídos das cetonas.

d) Os números de oxidação dos átomos de carbono no aldeído fórmico e na acetona.

A electronegatividade do carbono (1s², 2s², 2p²) é: 2,5

A electronegatividade do oxigénio (1s², 2s², 2p⁴) é: 3,5

A electronegatividade do hidrogénio (1s²) é: 2,1

125 — Preparação e propriedades do peróxido de hidrogénio e do ferro.

F. C. C. Curso Geral de Química — Exame Final 2ª Chamada — Julho de 1951.

126 — Calcular a energia da ligação (calor de formação da ligação) azoto-hidrogénio no amoníaco, sabendo que:

- a) O calor de formação do cloreto de amónio é ...
76 Kcal . moles⁻¹.
- b) O calor de formação do ácido clorídrico é.....
22 Kcal . moles⁻¹.
- c) O calor da reacção: $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$ é.....
42 Kcal . moles⁻¹.
- d) O calor de atomização do azoto é..... 169,5
Kcal . moles⁻¹.
- e) O calor de atomização do hidrogénio é,.... 103
Kcal . moles⁻¹.

127 — Estrutura do gelo. Porque razão tem o gelo uma densidade inferior à da água?

128 — As soluções aquosas concentradas de ácido sulfúrico aumentam de volume em contacto com o ar humido. Explicar detalhadamente.

129 — Que entende por uma reacção de cadeia? Como distingue uma reacção de cadeia nuclear de uma molecular?

130 — Definir:

a) Peso atómico de um elemento. b) peso atómico de um isótopo. Como podem ser determinados?

131 — Teoria iónica.

a) A conductibilidade específica da água pura é.
1,5.10⁻⁶ Ohm⁻¹. cm⁻¹.

A conductibilidade específica de uma solução aquosa saturada de cloreto de prata à mesma temperatura é 3.10⁻⁶ Ohm⁻¹ . cm⁻¹.

A conductibilidade molecular a diluição infinita do KCl é. 170 Ohm⁻¹ . cm².

A conductibilidade molecular a diluição infinita do $AgNO_3$ é 152 Ohm⁻¹ . cm².

A conductibilidade molecular a diluição infinita do KNO_3 é. 164 Ohm⁻¹ . cm².

Calcular o produto de solubilidade do $AgCl$ e a solubilidade deste sal em miligramas por litro. ($Ag = 108$; $Cl = 35,5$).

b) Por que razão as soluções aquosas de nitrato de amónio atacam o zinco?

c) A uma solução 0,4 M de $NaHCO_3$, juntámos

volume igual de uma solução 0,4 M de Na_2CO_3 ; a solução resultante é tampão.

i) Qual é o *pH* da solução resultante?

ii) Porque razão o efeito tampão da solução referida se faz sentir para valores de *pH* compreendidos entre 9,3 e 11,3?

$$K_{HCO_3} = 4,7 \cdot 10^{-11} \text{ moles} \cdot \text{litros}^{-1}.$$

d) O carbonato de prata é solubilizado pelas soluções aquosas de ácido azótico e de cianeto de potássio. Explicar.

e) Nas soluções aquosas de cloreto estânico, em contacto com o ar, forma-se estanião; este ião não aparece desde que à solução se junte estanho metálico. Explicar (1).

f) Descrever uma experiência para evidenciar que mergulhando uma lamina de cobre numa solução contendo cuprião se dá uma transferência de electrões do cobre para o cuprião, formando-se cuprião.

132 — São conhecidos dois compostos (A e B), com a fórmula molecular $C_4H_{10}O$.

Por tratamento com sódio, cada mole do composto A dá meio mole de hidrogénio; o composto B fica inalterado.

Por tratamento com pentacloreto de fósforo cada mole do composto A dá um mole de cloreto de butilo e um de ácido clorídrico. O composto B sujeito ao mesmo tratamento dá por mole, um de cloreto de isopropilo e outro de cloreto de metilo.

Indicar:

a) As fórmulas de estrutura dos compostos A e B.

b) As equações das reacções que se passam.

c) Algumas reacções que permitam caracterizar e distinguir os alcoois primários e os secundários.

