

GAZETA DE FISICA

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



VOL. III, FASC. 2
OUTUBRO, 1954



Experiências de Otto de Guericke para obtenção do vazio
(Vide pág. 50)

VOL. III

GAZETA DE FÍSICA

FASC. 2

OUTUBRO — 1954

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

S U M Á R I O

Sur la densité de force électrique en un point d'une surface électrisée, por <i>António da Silveira</i> . . .	33
Vibrações mecânicas e eléctrica, por <i>Líbano Monteiro</i>	37
A situação da Física no Brasil, por <i>Adel da Silveira</i>	43
O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654)	50

PONTOS DE EXAME:

Exames do ensino médio (Física)	53
Exames Universitários (Física)	56
Exames do ensino médio (Química)	57
Exames Universitários (Química)	59
Noticiário	60

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

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

★

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

Sur la densité de force électrique en un point d'une surface électrisée

L'auteur présente dans cette note deux démonstrations de l'expression de la densité de force électrique, en un point d'une surface électrisée, différentes des démonstrations habituelles. La première est conduite du point de vue de la théorie du champ, la deuxième a trait à la théorie du potentiel.

Point de vue de la théorie du champ —
Considérons une surface S portant une distribution d'électricité de densité σ fonction continue d'un point courant Q sur S .

De ce premier point de vue nous remplaçons la distribution superficielle par une couche d'électricité dont l'épaisseur λ tend vers zéro et la densité volumique ρ vers infini de telle sorte que l'on ait

$$\sigma = \lim \int_0^\lambda \rho dn \quad (1)$$

dn étant un élément de l'épaisseur de la couche.

Placée dans un champ électrique E , cette couche se trouve soumise à une force

$$F = \int \rho E dv \quad (2)$$

dv étant un élément de son volume.

Nous distinguons les deux faces de la couche, supposées parallèles, ainsi que les

grandeurs qui y peuvent être définies, par les indices + et -, et nous désignons par n le vecteur unité de la normale dirigé du côté de la face +.

Le raisonnement que nous allons faire pour établir l'expression de la densité de force, en un point ordinaire O de S , est du type de celui qui permet de déduire des deux équations du champ

$$\operatorname{rot} E = 0 \quad \operatorname{div} E = \frac{4\pi}{\epsilon} \rho \quad (3)$$

les relations

$$\begin{aligned} [n, E^+ - E^-] &= 0 \\ (n, E^+ - E^-) &= \frac{4\pi}{\epsilon} \rho \end{aligned} \quad (4)$$

ϵ étant la constante diélectrique du milieu, E^+ et E^- les valeurs de E sur les deux faces de la couche. Tenant compte de la deuxième relation (3), la force F s'écrira

$$F = \frac{\epsilon}{4\pi} \int E \operatorname{div} E dv. \quad (5)$$

Il nous faut transformer cette intégrale de volume en une intégrale de surface étendue à la surface Σ qui limite v et dont les deux faces viennent se confondre avec S quand $\lambda \rightarrow 0$. Dans ce but nous utilisons l'identité intégrale

$$\int \{E \operatorname{div} E + (E, \operatorname{grad} E)E\} dv = \int (n', E)E d\Sigma \quad (6)$$

n' étant le vecteur unité de la normale à Σ dirigé vers l'extérieur de v , laquelle peut être facilement déduite de la première identité de Green.

Or, puisque l'on a $\operatorname{rot} E = 0$, on peut écrire

$$\operatorname{grad} E^2 = 2(E, \operatorname{grad})E.$$

Portant cette expression en (6) et utilisant l'identité

$$\int \operatorname{grad} E^2 dv = \int E^2 n' d\Sigma$$

il vient

$$\int E \operatorname{div} E dv = \int \left\{ \frac{1}{2} E^2 n' + [[n' E]E] \right\} d\Sigma. \quad (7)$$

On a donc, d'après (5), désignant par f la densité de force sur S

$$F = \int f dS = \frac{\varepsilon}{4\pi} \int \left\{ \frac{1}{2} E^2 n' + [[n' E]E] \right\} d\Sigma \quad (8)$$

Cette deuxième intégrale de surface doit être étendue aux deux faces de Σ . Remarquant qu'à la limite on a au point 0 sur la face + : $n' = n^+ = n$ et sur la face - : $n' = n^- = -n$, l'intégrande prend la forme

$$\frac{1}{2} (E^+ + E^-, E^+ - E^-) n + [[n E^+]E^+] - [[n E^-]E^-]$$

comme d'autre part

$$[n E^+] = [n E^-] = \frac{1}{2} [n, E^+ + E^-]$$

il vient pour la densité de force en 0

$$f = \frac{\varepsilon}{4\pi} (n, E^+ - E^-) \frac{E^+ + E^-}{2} \quad (9)$$

ou, tenant compte de la deuxième relation (4):

$$f = \sigma \frac{E^+ + E^-}{2} \quad (10)$$

Dans ces formules (9 et 10), E représente le champ électrique total, mais elles gardent évidemment la même forme dans le cas où la surface électrisée S existe seule dans le champ, E représentant alors le champ dû aux seules charges de S (1).

Point de vue de la théorie du potentiel — Supposons la même surface électrisée S . De ce nouveau point de vue nous cherchons à calculer directement la force R qui agit sur l'unité de charge placée au point 0, due aux seules charges de la surface S . Elle est la résultante des forces élémentaires

$$-\frac{1}{\varepsilon} \operatorname{grad}_0 \frac{1}{r} \sigma dS \quad (11)$$

qui agissent en 0 selon la loi de Coulomb, r étant la distance du point courant Q sur S au point potentiel 0. Seulement quand $r \rightarrow 0$ cette expression (11) est indéterminée. La force R ne devient alors intelligible qu'aux termes d'une plaque a , faite autour du point 0, limitée par un contour γ que l'on fait tendre en suite continûment vers 0, c'est à dire que l'on pose par définition

$$R = -\frac{1}{\varepsilon} \lim_{a \rightarrow 0} \int^{(S-a)} \operatorname{grad}_0 \frac{1}{r} \sigma dS \quad (12)$$

(1) On peut développer une démonstration analogue pour la densité de force magnétique en un point d'une nappe de courant.

si toutefois cette intégrale est convergente.

Or, on sait ⁽¹⁾ que la composante de R suivant la normale au point 0, calculée d'après (12), est absolument convergente, tandis que la composante tangentielle n'est que semi-convergente, c'est à dire que sa valeur dépend de la forme de la plaque α faite autour de 0 (on le verra par la suite).

On peut penser que l'on arrivera à tourner la difficulté en introduisant le champ électrique E défini par la relation

$$E = -grad V \quad (15)$$

V étant la fonction potentiel des charges électriques.

Sur la normale en 0, dirigée du côté de la face +, prenons alors un point potentié P que l'on fait tendre en suite vers 0. Le champ est donné par

$$E = -\frac{1}{\epsilon} \lim_{P \rightarrow 0} \int^{(S)} grad_p \frac{1}{r} \sigma dS. \quad (14)$$

Mais il arrive maintenant que la composante tangentielle de E est bien définie, tandis que la composante normale ne l'est pas.

Malgré les difficultés que nous venons de signaler l'on peut établir quelques résultats intéressants et déduire l'expression de la densité de force, en 0, de la différence des composantes tangentielles et normales des deux vecteurs R et E ⁽²⁾.

Calculons d'abord la différence des composantes tangentielles.

On a

$$\begin{aligned} \epsilon[n, R - E^+] &= -\lim_{\alpha \rightarrow 0} \int^{(S-\alpha)} \left[n, grad_0 \frac{1}{r} \right] \sigma dS + \\ &+ \lim_{P \rightarrow 0} \int^{(S)} \left[n, grad_p \frac{1}{r} \right] \sigma dS. \end{aligned} \quad (15)$$

Remarquons que cette première intégrale peut s'écrire

$$\begin{aligned} &\int^{(S-\alpha)} \left[n, grad_0 \frac{1}{r} \right] \sigma dS = \\ &= \lim_{P \rightarrow 0} \int^{(S-\alpha)} \left[n, grad_p \frac{1}{r} \right] \sigma dS \end{aligned} \quad (16)$$

puisque P reste toujours extérieur à $(S-\alpha)$.

Si nous effectuons maintenant la décomposition

$$\int^{(S-\alpha)} = \int^{(S)} - \int^{(\alpha)}$$

le premier terme au second membre de (15) devient

$$\begin{aligned} &-\lim_{P \rightarrow 0} \int^{(S)} \left[n, grad_p \frac{1}{r} \right] \sigma dS + \\ &+ \lim_{(\alpha \rightarrow 0, P \rightarrow 0)} \int^{(\alpha)} \left[n, grad_p \frac{1}{r} \right] \sigma dS. \end{aligned} \quad (17)$$

En substituant nous obtenons

$$\begin{aligned} \epsilon[n, R - E^+] &= \\ &= \lim_{(\alpha \rightarrow 0, P \rightarrow 0)} \int^{(\alpha)} \left[n, grad_p \frac{1}{r} \right] \sigma dS. \end{aligned} \quad (18)$$

Enfin, si l'on applique à cette intégrale le théorème de la moyenne et ensuite le lemme de Stokes on pourra écrire

$$\epsilon[n, R - E^+] = \lim_{(\alpha \rightarrow 0, P \rightarrow 0)} \left(\oint \frac{ds}{r} \right) \quad (19)$$

$\bar{\sigma}$ étant une certaine valeur de σ sur α .

Si $P \rightarrow 0$ sur la normale en 0, mais du côté de la face - de la surface on obtient

$$\epsilon[n, R - E^-] = \lim_{(\alpha \rightarrow 0, P \rightarrow 0)} \left(\oint \frac{ds}{r} \right) \quad (20)$$

Dans certains cas de symétrie le second membre de (19) et (20) vaut zéro, mais en général la limite de l'intégrale, quand $P \rightarrow 0$, dépend de la forme de la plaque α faite autour de 0.

⁽¹⁾ Voir les traités sur la théorie du potentiel.

⁽²⁾ J'ai déjà donné cette démonstration dans mon cours à la Faculté des Sciences.

Toutefois on a dans tous les cas par soustraction de (19) et (20)

$$[n, E^+ - E^-] = 0 \quad (21)$$

qui est la première relation (4).

Passons maintenant à la différence des composantes normales. On a

$$\begin{aligned} \varepsilon(n, R - E^+) = & - \lim_{\alpha \rightarrow 0} \int^{(S-\alpha)} \left(n, \text{grad}_0 \frac{1}{r} \right) \sigma dS + \\ & + \lim_{P \rightarrow 0} \int^{(S)} \left(n, \text{grad}_P \frac{1}{r} \right) \sigma dS. \end{aligned} \quad (22)$$

Un raisonnement analogue à celui qui vient d'être fait donne

$$\begin{aligned} \varepsilon(n, R - E^+) = \\ = \lim_{(\alpha \rightarrow 0, P \rightarrow 0)} \int^{(a)} \left(n, \text{grad}_P \frac{1}{r} \right) \sigma dS. \end{aligned} \quad (23)$$

Or

$$\begin{aligned} \lim_{P \rightarrow 0} \int^{(a)} \left(n, \text{grad}_P \frac{1}{r} \right) \sigma dS = \\ = \lim_{P \rightarrow 0} \left(\bar{\sigma} \int - d\Omega \right), \end{aligned} \quad (24)$$

$d\Omega$ étant l'angle solide sous lequel on voit de P la plaque α . On a donc en faisant $\alpha \rightarrow 0$

$$\varepsilon(n, R - E^+) = -2\pi\sigma \quad (25)$$

σ étant cette fois la densité en 0.

Si $P \rightarrow 0$ sur la normale, mais du côté de la face - de S , on obtient

$$\varepsilon(n, R - E^-) = +2\pi\sigma \quad (26)$$

Par soustraction de (25) et (26) il vient

$$\varepsilon(n, E^+ - E^-) = \frac{4\pi}{\varepsilon} \sigma, \quad (27)$$

c'est à dire la deuxième relation (4). Par addition de (25) et (26) il vient

$$(n, R) = \frac{1}{2}(n, E^+ + E^-) \quad (28)$$

Si nous convenons de choisir une forme de plaque telle que le second membre de (19) et (20) soit nul, comme c'est le cas d'une plaque circulaire de centre 0, on aura

$$[n, R] = \frac{1}{2}[n, E^+ + E^-] \quad (29)$$

Dès lors il vient pour la densité de force

$$f = \sigma R = \sigma \frac{E^+ + E^-}{2} :$$

c'est l'expression trouvée par le premier raisonnement.