133 — Preparação e propriedades do oxigénio e do cobre.

$$\begin{aligned} (1) \quad E^0(O_2 / H_2O) &- 1,23 && \text{voltes} \\ E^0(Sn^{4+} / Sn^{2+}) &- 0,15 && \text{»} \\ E^0(Sn^{++} / Sn) &- 0,136 && \text{»} \end{aligned}$$

12. INFORMAÇÕES VÁRIAS

CRÍTICA DE LIVROS

Lições de Física Experimental, por JAYME XAVIER DE BRITO

Este livro, destinado aos alunos do 2.º ciclo do Ensino Lical, é de um Amigo e é uma obra de Física.

Duplo motivo para que consideremos de nosso dever submeter à apreciação do leitor da *Gazeta de Física* uma crítica deste trabalho.

A crítica é fácil, diz-se, mas sentimos que não é assim, pelo menos quando se parte com a intenção de ser justo, de tentar evidenciar o valor absoluto do objecto da crítica, sem deixar de referir o seu signifi-

cado relativo, quando se tenta abranger a totalidade das consequências, quando se procura não deixar de ponderar todos os elementos de cada pormenor. Por significado relativo, entendemos, neste caso, por um lado, a influência decisiva que não podem deixar de ter, numa obra destas, quer o programa, quer o seu espirito ou as instruções que o acompanham, por outro lado, o panorama, constituído pelos anteriores livros idênticos, dentro do qual se enquadra a nova produção.

Por valor absoluto, pretendemos significar, como é evidente, não propriamente a exactidão das afirmações — de que a priori, não duvidamos — mas, antes, a medida em que é alcançado o propósito fundamental

de transmitir com clareza e simplicidade, aos espíritos jovens, os conceitos fundamentais da Física e a própria escolha desses conceitos ou da extensão atribuída ao tratamento de cada um.

A crítica não é fácil e envolve sempre ou ignorância do seu significado ou presunção de capacidade.

Em casos como o presente entendemos que a crítica deve ser uma expressão objectiva da opinião do crítico e que o direito à crítica se deve fundamentar numa preparação profissional no domínio da Física e em alguns anos de experiência dos problemas do seu ensino médio.

O crítico deve evitar de sacrificar a valorização do sentido geral da obra criticada à dissecação inconsciente do pormenor. Se não proceder assim, a crítica dos elementos não terá sentido algum, pois aqueles só podem atingir um significado real quando apreciados no seu conjunto, atendida a sua interdependência.

Contudo, interessa-nos sobremaneira a atitude do Autor relativamente à preocupação de dar ao Aluno o sentido da extensão da intervenção da Física na construção do nosso modo de viver e na preparação do nosso progresso

O Autor fez sem dúvida um notável esforço neste sentido mas ainda não nos parece suficiente e por isso entendemos que o valor talvez mais construtivo da nossa crítica poderia ser precisamente o de insistir nos agravos, fáceis de remediar, aquela orientação.

Mas são tantos os passos dignos de registo que não podemos deixar de apreciar alguns, elogiosamente como merecem, não para tecer louvores ao Autor — que os dispensa decerto — mas para censurar em conjunto os seus predecessores que não prestaram a obras semelhantes a dedicação que é de exigir.

O presente trabalho foi feito com o propósito de ser realmente útil aos alunos, de fazer uma obra de que o seu autor possa legitimamente orgulhar-se e não, apenas, auferir benefícios materiais.

O Autor bem merece por isso as nossas felicitações.

Veja-se por exemplo (página 18) a maneira como é apresentada a distinção entre calor e temperatura.

Parece-nos perfeita,⁽¹⁾ e propositadamente a escolhe-mos, para esta afirmação de perfeição.

Com efeito, foi talvez em torno de explicações do tipo desta que se levantaram algumas das mais convictas objecções a este livro (as críticas da má fé não são dignas de qualquer resposta: desprezam-se, ignoram-se).

De facto, aparentemente, pode crer-se que os espíritos infantis do 3.º Ano dos liceus, com a insuficiência de ginástica mental que lhes foi conferida — pelo menos oficialmente — tenham dificuldades era ficar com quaisquer *ideias*, designadamente com a simples

leitura dos dois últimos parágrafos do n.º 15. E isto, principalmente, pela própria correcção da linguagem escolhida pelo Autor, a que os rapazes não estão habituados por ser infelizmente pouco corrente.

Mas, se o Mestre — e é notável que de um livro tão bom como este resultem motivos para evidenciar a necessidade do professor — proceder como deve, salientando até o rigor das expressões como único meio de simplificar a exposição da matéria, depressa o aluno se habituará a procurar no texto a forma de enquadrar com clareza os próprios resultados da sua experiência, quer directa, quer orientada pelo Professor.

O professor não terá que «explicar» o livro, mas deverá ajudar o aluno a compreender em que medida o texto representa uma síntese objectiva de formulações diversas, em geral possuídas de vícios de forma ou falseadas por produtos da imaginação.

É por estas razões que achamos perfeitas, explicações do tipo da que serviu de motivo a estes comentários e que, felizmente, são frequentes no livro de Xavier de Brito.

Um outro carácter deste livro, igualmente digno de relevo, é a preocupação de referir as explicações descritivas a exemplos de realização prática acessível aos modestos recursos das escolas ou, até — e melhor — dos próprios alunos.

É típica dessa preocupação a recomendação (página 37) de «não haver chama próxima» ao descrever uma experiência em que intervém o éter.

Assinalamos esta feição, não só por nos parecer totalmente nova, relativamente aos livros de texto nacionais, mas, também, porque julgamos que valeria a pena acentuá-la mais ainda numa próxima edição. Por exemplo, a propósito da «inércia», não deixaria de ser interessante apontar as experiências clássicas da rápida retirada da folha de papel de sob um copo com água e análogas, a um tempo instrutivas e recreativas.

Como notámos, não é o pormenor que pode interessar aqui. Poderíamos desenvolver porque desaprovamos tanto espaço dedicado ao termómetro de máxima e mínima quando não se dedica uma linha nem à válvula de 3 electrodos, nem à célula foto eléctrica, etc. Mas não interessa. Poderíamos censurar as expressões «Diz o princípio de Pascal» e «a demonstração do princípio de Pascal» ou análogas. Mas pouco importa.

Outro tanto já não pensamos do «conformismo», relativamente a tristes exemplos, que encontramos a propósito do princípio de Arquimedes, nas expressões «peso do líquido deslocado» (pág. 50) e «líquido deslocado» (pág. 55).

Poderão restar dúvidas de que esta designação nada tem de claro?

Porque não escreve o Autor «peso de um volume de líquido igual ao volume do sólido», ou expressão equivalente?

Pode achar-se que isto não passa de um «pormenor», mas pensamos que é com pormenores destes que se

(1) Achamos contudo (é este o *pormenor*) que, na 4.ª linha, de baixo, a expressão «observados com o mesmo aspecto» ganharia muito se fosse substituída, por exemplo, por «observados com um mesmo critério *objectivo*», a contrapor-se ao critério *subjectivo* da sensação do tacto.

deve contribuir para a lucidez das crianças, futuros homens, levando-as a não aceitar palavras ocas, a exigir sempre o rigor da expressão — característica da Ciência — e a rejeitar as afirmações vagas que só se apoiam na sua própria imprecisão.

É isto já nos não parece um «pormenor», em matéria de educação.

É curioso que a exposição elementar da hidráulica, feita pelo Autor, tanto do nosso agrado sob vários aspectos, nos dê, além do apontado, outro motivo de reparo.

É agora no que se refere á ausência de referências á história da Ciência — em nossa opinião urna das deficiências graves deste livrinho.