ANTÓNIO DA SILVEIRA

A Gazeta de Física continua a publicar-se apesar dos sacrifícios que a sua publicação representa. Todos os que se interessam pela Física deverão auxiliar-nos procurando arranjar novos assinantes

Vibrações mecânicas e eléctricas

O que se segue tem por objectivo pôr mais uma vez em evidência a profunda analogia existente entre os fenómenos vibratórios, mecânicos ou acústicos, e o carácter sinusoidal de certos fenómenos eléctricos, como seja, por exemplo, o caso da corrente alternada.

Estas considerações terão a vantagem de nos conduzir a uma visão de conjunto destes fenómenos, com o conseqüente e útil aprofundamento dos conceitos, quer da Mecânica, quer da Electricidade, que forem postos em jogo.

Limitar-nos-emos, neste estudo, ao caso de vibrações harmónicas simples, quer do ponto de vista mecânico, quer eléctrico, isto é, representadas analiticamente por uma função sinusoidal simples do tempo.

Seja uma partícula material, de massa m , sujeita a uma força elástica de chamada proporcional à elongação da partícula x em cada instante, a uma força de atrito que supomos proporcional à velocidade da partícula, e ainda a uma força exterior, aplicada, de direcção constante e cujo módulo varia sinusoidalmente com o tempo, com frequência angular ω . O movimento da partícula será representado evidentemente pela equação diferencial,

$$m\ddot{x} + \beta\dot{x} + Kx = F_0 \cos \omega t \quad (1)$$

cujos integral geral, em ordem ao tempo, mostra que ela executa, em regime permanente, um movimento vibratório sinusoidal. Notemos, desde já, que, no primeiro membro desta equação, a primeira parcela representa a força de inércia, a segunda parcela a força de atrito, e a terceira a força elástica, todas de reacção ao movimento, e por isso mesmo opostas à força aplicada F , que figura isolada no segundo membro.

Escrevamos também a equação diferen-

cial da corrente, ou da carga de um condensador inserido num circuito eléctrico de características L, R, C , no qual existe também uma *f. e. m.* aplicada do tipo

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$$

isto é, que varia sinusoidalmente com o tempo. Sabemos que é

$$L \frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{c} = \varepsilon_0 \cos \omega t$$

que exprime, afinal, ser nula, em cada instante, a tensão ao longo de todo o circuito fechado (como exige o princípio da conservação da energia em regime quase estacionário).

Podemos escrever ainda

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{1}{c}q = \varepsilon_0 \cos \omega t \quad (2)$$

Também aqui as três tensões do primeiro membro são tensões de reacção do circuito à *f. e. m.* aplicada, que figura no segundo membro.

Deixando de lado a interpretação destas tensões à luz da equação (1), a flagrante analogia entre as equações (1) e (2) está longe de ser meramente formal, e sugere que se faça a seguinte correspondência de coeficientes

$$L \rightarrow m \quad R \rightarrow \beta \quad K \rightarrow \frac{1}{C}$$

a qual arrasta a correspondência da carga q do condensador a uma elongação x , o que é perfeitamente justificável, deste ponto de

vista analógico, dado que as derivadas em ordem ao tempo são respectivamente

$$\begin{aligned}\dot{q} &= i \\ \dot{x} &= v\end{aligned}$$

e a intensidade de uma corrente eléctrica pode ser tratada como uma velocidade de uma partícula material. Mais precisamente, a intensidade da corrente eléctrica terá o carácter de uma vazão, na analogia hidrodinâmica, o vector correspondente à velocidade num ponto de um meio fluído sendo rigorosamente a densidade de corrente. Mas, do ponto de vista de dimensões, as duas grandezas diferem apenas por um factor área que não interessa considerar agora aqui. Notemos que as equações (1) pressupõem ser a trajetória da partícula rectilínea, o que permite abstractir do carácter vectorial da sua velocidade.

Sabido que os nomes das grandezas eléctricas, *força electromotriz*, tensão, resistência, e outras, não engeitam a sua primitiva concepção mecânica, vemos agora a justeza dessas denominações, à luz da analogia indicada.

Com efeito a parcela $R\dot{q} = Ri$ da equação (2) representa fundamentalmente, no circuito da corrente alternada, o mesmo papel que o atrito no movimento mecânico em meio fluído: Só que aqui se sabe calcular rigorosamente a dissipação da energia por efeito Joule, correspondente ao desenvolvimento de calor por atrito no movimento mecânico, calor este mais difícil de calcular, ao menos em função só das características intrínsecas do sistema.

Se não houver resistência no circuito (caso ideal, correspondente à não existência de atrito mecânico) não haverá dissipação da energia e o movimento ou a corrente, permaneceriam indefinidamente, sem consumo de energia, à parte a inicialmente fornecida; mesmo sem existência de força exterior aplicada (1).

(1) Voltarei adiante a este assunto, no caso de existência de força aplicada.

Com efeito, os primeiros integrais gerais das equações (1) e (2) seriam então respectivamente:

$$\frac{1}{2}mv^2 + K\frac{x^2}{2} = const. = M_1 \quad (3)$$

$$\frac{1}{2}Li^2 + \frac{1}{2c}q^2 = const. = E_1 \quad (4)$$

em perfeita correspondência simbólica, e que traduziam, no mov. mecânico, a conservação da soma das energias potencial e cinética da partícula, e na corrente alternada, a conservação da soma das energias magnética da *self*, e electrostática do condensador, e, em ambos os casos, a conservação de toda a energia inicialmente posta em jogo, mecânica em (3), electro-magnética em (4).

A analogia formal das expressões $1/2 mv^2$ e $1/2 Li^2$ lembra, com efeito, o carácter cinético da energia magnética, justificado pelas condições do equilíbrio electro-dinâmico, em que se verifica um máximo de energia magnética para condição de equilíbrio estável. O carácter potencial da energia armazenada no condensador, também fica sobejamente demonstrado.

Lembremos apenas que as trocas de energia electro-magnética se dariam exclusivamente entre o condensador e a *self*, à semelhança das trocas de energia potencial em cinética da partícula oscilatória, ou de um sistema pendular livre, sem atrito.

É interessante notar que esta conservação de energia eléctrica, representada pela troca, sem perdas,

$$\begin{aligned}\text{energia eléctrica do condensador} &\rightleftharpoons \\ &\rightleftharpoons \text{energia magnética da } self,\end{aligned}$$

está ligada ao facto da corrente na *self*, ou na capacidade, não estar em fase com a tensão nos seus extremos, mas em quadratura, e assim poder ser armazenada a potência desenvolvida.

De facto a potência dissipada durante um período sendo dada pelo valor médio da expressão $\bar{v}i$, durante um período, tem-se

$$\begin{aligned} P &= \bar{v}i = \frac{1}{T} \int_0^T v i dt = \\ &= \frac{1}{T} \int_0^T V \cos \omega t \cdot I \cos \left(\omega t \pm \frac{\pi}{2} \right) dt = \\ &= \mp \frac{1}{T} VI \int_0^T \cos \omega t \cdot \sin \omega t \cdot dt = \\ &= \mp \frac{1}{T} VI \int_0^T \frac{1}{2} \sin 2\omega t \cdot dt = 0 \end{aligned}$$

por ser nulo, em cada período, o valor médio da função seno.

A identificação dos coeficientes $L \rightarrow m$, faz pensar na existência de uma inércia dos circuitos eléctricos, que a lei de Ohm da corrente contínua exclui ⁽¹⁾, mas que vem a aparecer com os fenómenos de indução electro-magnética; enquanto que a correspondência

$$K \rightarrow 1/C$$

nos convida a ver a capacidade sob um aspecto mecânico, qualquer coisa, que, no sistema, variaria na razão inversa de reacção elástica, da rigidez duma mola, por exemplo, e que, no sistema pendular, estaria na razão directa do momento de inércia e na inversa do comprimento (distância d). É evidente que a analogia apontada se vai verificar «ipso facto» nos integrais gerais das equações (1) e (2), e ainda, em todas as

(1) A corrente contínua corresponderá assim ao movimento uniforme e rectilíneo, onde também não há que falar de inércia. Se dermos á lei de Ohm da corrente contínua a forma

$$V - Ri = 0$$

a tensão V representará a força constante aplicada ao móvel para vencer a força de atrito, sempre existente na prática, e representada pelo termo $-Ri$, sendo nula a resultante, e portanto uniforme o movimento.

características dos sistemas e do movimento que elas representam.

E assim, ambos os integrais gerais se podem escrever sob a forma

$$x = Ce^{-\frac{\beta}{2m}t} (\cos \omega' t - \psi) + a \cos(\omega t - \Phi) \quad (5)$$

em que

$$\begin{aligned} \omega' &= \sqrt{\frac{K}{m} - \frac{\beta^2}{4m^2}} \\ a &= \frac{F_0}{\sqrt{m^2(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + \beta^2\omega^2}} \quad (6) \end{aligned}$$

$$\Phi = \omega \operatorname{ctg} \frac{\beta\omega}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \quad (7)$$

e C e ψ são as duas constantes arbitrárias de integração, a determinar em cada caso concreto, pelas condições iniciais de posição e velocidade, ou de carga e intensidade ⁽¹⁾.

Como se vê o movimento da partícula, ou a corrente no circuito, são compostos de duas partes: a primeira representa o regime livre, regime transitório que tende rapidamente para zero; a segunda o regime forçado, regime sinusoidal com a frequência imposta — no caso eléctrico, a corrente alternada.

Atentemos no que se passa, com a pulsação, por exemplo. A pulsação própria do sistema mecânico, isto é, a pulsação do sistema livre, e sem amortecimento, é

$$\omega_m^0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

ao passo que a pulsação própria de circuito eléctrico, será, nas mesmas condições

$$\omega_e^0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

(1) A primeira parcela do integral geral, não tem necessariamente a forma apresentada em (6), podendo o regime transitório, embora exponencial, não ser oscilatório.

enquanto que a pulsação do movimento amortecido é, no primeiro caso

$$\omega'_m = \sqrt{\frac{K}{m} - \frac{\beta^2}{4m^2}} < \omega_0^m$$

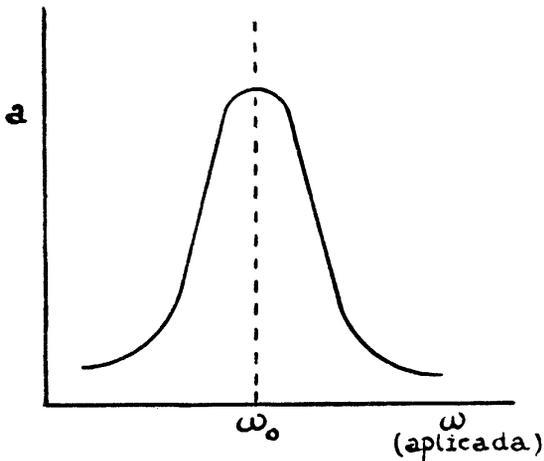
e no segundo

$$\omega'_e = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} < \omega_0^e$$

de acordo com a correspondência dos coeficientes posta inicialmente, como era de esperar. Ainda aqui, a resistência, ou a self, têm, sobre a pulsação eléctrica, o mesmo efeito que o atrito, ou a massa da partícula sobre a pulsação do movimento mecânico.

As variações de amplitude a e da fase Φ do regime forçado com a frequência imposta, podem também ser estudadas num paralelismo absoluto.