A História é tão instrutiva, tão formativa, se se souber fugir a deformações que falseiem estas funções, se se tiver o cuidado de a aproveitar para demonstrar que o bem científico é universal, a todos pertence igualmente, se se cuidar de aproveitar a evolução para esclarecer os alunos sobre o condicionamento actual da investigação científica, bem diferente do do passado, se se tentar explicar aos jovens a influência determinante de factos exteriores á Ciência no ritmo e na orientação do progresso científico!

E o nível dos cursos médios é tão propício a este ensino, a juventude encontra tanto interesse nestes temas apaixonantes!

Não deve dar-se, como imagem da Ciência, um edificio construído pedra por pedra ou uma cadeia crescendo elo por elo. A verdade é bem diferente. A Ciência só pode assemelhar-se á realidade viva de uma colectividade com as suas lutas, as suas dores, as suas vitórias.

Porquê, desprezar tantos recursos formativos de carácter?

Em vários passos do seu livro, o Dr. Xavier de Brito mostra-se preocupado — e muito bem — com a indicação de algumas realizações comuns, nas suas ligações com a física (exemplo: o periscópio a propósito do prisma de reflexão total). Mas, em nossa opinião, o Autor está ainda preso a exemplos clássicos que ganhariam em ser completados com os mais modernos. Assim, não é só num submarino que o periscópio é fundamental. O mesmo se dá na observação de fornos e, mais ainda, na condução da manipulação dos isótopos radioactivos.

É ainda o caso da Acústica, tratada neste livro — incidência do programa, sem dúvida — sensivelmente ao modo clássico, que nos parece deficiente, para a nossa época. Assim, nada se diz do problema fundamental da luta contra os ruídos, nada se refere dos ultrasons, com as suas importantes aplicações práticas (sondas marítimas, detectores de fendas em metais, etc.).

Outros pontos semelhantes, embora em si pouco relevantes, dado o valor de conjunto de obra que apreciamos, poderiam ser apontados. Não o faremos, já

para não cansar o leitor, já porque estamos certos de que o Autor não precisa das nossas observações para rever aqueles pontos.

Em compensação, agrada-nos bastante a apresentação, no capítulo da Electricidade, de várias das suas aplicações modernas, como o radiador de aquecimento doméstico, o guindaste electromagnético.

Notamos apenas a falta, que não deve ser culpa do Autor, de noções, mesmo elementares, a respeito das fontes produtoras de electricidade (combustíveis, bargagens, etc.).

Pensamos que não é culpa do Autor, mas também não deve ser omissão voluntária do programa. Deve ter sido esquecimento que não tardará a ser notado, preenchendo-se uma lacuna que, realmente, não era de esperar.

Concluindo, no sentido que lhe demos a princípio, o valor absoluto desta obra parece-nos bastante aquem nas possibilidades do seu Autor. O estilo deve melhorar em clareza e correção, a exposição deve despir-se de permenores que a tornam pesada e difícil.

Mas, que não se exagere, pois é um enorme erro pedagógico supor-se que um livro de leitura extremamente fácil tem maior valor didáctico que um outro mais árduo, exigindo maior esforço de atenção. É preciso ter presente que muitas críticas que ouvimos, podem fundamentar-se numa como que preguiça (da parte dos alunos) ou apatia (da parte dos professores) relativamente á ideia que o estudo deve ser um esforço e que a vontade de aprender se fortifica no exercício dessa vontade.

Os livros em que tudo é fácil provocam um adormecimento do intellecto dos alunos que os torna incapazes de qualquer esforço futuro. Duvidamos que a maioria dos bons livros dos liceus da França, Alemanha ou Suíça, por exemplo, seja de leitura imediatamente acessível á intelligência directa dos alunos.

Por estas e outras razões análogas, somos de opinião que este livro de Jayme Xavier de Brito ficará marcando uma data na história dos estudos de Física em Portugal.

É o elogio justo e comedido que nos inspirou a sua leitura e que o esforço do seu Autor bem merece.