Nomeadamente, a ressonância eléctrica corresponde à ressonância mecânica ou acústica, e os efeitos são absolutamente paralelos. Como se sabe, a curva da ressonância é da forma



com um máximo muito acentuado para $\omega = \omega_0$. Este máximo vale, como se vê da expressão de a , $F_0/\beta\omega_0$ e torna-se infinito quando $\beta = 0$ (quando não há amortecimento, ou resistência), e é tanto maior quanto

menor for a pulsação própria, sempre finita; e, em todo o caso, sempre maior que a amplitude imposta F_0 ou ε_0 . Perto da ressonância mecânica, a amplitude do movimento cresce rapidamente com grande amplificação em relação à amplitude da força aplicada, o que traz como consequência o aparecimento de grandes forças de chamada elástica, que podem, como sabemos, destruir o objecto vibrante. (Veja equação 1).

Do mesmo modo, perto da ressonância eléctrica, aparecem perigosas sobretensões nos circuitos, muito superiores às aplicadas, fenómeno sobejamente conhecido dos electrotécnicos. E o teorema das bandas de passagem, zona em que se aproveita a amplificação, base da selectividade acústica, é também a base da selectividade eléctrica, tão aproveitada na recepção em T. S. F.

A amplificação na ressonância entre a tensão nos pratos do condensador e a f. e. m. aplicada vale, como é facil de calcular $L\omega/R$ que se chama factor de sobretensão do circuito.

Basta notar que, no simbolismo imaginário, se tem, na ressonância

$$i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{V}{\frac{j}{C\omega}} = jC\omega V$$

sendo ε a f. e. m. aplicada e V a tensão no condensador. A amplificação vale portanto

$$\frac{|V|}{|\varepsilon|} = \frac{1}{RC\omega} = \frac{1}{RC\omega_0}$$

Mas

$$L\omega_0 = \frac{1}{C\omega_0}$$

e portanto

$$\frac{|V|}{|\varepsilon|} = \frac{L\omega_0}{R}$$

como se queria demonstrar. É de prever que, a este factor de sobretensão nos cir-

cuitos eléctricos, corresponda, nas vibrações mecânicas, o factor $m\omega_0/\beta$. Ora, esta expressão, à parte o factor $1/\pi$, representa o quociente da constante de tempo do circuito, pelo período próprio:

$$\frac{2m}{\beta} \div \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{m\omega_0}{\pi\beta}$$

Quer dizer, se pudéssemos falar da sobre-tensão acústica, ela representaria, medido em períodos próprios do objecto vibrante, o tempo que a amplitude da vibração, levaria, em regime livre, a reduzir-se a $1/e$ de seu valor inicial.

Os valores desta sobre-tensão acústica, são, em geral, muito superiores, aos das sobre-tensões das bobinas eléctricas. Assim é que, para um diapasão, de 64 vibrações por segundo, posto em vibração, esta perdurará cerca de 1 minuto. Tomando metade deste valor para constante de tempo, obtemos para factor de sobre-tensão um valor de cerca de 2.000, enquanto que, em bobinas para alta frequência, usadas nos receptores de T. S. F., raramente se atinge um coeficiente de sobre-tensão superior a 200. (V. *Dynamique Générale des Vibrations*, Y. Rocard. Pag. 64).

Atentemos ainda, e para terminar, no caso interessante do circuito self-capacidade, ou de um sistema pendular sem amortecimento, em regime forçado, isto é, com uma força aplicada, mecânica ou eléctrica, sinusoidal.

Num tal sistema, representado pela equação

$$m\ddot{x} + K\dot{x} = F_0 \cos \omega t \quad (8)$$

para pequenas frequências ($\omega \ll \omega_0$) a amplitude do movimento forçado é aproximadamente constante e igual a

$$\frac{F_0}{m\omega_0^2} = \frac{F_0}{K}$$

como se deduz da expressão (6).

É o que pode deduzir-se também da equação (8), se nos lembrarmos de que, por ser ω pequeno, o termo $m\ddot{x} = -m\omega^2 x$ pode desprezar-se por conter o quadrado de ω . Fisicamente, isto quer dizer que a força de inércia se pode desprezar e o movimento do sistema será «controlado pela elasticidade».

A equação (8) pode então escrever-se, com a aproximação referida,

$$x = \frac{F_0}{K} \cos \omega t$$

e a amplitude é independente da frequência imposta.

Pelo contrário, se a frequência ω imposta cresce muito além de ω_0 , vê-se da mesma expressão (6) que a amplitude do movimento forçado tende para zero, o mesmo sucedendo portanto à elongação x e ao termo Kx da equação (8) que representa a força elástica. E assim chegamos nesta hipótese, à equação

$$m\ddot{x} = F_0 \cos \omega t$$

que representa um movimento apenas «controlado pela inércia».

(V. *Dynamique Générale des Vibrations*, Pag. 9),

Tudo se passa semelhantemente nos circuitos eléctricos correspondentes.

Para pequena frequência da *f. e. m.* imposta, a equação toma a forma

$$\frac{1}{C} q = \varepsilon_0 \cos \omega t$$

$$q = \varepsilon_0 C \cos \omega t$$

$$i = -\omega \varepsilon_0 \sin \omega t$$

e o circuito comporta-se, dentro da aproximação referida, como um condensador único ao qual se applicasse a *f. e. m.* $\varepsilon_0 \cos \omega t$ (circuito controlado pelo condensador). Notar que a corrente tende para zero com ω e seria mesmo nula no caso limite da corrente contínua ($\omega = 0$).

Ao contrário, para ω grande, a equação seria

$$\begin{aligned} L\ddot{q} &= \varepsilon_0 \cos \omega t \\ q &= -\frac{\varepsilon_0}{L} \times \frac{1}{\omega^2} \cos \omega t \\ I &= \frac{\varepsilon_0}{L} \times \frac{1}{\omega} \operatorname{sen} \omega t \end{aligned}$$

e a corrente tende agora para zero à medida que ω cresce, o que mostra fisicamente que o sistema está sendo «controlado pela bobina», de grande impedância às altas frequências.

É o que se vê imediatamente das expressões imaginárias, que dão o valor da corrente na bobine e no condensador, quando se lhe aplica respectivamente a mesma tensão (ε^0, ω)

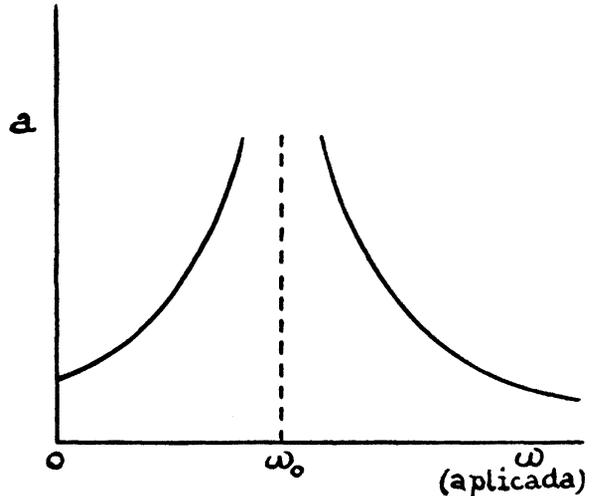
$$\begin{aligned} i &= \frac{\varepsilon}{jL\omega} \quad (\text{para a bobina}) \\ i &= j\omega C\varepsilon \quad (\text{para o condensador}) \end{aligned}$$

$$\text{Se } \omega \text{ tende para zero} \quad \begin{cases} i \rightarrow \infty \text{ (na bobina)} \\ i \rightarrow 0 \text{ (no condensador)} \end{cases}$$

$$\text{Se } \omega \text{ tende para infinito} \quad \begin{cases} i \rightarrow 0 \text{ (na bobina)} \\ i \rightarrow \infty \text{ (no condensador)} \end{cases}$$

ou mais sugestivamente ainda do gráfico da variação da amplitude com a frequência

imposta donde se vê claramente que, à esquerda da ordenada ω_0 o sistema é controlado pelo condensador, enquanto que, à direita, o é pela bobina.



Em próximo artigo procurarei tratar alguns casos interessantes de acoplamentos de sistemas vibrantes mecânicos e elétricos, considerados deste mesmo ponto de vista.

LÍBANO MONTEIRO
2.º Assistente da F. C. L.

BIBLIOGRAFIA

Y. ROCARD — Dynamique Général des Vibrations.
YOOS — Theoretical Physics.

NOTA AOS ASSINANTES — Em virtude da notável despesa que acarreta para a «Gazeta de Física» a cobrança das assinaturas, pedimos novamente aos nossos estimados assinantes que nos enviem um vale com a quantia de 40\$00 referente à actual assinatura cujo recibo lhes será imediatamente enviado. Os nossos agradecimentos a todos os que já corresponderam a este pedido — A COMISSÃO DE REDACÇÃO

A situação da Física no Brasil

A Física é uma das ciências que mais se têm desenvolvido no Brasil, nestes últimos anos. Evidentemente, este progresso não se dá apenas aqui. Com as guerras, tornou-se indiscutível que os cientistas de um modo geral e os físicos, em particular, constituem um grupo cuja colaboração para uma vitória militar, não pode ser desprezada. Os governos compreenderam a necessidade que tinham de lhes dar apoio e passaram a atribuir uma grande importância à Física. Com esta deferência oficial, a atitude para com os cientistas muito se modificou. Eles passaram a ser levados a sério, tornaram-se respeitados como homens de influência: deixaram enfim, de ser considerados apenas estranhos indivíduos muito versados em questões abstractas mas que falhavam completamente, quando procuravam tratar de questões relacionadas com a vida diária.

Uma ciência não se desenvolve descontinuamente. Antes, só se estabelecem resultados de repercussão, quando se tornam conhecidos fenômenos outros que não são menos importantes se os encararmos sob o ponto de vista da ciência pura. Há períodos, no entanto, em que tais factos se sucedem em intervalos de tempo tão curtos, que se tem impressão de ter havido descontinuidades. Foi o que aconteceu em Física, nos últimos 50 anos. Conceitos que antes se julgava estivessem firmemente estabelecidos, sofreram profunda revisão para que os factos experimentais que se descobriam nos laboratórios, pudessem ser enquadrados em teorias.

Para que se tenha uma idéia do ponto em que se encontrava a Física no século passado, basta dizer que, mesmo homens de enorme cultura, vivendo nos melhores meios científicos, julgavam errados conceitos que, actualmente sabemos estarem perfeitamente correctos. E. Mach, por exemplo, famoso por seu livro de mecânica, em

que faz uma crítica à mecânica de Newton, julgava que os átomos não existissem. Note-se que Mach fazia esta observação não obstante já se conhecessem as leis de Dalton e Proust (que só podem ser explicadas se se admitir a existência de átomos), e embora já se encontrasse quase que completamente formulada a teoria cinética dos gases, segundo a qual só se compreendem as propriedades macroscópicas dos gases se admitirmos que eles sejam constituídos de partículas tão pequenas que 100.000.000 delas podem ser colocadas, lado a lado, em um centímetro.

Um simples exemplo como este mostra o progresso que se efectuou nestes últimos anos, uma vez que actualmente os átomos são indispensáveis até mesmo na elaboração de armas militares. Além da relatividade e da mecânica quântica, para só citar as realizações mais importantes em teoria, foram apresentados trabalhos experimentais que modificaram inteiramente a concepção que se fazia de matéria.

Enquanto estas modificações se sucediam em todo o mundo, no Brasil praticamente nada se fazia. Com poucas excepções como Teodoro Ramos, Amoroso Costa e alguns outros, ninguém acompanhava os desenvolvimentos que se processavam em Física, nos países mais adiantados. Sòmente a relatividade teve grande repercussão no Brasil, talvez em virtude da estranheza que as suas concepções causavam e da impressão que têm muitas pessoas de que podem discutir a filosofia de um assunto científico, sem conhecê-lo em seus detalhes.

Teodoro Ramos como cultor da matemática, interessou-se também por trabalhos de Física. Quem compulsar números antigos dos Anais da Academia Brasileira de Ciências encontrará, por exemplo, uma memória em que ele applicava a teoria da relatividade generalizada ao átomo do hi-

drogênio, para determinar os seus níveis de energia. Por tal artigo vê-se claramente que Teodoro Ramos estava a par dos problemas físicos recentes na época, tendo o famoso físico alemão A. Sommerfeld aplicado a teoria da relatividade restrita ao mesmo problema, poucos anos antes. Infelizmente tais resultados são imperfeitos porque, para a sua obtenção, foram utilizados os postulados de Bohr e resultados da mecânica clássica, com os quais tais postulados estão em contradição.

O desenvolvimento de uma ciência, em um país, não se faz, no entanto, apenas através de uns poucos cérebros privilegiados. É necessário que o grupo de pessoas que trabalham em pesquisa seja relativamente numeroso. Para que a Física tenha realmente influência no desenvolvimento de um país, é preciso, em outras palavras, que haja formação de grande número de cientistas; em caso contrário, estará sempre presente o perigo de existirem uns poucos bem esclarecidos que poderão, apenas, falar com pessoas que não conseguem entendê-los. Os esforços puramente individuais, em geral, não conduzem a nenhum lugar.

Se formos mais atrás, ao século passado, então a situação ainda é pior. A rigor não se fez naquela época nenhum trabalho de repercussão. As poucas exceções que existem, evidentemente, só vêm confirmar a regra. J. Gomes de Souza, apresentou, em 1855 à Academia de Ciências de Paris, um trabalho com o título «Memórias sobre um teorema de cálculo integral e suas aplicações à solução de problemas de Física Matemática» e outro sobre acústica — «Memória sobre o som» — onde estudou a propagação do som em uma camada gasosa, em condições especiais. Gomes de Souza, é, porém, um caso excepcional e deve ser considerado como matemático e não como físico.

Em resumo, os trabalhos de Física no passado se limitam quase que exclusivamente a actividades didáticas que, mesmo assim eram grandemente prejudicadas pela orientação seguida. Não se compreende en-

sino universitário eficiente sem que, simultaneamente, se realizem trabalhos de pesquisa.

A insuficiência era, no entanto, perfeitamente reconhecida e combatida por homens de valor da época, grandes professores cujos esforços abriram caminho aos trabalhos atuais. Os trabalhos de Física, dizia o Professor Venâncio Filho em uma tese apresentada num concurso para a cátedra do Colégio Pedro II, excluídas as exceções escassas, eram sempre de coordenação e de exposição, porque, no Brasil, a cultura ainda não tinha atingido o ponto em que fôssem possíveis cogitações filosóficas ou matemáticas, não havendo instalações ou educação que levassem os estudiosos a produzirem trabalhos experimentais. A própria instituição máxima de ciência no Brasil, a Academia Brasileira de Ciências, deixa perfeitamente clara, como é natural, a incerteza de seus primeiros passos, não há muitos anos. Assim, somente a partir de 1929, começaram a aparecer os Anais da Academia Brasileira de Ciências que vinham substituir a Revista da Sociedade Brasileira de Ciências, a Revista de Ciências e a Revista da Academia Brasileira de Ciências que se vinham publicando, em sucessão, desde 1917. Além disso, nos primeiros números dos anais não se encontram apenas trabalhos científicos. Ao contrário, existem discursos de evocação de acadêmicos mortos, discursos de posse, etc., que indicam claramente o quão limitado era o trabalho que se realizava em ciências.

A rigor, pode dizer-se que a Física só começou a se desenvolver no Brasil, depois da fundação da primeira faculdade de filosofia na Universidade de São Paulo. Armando de Sales Oliveira, com larga visão, adotou a política de não entregar as cátedras a elementos nacionais. Êstes, por falta de preparo ou de espírito de pesquisa, apenas poderiam repetir o que já se vinha fazendo. Convidou por isso, professores estrangeiros, principalmente da Europa. Estes professores, por fim, imprimiram a orientação de há muito desejada.

Agora, que as faculdades de filosofia procuram corrigir os erros de orientação que ainda lhes tolhem os movimentos e que o Conselho Nacional de Pesquisas imprime uma orientação segura no sentido de dotar o país de pessoas que se queiram realmente dedicar à ciência, espera-se que o progresso seja rápido, de modo que dentro de poucos anos já existam equipes em atividade, em vários pontos do país.

Evidentemente milagres não se realizam neste setor: não se deve esperar que se formem físicos de real capacidade, de um momento para o outro. Todo trabalho exige tempo, para que seja bem feito.

*

Não se deve pensar, no entanto, que todos os problemas já estejam resolvidos ou se encontrem em vias de ser resolvidos. Principalmente no ensino, muito ainda se tem que fazer. Os livros de Física em português, em geral, não trazem os últimos progressos adquiridos pela ciência. Calçados, geralmente, em livros franceses antigos, na primeira edição e reproduzidos, com pequenas modificações, nas edições seguintes, não entrosam os alunos com a realidade. Uma consequência imediata de tal orientação é a impressão inexata que os alunos adquirem de que só podem observar fenômenos físicos, após transporem as portas de laboratórios fabulosos. Ainda mesmo quando os livros, fugindo a tal orientação, procuram ligar o que ensinam à realidade, dão exemplos complicados ou citam fenômenos que são observáveis apenas em condições muito especiais, que o aluno talvez nunca venha a encontrar.

A falta de laboratórios utilizáveis nos colégios, reforça o ensino defeituoso. A Física, que é uma ciência experimental por excelência, é ensinada apenas no quadro negro. Mesmo quando existem os instrumentos de que o ensino necessita, os aparelhos só servem, na maioria dos casos, infelizmente, para que os alunos vejam que

eles realmente existem, mas não funcionam.

A dificuldade que o professor sente, nestas condições, faz com que o ensino de Física se reduza ao de pura matemática. O aluno aprende muitas fórmulas, torna-se capaz, talvez, de resolver problemas em que estas fórmulas sejam empregáveis, mas não consegue adquirir intuição que lhe permita ver que elas se relacionam com problemas que ele encontra na vida diária. A questão de um bom ensino secundário é da maior importância para a boa formação de pesquisadores (bem como para a de cidadãos capazes). Bem, é inútil dizer que a crise do ensino de Física é um caso particular de um fenômeno muito mais geral — a crise do ensino.

*

Já que os trabalhos publicados até cerca de 1930 não apresentam interesse pois nenhum apareceu que tivesse influência real no desenvolvimento da Física, julgamos interessante fazer um resumo das atividades que se realizam atualmente nas diversas instituições que trabalham neste ramo da ciência. Este trabalho poderá apresentar diversas omissões. Primeiramente, deixamos de lado intencionalmente tudo aquilo que se referisse à Física aplicada. Assim, deixamos de lado o Instituto de Biofísica onde o Professor Carlos Chagas e seu grupo de auxiliares com tanta eficiência procuram estudar fenômenos físicos, tendo em vista, principalmente, sua aplicação à biologia. Uma outra dificuldade é a seguinte: como não percorremos todo o Brasil, não podemos citar todos os trabalhos atualmente em realização, limitando-nos aos que chegaram a nosso conhecimento através de conversas ou de artigos publicados recentemente.

O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas é a instituição em que, de acordo com a nossa opinião, mais se trabalha nesta ciência, nesta capital. Os seus cientistas interessam-se especialmente pelos fenômenos

nucleares, que preocupam atualmente os físicos de todo o mundo. Deve-se isso a dois fatores: em primeiro lugar, os seus professores brasileiros efetuaram cursos em universidades estrangeiras e, conseqüentemente, trouxeram de lá uma orientação nesse sentido. Uma outra razão é a seguinte: existe um intercâmbio contínuo com cientistas estrangeiros, notadamente norte-americanos, que trabalham intensamente em tais problemas. Ainda há pouco, quando da realização de um simpósio sobre as novas técnicas de pesquisa em Física, trabalharam no C. B. P. F., entre outros, I. I. Rabi, da Universidade de Columbia, J. Marshall, da Universidade de Chicago, H. Anderson, também de Chicago, e muitos outros.

O C. B. P. F. ocupa um pavilhão e uma oficina, onde se comprimem cerca de 114 pessoas, que agora se mostram bastante exíguos. Assim, um aparelho de Física Nuclear, o acelerador em cascata adquirido na Holanda por cerca de Cr\$ 1.900.000,00, ainda não foi montado por falta de prédio próprio.

Os problemas que prendem a atenção de seus cientistas se relacionam com as propriedades das partículas elementares, principalmente, as de alta energia. Existem aparelhos aceleradores (ciclotron, betatron, etc.) com os quais conseguimos tais energias; com eles podemos obter feixes com partículas de um só tipo, de energia determinada e durante um tempo à escolha do observador. A natureza nos fornece, no entanto, tais partículas gratuitamente, embora com algumas desvantagens: são os raios cósmicos, de origem ainda quase desconhecida, mas certamente vindos de fora da Terra. Por sua própria natureza, o estudo de tais radiações deve realizar-se em pontos de grandes altitudes ou em balões estratosféricos, o que torna interessante para uma instituição como o C. B. P. F. possuir postos de observação em tais lugares. Infelizmente, no Brasil, não possuímos montanhas de grande elevação de modo que temos que localizá-los no estrangeiro.

Para resolver tal problema, escolheu-se Chacaltaia, na Bolívia (situado a 5.300 metros de altitude), onde, de acordo com a Universidade Maior de San Andrés, se localizou o laboratório. No cume da montanha escolhida, existe um observatório meteorológico, um dos mais elevados do mundo, segundo informa um artigo publicado na revista *Physics To day*, local este que vem sendo utilizado por instituições americanas e européias, desde 1946.

Atualmente, trabalham em Chacaltaia, Cesar Lattes, A. Wataghin, L. Lima e W. Perez, instalando aparelhagem para preparação e revelação de chapas com emulsões nucleares. Os dois primeiros, juntamente com G. Schwachein e U. Camerini, estudam *showers* de partículas penetrantes e partículas V (descobertas há pouco tempo) com uma câmara de Wilson emprestada pelo Professor Marcel Schein, de Chicago. Ainda no mesmo laboratório, trabalham F. Harris, assistente na Universidade de Chicago e Ismael Escobar, da universidade boliviana.

Para os brasileiros, o observatório escolhido apresenta um grave inconveniente, principalmente para aqueles que são obrigados a se deslocarem com alguma frequência. É que, devido à altitude, a pressão é igual a meia atmosfera, sendo por isso necessário um período de adaptação de, pelo menos, uma semana. Nestas condições, o trabalho se torna penoso.

Vejamos agora o trabalho que se realiza aqui no Rio de Janeiro no C. B. P. F. Em Física Teórica trabalham J. Leite Lopes, J. Tiomno e G. Beck. O primeiro, já conhecido por seus trabalhos sobre a desintegração do meson pi, trabalho citado por vários autores estrangeiros, publicou também, no passado, um trabalho sobre os estados excitados do neutron o que lhe valeu o título de Ph. D. pela Universidade de Princeton. Ainda J. Leite Lopes, juntamente com R. Feynman aplicou a teoria mesônica pseudo-escalar ao deuteron (núcleo do hidrogênio pesado) e estudou ultimamente uma

representação para um operador em mecânica quântica, o operador número de partículas na teoria quântica dos campos, resultado a que chegou depois, independentemente, um físico norte-americano, conforme tese de doutoramento na Universidade de Princeton e publicou com A. da Silveira um trabalho sobre a teoria dos campos. J. Tiomno, conhecido principalmente nos meios científicos estrangeiros por seu artigo, juntamente com J. Wheeler, sobre um tipo especial de desintegração e que estudou em outros trabalhos propriedades das funções de onda relativamente a certas transformações de coordenadas, dedica-se atualmente ao estudo de equações especiais de mecânica quântica, já tendo chegado a resultados interessantes: por exemplo, demonstrou que o momento magnético de partículas de spin $3/2$ é igual ao magneton de Bohr. Ultimamente, ainda J. Tiomno, apresentou com G. Fialho um trabalho sobre a desintegração do meson pi com o aparecimento de ftons. G. Beck, finalmente, procura explicação para um trabalho experimental de um físico francês, Lennouier.

Em Física experimental, tivemos primeiramente E. Pessoa e N. Margem, estudando a probabilidade do aparecimento de eletron na desintegração de meson pi; um trabalho mais recente das mesmas, juntamente com M. Aragão, sobre um novo método de marcar mosquitos e ainda N. Margem, E. Pessoa e F. Brandão com um trabalho sobre a dosagem de materiais radioativos. O Professor G. Hepp, da Holanda, e F. Gomide estudam circuitos para impulsos elétricos rápidos e para testar osciladores e multiplicadores. H. Schwartz, o chefe dos trabalhos de alto-vácuo do centro, trabalha em uma bomba de vácuo que utiliza o fenômeno da ionização, método de sua invenção que já vem sendo utilizado nos Estados Unidos.