Julho 1951

A. GIBERT

N. B. — *Estes comentários foram feitos sobre a 1.ª edição da obra revista. Antes da sua publicação, pudemos ler a 2.ª edição mas esta não nos sugeriu nenhuma modificação dos nossos pontos de vista. É pouco mais do que uma simples reimpressão.*

NOTA AOS ASSINANTES

Mais uma vez lembramos aos nossos estimados assinantes, nos enviem um vale com a quantia de 40\$00, referente á próxima assinatura. Em troca lhes será enviado o correspondente recibo. Para os que ouvirem o nosso apelo publicado no último número — vão os nossos melhores agradecimentos.

PYE

CAMBRIDGE



BALANÇA DE TORSÃO
PARA A DETERMINAÇÃO
DA TENSÃO SUPERFICIAL

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO



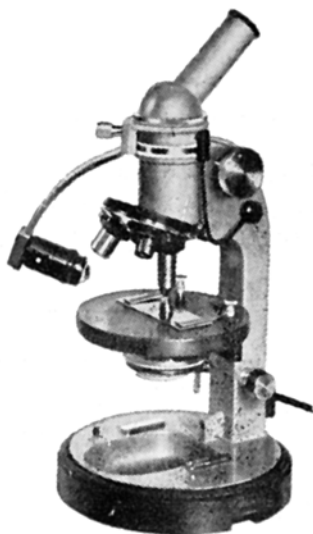
GALVANÓMETROS - ESCALAS - APARELHOS DE PH
- BÚSSOLA DE TANGENTES - SHUNTS - CHAVES
PALMERS - ESFERÓMETROS - MÓDULO DE TORSÃO
- MÓDULO DE YOUNG - VISCOSÍMETRO DE SEARLE
- ELECTRÓMETROS - APARELHOS PARA O EQUIVA-
LENTE MECÂNICO DO CALOR - CONDUCTIBILIDADE
TÉRMICA - CALORÍMETROS DE FLUXO CONTÍNUO -
APARELHOS DE REFLEXÃO TOTAL - IMÃS - FLU-
XÍMETROS - MAGNETÓMETROS - MICROSCÓPIOS
COMPARADORES - CONTA MINUTOS - POTENCIÓ-
METROS - PONTES - CAIXAS DE RESISTÊNCIAS.

Representantes :

Equipamentos de Laboratório, L.ª
RUA NOVA DO ALMADA, 46 — LISBOA
TELEF. 2 9879 - 2 4495

MICROSCÓPIOS

WILD HEERBRUGG



MONOCULARES E BINOCULARES
COM E SEM CONTRASTE DE FASE

CONSTRUÇÃO SUÍÇA DE ALTA PRECISÃO
COM OS ÚLTIMOS AVANÇOS DA TÉCNICA

ENTREGAS IMEDIATAS NOS REPRESENTANTES

PIMENTEL & CASQUILHO, L.ª

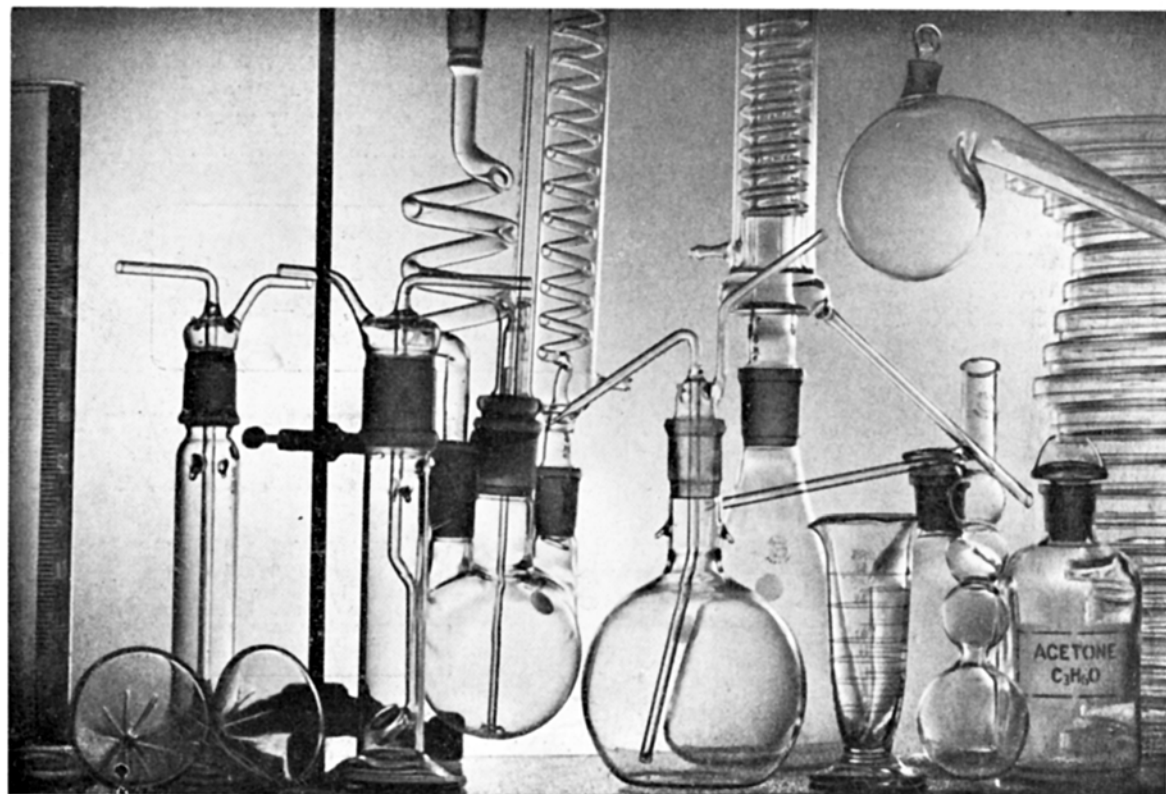
Rua Eugénio dos Santos, 75 — Tel. 24314 — LISBOA

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

CRISTAL PYREX QUIMICO RESISTENTE

A vidraria marca PYREX fabricada com o Vidro Químico n.º 774 possui qualidades de grande valor no Laboratório; as suas características físicas e químicas são tão equilibradas que todas as propriedades — força mecânica, estabilidade química e resistência às variações bruscas de temperatura — essenciais para a economia, exactidão e durabilidade se combinam e alcançam um valor máximo.

Baixa percentagem em álcalis, insuperável estabilidade na esterilização e livre dos elementos Magnésio — Cálcio — Zinco e Metais pesados, a vidraria marca PYREX oferece um sortido completo de material para uso nos Laboratórios de investigação científica e controle de produtos.



Composição química do vidro PYREX:

Silica — 80,5%	Soda — 4%
Anidrido bórico — 12,3%	Potassa — 0,6%
Alumina — 2%	Diversos — 0,6%

(O vidro PYREX é isento de arsénio)

Propriedades mecânicas

Resistência à tração — 142 Kg/cm ²
Resistência à compressão — 3620 Kg/cm ²
Módulo de elasticidade — 6900 Kg/mm ²

Propriedades físicas do vidro PYREX

Densidade — 2,25 g/cm³ (muito inferior aos restantes vidros). — Coeficiente de dilatação — 32×10^{-7} por grau centígrado (entre 20 e 350° C). — Calor específico — 0,20 cal/g. grau. — Conductibilidade térmica — 0,0027 cal/cm. s. grau. Resistência eléctrica (superfície) — 10^{14} Ohms/cm² a 34% de humidade e 14×10^8 Ohms/cm² a 84% de humidade. — Resistividade eléctrica em volume — superior a 10^{14} Ohms/cm³ de humidade. — Poder indutor específico — 4,83. — Limite de transparência aos raios ultravioletas 0,317 μ a 0,32 μ (arco de mercúrio para uma espessura de 20 mm).
Dispersão — $n_F - n_C = 0,0073$

Os serviços técnicos de PYREX estão aptos a construir toda a espécie de aparelhos em vidro, segundo desenho.

Dirijam-se aos seus habituais fornecedores

Representantes Gerais: **FEDERICO BONET, L.^{DA}**

Rua José Domingos Barreiros, 15, 17 e 17-A — LISBOA