Na Escola Nacional de Engenharia trabalham Jonas Santos, Icarai da Silveira e Hilmar Silva, todos os três com bolsas do Conselho Nacional de Pesquisas. O pri-

meiro estuda a inversão ótica de negativos fotográficos; o segundo, a penetração de radiação através do solo e a permeabilidade dos meios descontínuos e o terceiro, finalmente, procura obter fontes de alta tensão com eléctretos.

Ainda no Rio de Janeiro, no Instituto Nacional de Tecnologia, além dos trabalhos de pesquisas de carácter industrial, realizam-se trabalhos de Física pura. B. Gross, A. Aron, G. Kegel e M. Marchesini, estudam problemas de Física relacionados com raios cósmicos. O primeiro, atualmente viajando, dedicou-se ultimamente, a problemas de reologia, estando prestes a ser publicado pela editora Hermann Cie. um livro intitulado «Mathematical Structure of the Theories of Viscoelasticity». O segundo estuda contadores do tipo Maze e câmaras de ionização, como indicam trabalhos apresentados na última reunião de Física. Finalmente, G. Kegel estudou um gerador de função e trabalhou em circuitos de coincidência para raios cósmicos e Marchesini trabalhou em amplificadores e estabilizadores de tensão.

Na Faculdade Nacional de Filosofia, existe um grupo relativamente numeroso que se dedica ao fenômeno termodielétrico. Este efeito, descoberto por Costa Ribeiro em 1944, consiste na produção de eletricidade na mudança do estado físico, por exemplo, na fusão. Os trabalhos atualmente em curso são dirigidos pelo descobridor e realizados por ele mesmo juntamente com A. Dias Tavares, Sérgio Mascarenhas e Edson Rodrigues e um grupo de alunos da Faculdade.

A. Dias Tavares idealizou meios simples de demonstrar o fenômeno de modo a não deixar dúvidas de que as cargas elétricas têm origem realmente na mudança de estado, conforme comunicação apresentada à Academia Brasileira de Ciências, em maio do corrente ano. Provou que há uma distribuição de cargas positivas no depósito sólido do dielétrico usado, o naftaleno, e que, na fusão, o efeito consiste principal-

mente na liberação das referidas cargas. Conseguiu, ainda, determinar a carga dos dois tipos de naftois, o alfa e o beta, por métodos originais e provou que, em uma mistura de naftaleno e naftol alfa, a carga desenvolvida depende da concentração do naftol beta, podendo mesmo, com uma variação de concentração, ser invertido o seu sinal. Edson Rodrigues mediu as cargas desenvolvidas na dissolução em tolueno de cristais de naftaleno, crescidos em uma solução saturada e mostrou que tais cargas são função do tempo de vida do cristal, o que constitui assunto de um trabalho a ser publicado. Finalmente, Sérgio Mascarenhas verificou a influência do electródio sobre as cargas desenvolvidas e procura atualmente determinar a influência, no fenômeno, das impurezas iônicas. O fenômeno foi ainda verificado no açúcar, nos ácidos palmítico, esteárico e oleico. Todos se dedicam ao estudo teórico do fenômeno.

Ainda na F. N. F. o Professor J. Cristovão Cardoso, com a equipe da cadeira, especialmente bolsistas do Conselho, pesquisa o comportamento das soluções de sais de Tório, tendo em vista as suas propriedades, principalmente as eletrolíticas. A apreciação destas propriedades tem como objetivo obter esclarecimentos sobre os estados iônicos do Tório em suas soluções aquosas. Finalmente, ainda na mesma faculdade, W. Krauledat e um grupo de colaboradores realiza polarografia, especialmente a polarografia do estanho.

Agora, S. Paulo. Foi neste estado que se começou a estudar Física Moderna, com um grupo mais ou menos numeroso, pela primeira vez no Brasil. Deve-se isso a um grupo de cientistas europeus, italianos principalmente, dirigidos por G. Wataghin e G. Occhialini. Gleb Wataghin, conhecedor profundo de Física Teórica e Experimental, um grande professor que sempre estimulou os seus alunos, é um dos grandes responsáveis pelo desenvolvimento que a Física teve no Brasil. Os brasileiros começaram

a ver que era possível realmente fazer tais trabalhos aqui.

Pouco após a nova orientação teve resultados: começaram a aparecer artigos de brasileiros sobre assuntos palpitantes. Tivemos M. Schönberg com artigos sobre a teoria do eletron puntiforme (teorias clássica e quântica), vimos artigos de Saraiva de Toledo e Cintra do Prado sobre o efeito, termodielétrico e, finalmente, como trabalho de maior repercussão, tivemos Cesar Lattes produzindo artificialmente o meson, ⁽¹⁾ depois de descobrir que havia dois tipos de tais partículas.

*

Agora, o trabalho atual. Estudam-se problemas de Física atualmente na Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo e na Escola de Engenharia da mesma Universidade. Utilizam-se aparelhos aceleradores como o betatron ou o Van der Graaff, estudam-se raios cósmicos ou consideram-se problemas puramente teóricos. Em Física Teórica existe ainda um instituto independente da universidade, o Instituto de Física Teórica.

Examinemos, primeiramente em linhas gerais, o que se faz em Física Teórica. O cientista americano D. Bohm, juntamente com W. Schiller e W. Schutzer, encabeçam os trabalhos de pesquisa. O primeiro achasse interessado, principalmente, em sua formulação causal da mecânica quântica em que admite que uma partícula seja descrita por uma função de onda mas que nega o princípio de indeterminação de Heisenberg, afirmando que se podem determinar, em princípio, em uma experiência, a posição e a quantidade de movimento de uma partícula. Os desvios experimentais se atribuem ao fato de se ter sempre um grande número de partículas. W. Schultzer trabalha nesta teoria e apresentou ainda agora no simpósio de Física um trabalho que realizou com

⁽¹⁾ Veja-se *Gazeta de Física*, Vol. I, Fasc. 7, Abril 1948.

J. Tiomno sôbre uma teoria das perturbações em mecânica quântica. No Instituto de Física Teórica, finalmente, trabalha um grupo de brasileiros, P. Sérgio, os irmãos Leal Ferreira, juntamente com cientistas alemães que estudam a teoria das camadas, como pudemos constatar na última reunião de Física no Brasil.

Em Física Experimental, trabalham grupos relativamente numerosos com os grandes aparelhos aceleradores, como já o dissemos. No betatron, o único da América do Sul, M. Damy, J. Goldemberg, R. Pieroni e E. Silva, realizam estudos que têm resultado em inúmeros artigos. O grupo estudou a atividade de um isótopo do cobre, estudou a distribuição angular do bremsstrahlung do betatron, verificou a influência do arranjo geométrico, na forma da função de excitação, etc. O grupo do Van der Graaf constituído por O. Sala, P. Smith procura resolver problemas relativos ao aparelho com que trabalham bem como problemas que êle sugere. Finalmente o grupo de raios cósmicos, A. Wataghin e G. Schwachein, trabalha atualmente associado com os cientistas do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.

Na Escola Politécnica, em São Paulo, P. Ribeiro de Arruda e P. S. Santos, realizam experiências com um microscópio eletrônico. Assim, já estudaram as alterações de partículas coloidais, micro-organismos, etc., sob efeito do bombardeio eletrônico, têm produzido, com ultra-sons, partículas para exame ao microscópio, ou têm efetuado realizações puramente técnicas. P. R. Arruda, idealizou ainda, um aparelho, o polianalizador, de grande interesse didático.

Nos outros estados, pouco se faz. Pernambuco, apresenta maior probabilidade de rápido progresso, já estando no C. B. P. F. vários estudantes da Escola de Engenharia de Pernambuco estudando Física.

*

Para finalizar, falemos sôbre o maior empreendimento que se realiza em Física

pura, no Brasil: o sincrociclotron de 170 polegadas.

Em Janeiro do corrente ano, terminou a construção do sincrociclotron de 170 polegadas e 450 milhões de electron-volts, da Universidade de Chicago. Desde logo ficou comprovado que êste aparelho é o melhor do mundo, pois é o primeiro tipo em que, com menor diâmetro dos polos do imã, se consegue maior potência. Além disso, é de muito simples operação, permite adaptação a novas experiências e, principalmente, é o aperfeiçoamento dos outros ciclotrons já existentes nos Estados Unidos.

Apesar porém de todas as previsões, novas modificações se tornaram desejáveis. A incerteza, porém, sôbre o resultado e o inconveniente que trazia a paralização do aparelho já em regimen de trabalho permanente, desencorajaram os técnicos e os cientistas da Universidade de Chicago.

Desejava-se, desde logo, introduzir inovações em um modelo reduzido na escala aproximada de 1 : 8 mas também uma série de dificuldades obstava a construção deste ciclotron «baby».

Nesta época, houve a aproximação do Almirante Alvaro Alberto, presidente do Conselho Nacional de pesquisas com a Universidade de Chicago, de que resultou um convênio em que a Universidade nos cedia todos os planos e facilidades para a construção, no Brasil, de um sincrociclotron igual ao de 170 polegadas. Além disso, atendendo aos desejos dos americanos, o Conselho Nacional de Pesquisas patrocinaria a construção do modelo de 21 polegadas, em Chicago, que após 6 meses de experiências, nos seria entregue completo. Conseguiu assim, o C. N. Pq. resolver, de maneira, esplêndida o problema da construção de um grande ciclotron no Brasil, e, paralelamente, a de um pequeno, para treinamento do pessoal. Realmente, enquanto técnicos nacionais, como o comandante H. B. Lins de Barros, o Dr. Amaury Menezes e alguns outros, auxiliados por alguns técnicos americanos, se dedica à construção do ciclotron

grande, construção essa prevista para três anos, o ciclotron pequeno instalado e em funcionamento dentro de aproximadamente dez meses, estará formando novos técnicos e cientistas.

A construção do ciclotron de 170 polegadas é um empreendimento colossal que honrará a indústria nacional e elevará o nome do Brasil no seio das demais nações. Pode-se dizer que quase todo o nosso parque industrial cooperará fornecendo ou fabricando materiais especializados. E à Marinha Brasileira, possuidora das maiores má-

quinas e com amplas possibilidades, caberá a maior parte da tarefa.

Para os físicos, será um novo horizonte que lhes possibilitará novas pesquisas, para as quais o ciclotron é a principal ferramenta. O Brasil constatará o valor de trabalho desses homens que já têm, mesmo sem recursos materiais, brilhado entre as mais importantes constelações.

ADEL DA SILVEIRA

Assistente do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro

O tricentenário da experiência dos hemisférios de Magdeburgo (1654)

O momento em que Otto de Guericke demonstrou, experimentalmente, que é possível conseguir-se o vácuo, é um dos momentos culminantes da História da Humanidade. O *horror vacui* da escola aristotélica é substituído pelo *vacuum in natura datur*, do notável físico alemão. Foi em 1654 que o imperador Fernando III convidou Guericke a fazer funcionar a sua máquina pneumática publicamente. Deu-se o histórico espectáculo em Ratisbona. O hábil experimenter extraiu o ar a dois hemisférios de cobre, do mesmo raio, opostos um ao outro de modo a formarem a esfera a que pertenciam. A pressão atmosférica exterior de tal modo os apertou que só a força de oito parrelhas de cavalos, animados a poder de chicote, conseguiu separá-los com espantoso estrondo.

A experiência, que todos os estudantes conhecem por «experiência dos hemisférios de Magdeburgo» (Guericke era governador da cidade deste nome), só foi descrita três anos depois, em 1657, pelo jesuíta Schott, no seu livro *Mechanica hydraulico-pneumatica*, que a designou por *Mirabilia Magdeburgica*. Otto de Guericke só publicou os

seus trabalhos de Física em 1672, numa obra, hoje raríssima, a que deu o título de *Experimenta nova Magdeburgica*.

Em comemoração do tricentenário da famosa experiência apresentamos a tradução de dois trechos de Guericke nos quais o físico alemão descreve as suas primeiras tentativas para a obtenção do vazio.

As gravuras que acompanham os textos foram directamente fotografadas do exemplar da *Experimenta Nova* existente na Biblioteca Geral da Universidade de Coimbra.

Primeira tentativa de Otto de Guericke para conseguir o vazio (Tradução)

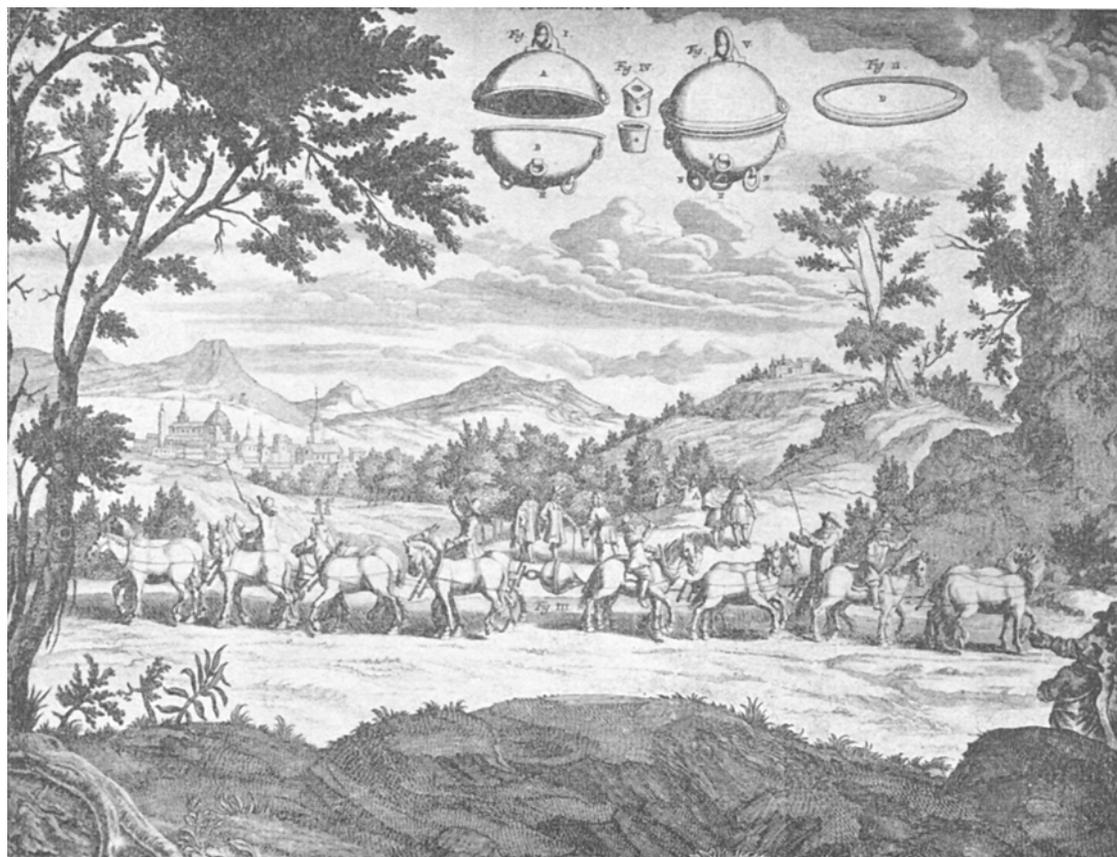
«Enquanto reflectia sobre a incomensurabilidade do espaço e considerava que ele se deve encontrar em todos os lugares, propus-me efectuar a seguinte experiência: «Pensei em encher de água um tonel de vinho ou de cerveja e em calafetá-lo tão bem que o ar exterior não pudesse penetrar nele. Introduziria depois, pela parte de baixo do tonel, um tubo metálico por meio do qual me fosse possível extrair a água. Esta, em virtude do seu peso, have-

ria de descer, e deixaria atrás de si, no interior do tonel, um espaço vazio não só de ar como de qualquer outro corpo.

«Para conseguir o resultado que desejava coloquei uma bomba impulsora, de bronze, *a*, *b*, *c* [figura superior da capa deste fas-

da água. Antes, porém, que a água obedecesse ao êmbolo, já as garras se partiam e já saltavam os parafusos de ferro que sujeitavam a bomba ao tonel.

«Apesar disto a tentativa não foi inútil. Depois de substituídos os parafusos por



Gravura extraída da obra de Guericke, *Experimenta Nova*, na qual se representa a experiência dos hemisférios de Magdeburgo

cículo], como as que se usam nos incêndios, munida de um êmbolo, *c* ou *f*, e de um tampão *g* que fechava hermêticamente de tal modo que o ar não podia entrar nem sair. Colocaram-se também, na bomba, mais duas válvulas de couro das quais a interior, *a* ou *d*, posta no fundo, servia para a entrada do ar, e a exterior, *b*, para a sua saída. Depois de fixada a bomba na parte inferior do tonel por meio de uma anilha *e* com quatro garras, procedeu-se à extracção

outros mais resistentes, conseguiu-se que três homens robustos, postos a puxar pelo êmbolo da bomba, extraíssem a água pela válvula superior *b*. Durante esta operação ouvia-se um ruído dentro do tonel como se a água estivesse a ferver violentamente e assim se manteve até que o tonel se encheu de ar que foi substituir a água retirada.

«Fosse como fosse era necessário evitar este mau resultado e, para isso, arranjei um tonel mais pequeno que introduzi num

outro maior. Atravessei o fundo de ambos com um tubo mais largo que adaptei à bomba, enchi o pequeno tonel com água, tapei-o, enchi o maior também com água e



O físico alemão Otto de Guericke, inventor da primeira máquina pneumática.

dei início ao trabalho. Desta vez conseguimos extrair o líquido que enchia o pequeno tonel e, certamente, ficaria um vazio no lugar dele.

«Quando suspendemos o trabalho, já no fim do dia, notámos, no meio do silêncio, um som desigual e entrecortado que lembrava o gorgear de um pássaro. Ouvimo-lo durante três dias inteiros.

«Ao fim deste tempo destapámos a abertura do tonel menor e vimos que estava em parte cheio de ar e o resto de água. Entre-

tanto uma parte deveria estar esvaziada pois sentimos a entrada do ar quando abrimos o tonel.

«Ficámos todos assombrados por a água ter entrado para o tonel apesar de tão bem fechado e calafetado. Concluí, depois de muitas observações, que a grande pressão da água a fizera atravessar a madeira e que essa mesma pressão, assim como o atrito desenvolvido ao passar através do tonel, teriam dado ocasião a que a água originasse uma pequena quantidade de ar (com o qual tivemos de contar nas experiências futuras). O tonel, entretanto, não poderia ficar completamente cheio de água em virtude da resistência que a madeira oferecia à passagem do líquido. Assim que a pressão deixava de se exercer, logo cessava a entrada de água e de ar. Deste modo só conseguiríamos obter um tonel meio vazio.

A obtenção do vazio (Tradução)

«Demonstrada a porosidade da madeira, quer pela observação quer pela investigação, pareceu-me que seria melhor, para conseguir os meus fins, servir-me de uma esfera de cobre (a que o Reverendo Padre Schott, no seu livro sobre a investigação de Magdeburgo, chama *Cacabus*).

«A esfera *A* [representada na figura inferior da capa deste número] podia levar 60 a 70 quartos de Magdeburgo e era fechada por meio de uma torneira *B* situada na parte superior. A bomba foi introduzida no fundo e presa a este hermêticamente. Dei então início, como nas experiências anteriores, à extracção do ar e da água.

«Ao princípio o êmbolo movia-se com grande facilidade mas não tardou a que o seu deslocamento se tornasse cada vez mais difícil a ponto de que, dois homens fortes, mal conseguiam movê-lo. Quando estavam assim ocupados a introduzir e a retirar o êmbolo, convencidos de que todo o ar já teria saído, ouviu-se inesperadamente um forte ruído e, perante a surpresa de toda a

gente, a esfera metálica amachucou-se como se fosse um pano amarrotado entre os dedos ou como se tivesse sido lançada do alto de uma torre e sofresse um violento choque.

«Penso que este resultado tenha sido devido à inexperiência dos operários que não conseguiram fabricar uma bola rigorosamente esférica. Qualquer fracção plana, estivesse onde estivesse, não poderia resistir à pressão do ar circundante, ao passo que uma esfera construída com toda a precisão poderia resistir facilmente devido ao mútuo apoio das suas partes que se sustentam reciprocamente para vencer a resistência.

«Tornou-se assim necessário que os operários fizessem uma esfera perfeitamente redonda. Dela se extraiu o ar por meio de uma bomba, de princípio com facilidade, e depois, já perto do fim da operação, com grandes dificuldades.

«Soubemos que a esfera se encontrava completamente esvaziada quando, finalmente, já não saía mais ar pela válvula superior da bomba.

«Assim obtivemos o vazio pela segunda vez.

«Ao abrir a torneira B, o ar precipitou-se para o interior da esfera de cobre com tanta força que parecia capaz de arrastar um homem, de pé, defronte dela. Aproximando

a face, a violência do ar chegava a cortar a respiração e nem se podia sustentar a



Frontispício da obra de Otto de Guericke, *Experimenta Nova Magdeburgica*, publicada em 1672

mão por cima da torneira sem o risco de ser arrastada violentamente para dentro.

PONTOS DE EXAME

EXAMES DO ENSINO MÉDIO (FÍSICA)

Pontos de admissão à Escola Nacional de Engenharia do Rio de Janeiro (Brasil) — 1950

188 — 1ª questão: A câmara de um barômetro, de secção 1 cm^2 , contém um pouco de ar. Num certo dia, quando a temperatura é de 10° C e a pressão atmosférica é de 760 mm Hg , o mercúrio deste barômetro eleva-se até 730 mm e o comprimento da coluna de ar é de 27 cm . Num outro dia, quando a temperatura é de 30° C , o mercúrio deste barômetro baixa a 680 mm . Pede-se a altura barométrica que corres-

ponde à verdadeira pressão atmosférica neste segundo caso. (Desprezam-se as dilatações do mercúrio e do vidro).

R: Sejam $p_1 = 760 - 730 = 30 \text{ mm de Hg}$ e $v_1 = 270 \text{ mm}^3$, respectivamente a pressão e o volume do ar na câmara barométrica no primeiro caso; e x e $v_2 = 270 + (730 - 680) = 320 \text{ mm}^3$, respectivamente a pressão e o volume desse mesmo ar no segundo caso. As temperaturas absolutas em jogo são $T_1 = 273 + 10 = 283$ e $T_2 = 273 + 30 = 303$. Ora: $p_1 v_1 / T_1 = p_2 v_2 / T_2$.

Substituindo os valores e efectuando as operações: $x = 27,1$ mm de Hg. A leitura real será, portanto: $680 + 27,1 = 707,1$ mm de Hg.

189 — 2.^a questão: Um projectil de peso $p = 30$ g, com velocidade horizontal de $v = 540$ m/s, atravessa uma placa de madeira de espessura de 15 cm. A resistência que a madeira opõe ao movimento do projectil é equivalente a uma força constante de 500 kg em toda a espessura atravessada. Pergunta-se com que velocidade sai o projectil da madeira, em m/s, tendo em vista o trabalho gasto para atravessar a placa. $g = 9,8$ m/s².

R: Massa do projectil: $m = 30:9800 = 0,0030612$ u. m. m.

A energia com que o projectil atinge a placa de madeira é a seguinte:

$$E_1 = \frac{mv^2}{2} = \frac{0,0030612 \times 540^2}{2} = 446,32296 \text{ Kgm}$$

Energia perdida pelo projectil ao atravessar a placa: $E_2 = f \cdot l = 75$ kgm.

Energia com que sai o projectil após a travessia da placa: $E = E_1 - E_2 = 371,32296$ kgm.

A velocidade procurada é portanto:

$$V = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 492,5 \text{ m/s}$$

190 — 3.^a questão: Dois fios r e r' , exactamente idênticos, um de prata e outro de platina, são ligados em série. Sabe-se que a resistividade da platina é de 9 microohms — cm e a da prata 1,5 microohms — cm. Pede-se: 1) A relação entre as quantidades de calor desenvolvidas em cada fio. 2) A relação correspondente no caso de um circuito em que tais fios ficassem dispostos em derivação.

R: a) Ora, a relação entre as quantidades de calor é a mesma entre as energias:

$$\begin{aligned} Q_1/Q_2 &= E_1/E_2 = R_1 I^2 t / R_2 I^2 t \\ Q_1/Q_2 &= R_1/R_2 = \rho_1/\rho_2 = 0,166 \dots \end{aligned}$$

b) como os circuitos estão agora em derivação:

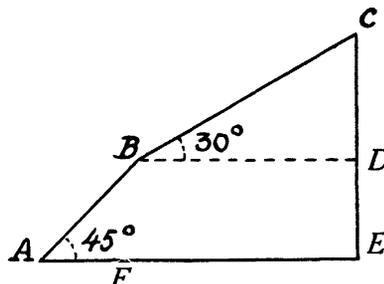
$$\begin{aligned} Q_1/Q_2 &= R_1(E/R_1)^2 t : R_2(E/R_2)^2 t \\ Q_1/Q_2 &= R_2/R_1 = \rho_1/\rho_2 = 6 \end{aligned}$$

(Soluções de JAURES FEGHALI)

Pontos de admissão à Escola Nacional de Engenharia do Rio de Janeiro (Brasil) — 1951

191 — 1.^a questão: Um vagão pesando 5 t é puxado por certa máquina com velocidade constante igual a 0,4 m/s sobre uma rampa de 45 m de comprimento

e inclinação de 45° e em seguida puxado sobre outra rampa de 40 m de comprimento e inclinação de 30°. Pergunta-se qual o trabalho realizado (em kgm) e qual a potência desenvolvida pela máquina em cada trecho (em CV). Supõe-se não haver resistências passivas. Dados: $\text{sen } 30^\circ = 0,5000$; $\text{sen } 45^\circ = 0,7071$.



R: a) Trabalho realizado — Como durante o percurso ABC, a velocidade é constante o trabalho realizado é igual à variação da energia potencial: $\tau = P \cdot \overline{CE}$; mas $\overline{DE} = \overline{BF} = \overline{AB} \text{ sen } 45^\circ = 31,82$ m; $\overline{CD} = \overline{BC} \text{ sen } 30^\circ = 20$ m donde $\overline{CE} = \overline{CD} + \overline{DE} = 51,82$ m. Substituindo na expressão de τ , vem: $\tau = 5000 \cdot 51,82 = 259100$ kgm.

Potência no trecho AB — O trabalho realizado no trecho AB é: $\tau_1 = P \cdot \overline{DE}$; mas $\overline{BF} = \overline{DE} = 31,82$ m donde $\tau_1 = 5000 \cdot 31,82 = 159100$ kgm.

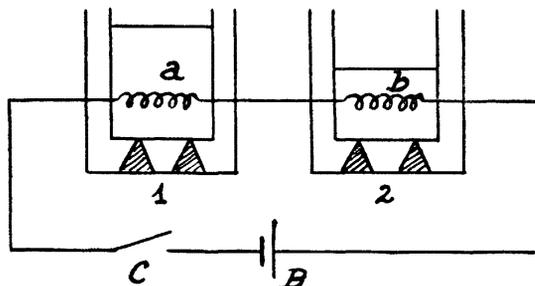
O tempo gasto no percurso é: $t = e/v = \overline{AB} / V = 112,5$ s.

A potência é: $W = \tau_1/t = 1414,2$ kgm/s. Como 1 CV = 75 kgm/s, temos 1 kgm/s = 1/75 CV. Logo: $W = 1414,2/75$ CV.

Analogamente acha-se para o percurso \overline{BC} .

(Por lapso falta na figura anterior o segmento BF).

192 — 2.^a questão: Dois calorímetros 1 e 2 contêm cada um em seus interiores uma espiral de cobre, a e b, idênticas e ligadas a um gerador eléctrico conforme



a figura indica. Liga-se a chave C durante certo tempo e observa-se que no calorímetro 1, que contém 94,40 g de água, há um aumento de temperatura de 3,17° C, enquanto que no calorímetro 2, contendo 80,34 g de certo líquido, foi observado um aumento de temperatura de 15° F.

Sabendo-se que o equivalente em água de cada calorímetro completamente equipado é de 2,10 g, pode-se calcular o calor específico da substância contida no calorímetro 2.

R: As resistências de cobre são iguais e percorridas pela mesma corrente durante o mesmo tempo. As quantidades de calor desenvolvidas nas duas resistências são iguais, pois: $Q = 0,24 i^2 R t$.

Calorímetro 1:

Equivalente em água. 2,10 g

Quantidade de água. 94,40 g

Equivalente total. $E = 2,10 + 94,40 = 96,50$ g

Quantidade de calor recebida: $Q = E\Delta t$

Varição de temperatura: $\Delta t = 3,17^\circ C$. Donde $Q = 96,50 \times 3,17$ cal.

Calorímetro 2:

Equivalente em água: 2,10 g

Equiv. do líquido: 80,34 C } $C = \text{Cal/g}^\circ C$ — Calor

Equiv. total: $E = 2,10 + 80,34$ C } específico do corpo

Varição de temperatura: $\Delta t = 15^\circ F$.

Devemos transformar esta variação em $^\circ C$. A variação de 0 a $100^\circ C$ corresponde à variação de $212 - 32 = 180^\circ F$. A variação de $x^\circ C$ corresponde à variação de $15^\circ F$. Donde $x = 100 \times 15 / 180 = 8,33^\circ C$

Quantidade de calor

$$Q = E\Delta t = (2,10 + 80,34 C) 8,33$$

Comparando: $(2,10 + 80,34 C) 8,33 = 96,50 \cdot 3,17$ que fornece o valor de C.

193 — 3.ª questão: Dois geradores de corrente contínua são associados em tensão e apresentam uma diferença de potencial constante de 100 volts. Os polos livres A e E e o polo comum D são ligados a recep-

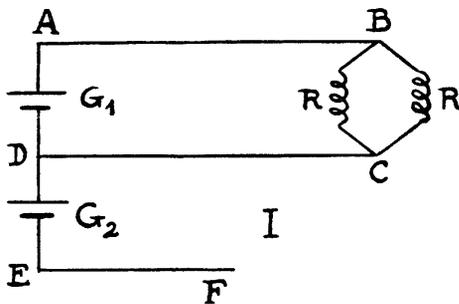


Fig. 1

tores pelos fios AB, DC e EF tendo cada um desses fios uma resistência de 10 ohms. Intercalam-se duas resistências entre BC, primeiramente em derivação, (fig. 1) e, em seguida, em série (fig. 2). Supondo-se

que as duas resistências tenham um valor constante de 100 ohms, calcule-se para cada circuito:

1.º — As intensidades de corrente nos fios (a) e em cada resistência (b).

2.º — As quantidades de calor desenvolvidas em uma hora nas resistências.

3.º — A massa de água que seria formada em uma hora se as resistências fossem imersas em gelo.

4.º — A potência total desenvolvida no conjunto

Nota — Calor latente de fusão do gelo: 80 calorias/g.

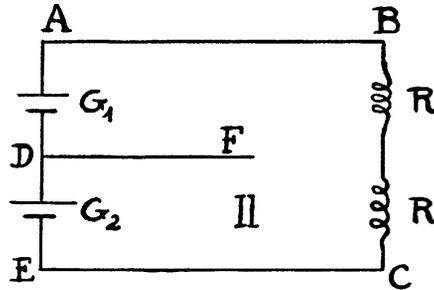


Fig. 2

R: Circuito I — O trecho DEF na 1ª hipótese não funciona no circuito; podemos então desprezá-lo.

Resistência equivalente a BC: igual a 50 Ω porque $1/R_{BC} = 1/100 + 1/100$.

Resistência total do circuito:

$$R = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} = 10 + 10 + 50 = 70 \Omega;$$

F.E.M. $E = 100$ V.

Intensidade total: $i = E/R = 10/7$ A

Trecho BC: As resistências em paralelo (100 Ω) são iguais; logo a corrente em cada resistência é:

$$i' = i/2 = 5/7 \text{ A}$$

Quantidades de calor: Resistências AB e DC $R = 10 \Omega$ $I = 10/7$ A :: $Q = 0,24 (10/7)^2 \cdot 100 \cdot 3600$ cal.

Resistências de 100 Ω (BC): $Q = 0,24 (5/7)^2 \cdot 100 \cdot 3600$ cal.

Massa de gelo fundida: $Q = 80 \cdot M$ donde $M = Q/80$ Os valores de Q a usar são aqueles calculados acima. Potência desenvolvida no circuito: $W = Ei$ donde $W = 1000/7$ W.

Circuito II — Feito análogamente, observando que:

Força electromotriz $E = 100 + 100 = 200$ V

Resistência em BC: $R_{BC} = 100 + 100 = 200 \Omega$ (série)

O trecho DF não funciona: $R = 10 + 10 + 100 + 100 = 220 \Omega$.

$$i = E/R = 10/11 \text{ A}$$

Os demais cálculos são análogos aos do circuito anterior.

EXAMES UNIVERSITÁRIOS (FÍSICA)

Universidade de Lisboa — Faculdade de Ciências — Curso Geral de Física — 1.º Exame de frequência — 1952-53.

Ponto n.º 3

326 — a) Classificação de forças. b) Enuncie e demonstre o teorema dos trabalhos virtuais. c) Atrito de rolamento e escorregamento.

327 — a) Erros nas medições indirectas; média pesada. b) Compensação da escala de um barómetro. c) Equação de Laplace e seu estabelecimento.

328 — Para mudar de eixo de rotação de um corpo mantendo-lhe velocidade angular com módulo constante, consomem-se 1000 J, e verifica-se a variação de momento cinético do corpo em relação aos eixos de rotação de 10,00 kg·m²/s. Calcule o módulo da velocidade angular.

R: Tem-se que

$$(a) \begin{cases} W_1 = \frac{1}{2} I_1 \omega^2 \\ W_2 = \frac{1}{2} I_2 \omega^2 \end{cases} \quad (b) \begin{cases} M_1 = I_1 \omega \\ M_2 = I_2 \omega \end{cases}$$

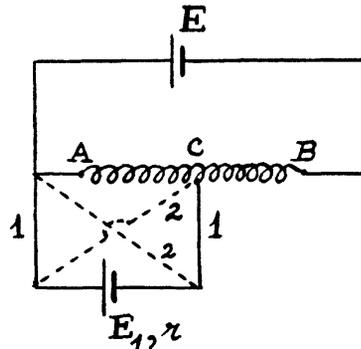
aonde W_1 e W_2 representam as energias cinéticas de rotação de velocidade angular ω do corpo em relação aos eixos 1 e 2; M_1 , M_2 e I_1 , I_2 os seus momentos cinéticos e de inércia em relação aos mesmos eixos. De (a) tira-se que $W_2 - W_1 = \omega^2 (I_2 - I_1)/2$ e de (b) $M_2 = M_1 = (I_2 - I_1) \omega$. Substituindo valores vem $\omega = 200 \text{ s}^{-1}$.

(Resolução de Glaphyra Vieira)

Universidade de Coimbra — Faculdade de Ciências — Exame de frequência da cadeira de Electricidade em 20 de Março de 1953

329 — 1 - a) No circuito da figura, o gerador de f. e. m. E tem resistência interior desprezível, e a resistência AC é igual à resistência CE e igual a 50 ohms. Para as ligações 1, não passa corrente através de E_1 e a intensidade através de E é de 27 mA. Para as ligações 2, a intensidade através de E é de

77 mA. Determinar a f. e. m. e a resistência do interior do gerador E_1 .



330 — 1 - b) Qual a relação entre o ampere e a unidade de intensidade de corrente num sistema electromagnético cujas unidades fundamentais fossem as do sistema M. K. S.? Justificar a resposta.

331 — 1 - c) Através de circuitos independentes iniciam-se simultaneamente as descargas de dois condensadores iguais e que têm, no instante inicial, a mesma carga: um deles descarrega através da resistência R_1 , o outro através da resistência R_2 . Provar que há um instante em que, num e noutro circuito, a intensidade da corrente passa pelo mesmo valor, e que, nesse instante, as cargas têm uma relação igual à das resistências dos respectivos circuitos.

332 — 2 - a) Considerando o campo magnético produzido por um dipolo elementar em pontos duma mesma linha OA que passa pelo ponto O onde se encontra localizado o dipolo, provar que a sua intensidade é inversamente proporcional ao cubo da distância a O , e que a direcção, a mesma para todos os pontos de OA que estiverem para um mesmo lado de O , forma com a linha OA um ângulo α que tem a seguinte relação com o ângulo θ determinado por esta linha e pela direcção do momento magnético: $\cotg \alpha = 2 \cotg \theta$.

333 — 2 - b) Dois condensadores de capacidades C_1 e C_2 e cargas iniciais Q_1 e Q_2 , respectivamente, são ligados em série através duma resistência R . Determinar as cargas em cada instante, e a energia consumida em R até se estabelecer o equilíbrio.

334 — 3 — Na descarga oscilatória dum condensador de capacidade C através duma resistência e duma inducência L , considerem-se dois instantes

sucessivos t_1 e t'_1 , dentre aqueles em que passa por um máximo a energia, W_L , associada à inducência. Provar que entre a perda desta energia $W_L(t_1) - W_L(t'_1)$, verificada entre os instantes considerados, e a perda de energia do condensador ocorrida no mesmo intervalo, existe a relação $[W_C(t_1) - W_C(t'_1)]$: $:[W_L(t_1) - W_L(t'_1)] = 1(1 - \omega^2 LC)$ em que ω designa, como habitualmente, a frequência angular da descarga.

Universidade de Coimbra — Faculdade de Ciências — Exame de Mecânica Física — (2.ª chamada) — 16 de Março de 1953

335 — I — a) Definir o vector aceleração e deduzir as expressões da aceleração tangencial e da aceleração normal.

336 — I — b) Descrever o princípio do método em que se baseiam os sincrotões. Supõe-se conhecido o princípio do ciclotrão.

337 — II — Um corpo material em repouso parte do cimo de um plano inclinado e desliza por ele sendo o coeficiente de atrito cinético igual a 0,4. *a)* Determinar a sua inclinação sabendo que se o corpo material entra em seguida num plano horizontal, o caminho percorrido é duas vezes a altura do plano

inclinado. *b)* Supondo que o corpo material após percorrer o plano inclinado referido na alínea anterior entra num outro de igual inclinação e coeficiente de atrito, calcular a altura a que o móvel sobe no segundo plano.

338 — III — Considerando dois projecteis que são lançados do mesmo ponto, na mesma direcção e com a mesma velocidade em instantes diferentes, provar que a distância entre eles atinge um mínimo quando passam em pontos simétricos em relação ao vértice da trajectória; e que, se o segundo é lançado no instante em que o primeiro atinge o ponto mais alto, aquela distância mínima é metade do alcance da trajectória de que se trata.

339 — IV — Um grave é lançado para o ar, de baixo para cima, com uma velocidade inicial v_0 por forma a atingir o ponto mais alto duma torre. No mesmo instante em que este grave é lançado do solo deixa-se cair do cimo da torre, sem velocidade inicial, um grave idêntico ao anterior. Supondo que a resistência do ar é proporcional ao quadrado da velocidade, determinar: *a)* a altura da torre; *b)* a relação entre as velocidades dos dois graves no instante em que passam um pelo outro; *c)* a relação, entre as velocidades máximas atingidas pelos graves.

PONTOS DE EXAME

EXAMES DO ENSINO MÉDIO (QUÍMICA)

Ensino Liceal — Ano de 1953 — Exame do 3.º ciclo — Prova escrita de Ciências Físico-Químicas

1ª chamada

141 — a) Defina *peso atómico* de um elemento.
b) A que elemento é aplicável a lei de Dulong e Petit para a determinação de pesos atómicos?
c) Enuncie essa lei.
d) Os valores obtidos por aplicação da lei de Dulong e Petit são simplesmente aproximados. Como se corrigem?

142 — O número atómico do cloro é 17. Um dos isótopos tem o número de massa 35 e outro, o número de massa 37.

a) Na estrutura dos dois isótopos o que há de igual e o que há de diferente?

b) Para que um átomo de cloro se ionize, que modificação sofre a sua estrutura?

c) Que relação tem essa modificação com a estrutura do gás nobre (argo) vizinho dele no quadro periódico de Mendeleieff?

d) Que grupo ocupa o cloro neste quadro?

143 — Dos sais que se indicam a seguir — sulfato de cobre, acetato de sódio, carbonato de potássio, cloreto de amónio e oleato de sódio — uns apresentam, em solução aquosa, reacção ácida e outros, reacção, básica.

a) Quais são os de reacção ácida?

b) Que nome tem o fenómeno que dá origem a essa reacção?

c) Dê explicação desse fenómeno à luz da teoria iónica para o caso do sulfato de cobre.

144 — a) Em que consiste a fermentação alcoólica da glicose?

b) Traduza o fenómeno por uma equação química.

c) Calcule o volume de etanol (densidade 0,8) que se poderia obter a partir de 900 g de glicose, se o

rendimento da transformação fosse de 70 %. ($O = 16$; $H = 1$; $C = 12$).

d) Como explica que o etanol possa ser obtido a partir de cereais?

R: A equação $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_6O + 2CO_2$ mostra que 180 g de glicose produziram, com o rendimento de 100 %, 2×46 g de álcool. Com o rendimento de 70 % produzem $0,70 \times 2 \times 46 = 64,4$ g. Logo $180 : 64,4 :: 900 : m$, o que dá $m = 322$ g. Esta massa corresponde ao volume $v = m : \mu = 322 : 0,8 = 402,5$ cm³.

2.^a chamada

145 — Achou-se para valor da densidade de um hidrocarboneto gasoso em relação ao ar o número 2,1. A fórmula empírica deste composto é C_2H_5 .

a) Calcule a percentagem de carbono no composto; ($H = 1$, $C = 12$);

b) Determine a sua fórmula molecular;

c) Enuncie a lei em que se baseia o método que aplicou à determinação que acaba de fazer;

d) Por que se revelou inaplicável este método à determinação do peso molecular do cloreto de amónio?

R: a) No peso $C_2H_5 = 29$ figura o peso $2C = 24$. A percentagem x de carbono, será dada por $29 : 24 :: 100 : x$. Donde se tira $x = 82,7$ %. b) Cálculo do peso molecular: $M = 28,9 \delta = 28,9 \times 2,1 = 60,7$ g. Como $C_2H_5 = 29$, a fórmula molecular será $C_4H_{10} = 58$.

146 — O polónio dá, por emissão α , origem a um isótopo de chumbo. O número atómico do polónio é 84.

a) Que valor terá então o número atómico daquele isótopo?

b) Justifique a resposta à alínea precedente.

c) Quantos electrões apresenta a camada externa do átomo do polónio?

d) A qual das famílias de elementos radioactivos pertence o polónio?

147 — Uma solução normal de ácido acético e uma solução normal de ácido clorídrico têm a mesma acidez total mas não têm a mesma acidez actual.

a) Como explica este facto?

b) Qual das duas soluções indicadas tem maior acidez actual?

c) E qual delas tem maior valor de pH ?

d) Corno define esta grandeza?

148 — a) Como se prepara o metano no laboratório?

b) Traduza a reacção por uma equação química;

c) A que série de hidrocarbonetos pertence o metano e qual é a fórmula geral desses hidrocarbonetos?

d) Escreva a fórmula de estrutura do derivado triclorado do metano e diga por que nome é geralmente conhecido.

Exames de aptidão para frequência da licenciatura em Ciências Geológicas e Ciências Biológicas — Ano de 1953

Ponto n.º 1

149 — I - a) Enunciar a lei das proporções definidas (Proust).

b) Um composto puro de chumbo foi reduzido a chumbo metálico por dois processos: 1.º 0,331 g foram reduzidos por meio de hidrogénio e obtiveram-se 0,207 g de chumbo; 2.º 0,44 g do composto, dissolvidos em água, deram por electrólise 0,275 g de chumbo.

Estes resultados experimentais estão de acordo com a lei?

R: Para estarem de acordo com a lei é necessário que $0,331 : 0,207 :: 0,44 : 0,275$, ou seja, que $0,331 \times 0,275 = 0,44 \times 0,207$. Como o primeiro membro dá 0,091 e o segundo membro, 0,091, deveremos responder à pergunta afirmativamente.

150 — I - c) Escrever as fórmulas das seguintes substâncias: ácido sulfídrico, oxigénio, água, sulfato ferroso, ácido sulfúrico, sulfato férrico, permanganato de potássio, ácido clorídrico, cloreto de metilo e cloro.

151 — II a) Definir peso atómico.

b) Os óxidos de dois metais contêm, respectivamente, 12,5 por cento e 30,0 por cento de oxigénio. Os calores específicos dos metais são, respectivamente, 0,0567 e 0,114. Calcular os pesos atómicos, exactos, dos metais.

R: A lei de Dulong e Petit dá os valores aproximados dos pesos atómicos dos dois metais: $A_1 = 6,4 : 0,0567 = 113$ e $A_2 = 6,4 \times 0,114 = 56$. Cálculo dos números proporcionais N_1 e N_2 dos metais. Para o primeiro vem $12,5 : (100 - 12,5) :: 8 : N_1$ o que dá $N_1 = 56$; para o segundo, vem $30,0 : (100 - 30,0) :: 8 : N_2$, o que dá $N_2 = 18,7$. Comparando N_1 e N_2 com A_1 e A_2 , conclui-se que os valores corrigidos dos pesos atómicos dos dois metais, são, respectivamente, 112 e 56.

152 — II - c) 0,112 g duma substância orgânica deram por combustão 22,0 ml de azote medidos a 15° C e 770 mm. Qual é a percentagem do azote no composto?

R: Redução do volume 22,0 ml às condições normais de pressão e de temperatura. Da equação

$p_v/p_{0v_0} = T/273$ tira-se $v_0 = 273 p_v/p_0T = 273 \times \times 770 \times 22,0/760 (15 + 273) = 21,1$ ml. Cálculo da percentagem (volumétrica) de azoto: $0,112 : 21,1$ ml :: $100 : v$, o que dá, aproximadamente, 18,9 litros por 100 g da substância.

Exames de aptidão para frequência das licenciaturas em Ciências Matemáticas, Ciências Físico-Químicas e Ciências Geofísicas, preparatórios para as escolas militares e curso de engenheiros geógrafos — Ano de 1953

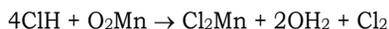
Ponto n.º 1

153 — 620 mg dum gás ocupam, nas condições normais de temperatura e pressão, 175 cm³. Calcule o peso molecular do gás.

R: Sabendo que a molécula-grama no estado gasoso e nas condições normais ocupa 22.400 cm³, o peso molecular P será dado por $0,620 : 175 :: P : 22.400$, o que dá $P = 79,3$.

154 — Quantos litros de cloro, medidos nas condições normais, se obtêm quando se fazem reagir 20 g de ácido clorídrico com um excesso de bióxido de manganésio. (Cl = 35,5; H = 1).

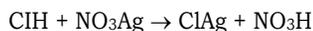
R: A equação química



mostra que o peso $4\text{ClH} = 146$ produz o volume $\text{Cl}_2 = 22,4$ dm³ medidos nas condições normais. O volume v pedido será dado por $146 : 22,4 :: 20 : v$, o que dá $v = 3$ dm³.

155 — Calcule a normalidade duma solução de ácido clorídrico, sabendo que 50 cm³ desta solução produzem 0,4275 g de cloreto de prata, quando tratados com um ligeiro excesso de nitrato de prata. (Ag = 107,9).

R: A equação química



mostra que o peso $\text{ClH} = 36,5$ precipita o peso $\text{ClAg} = 143,4$. O peso p de ácido clorídrico que precipita 0,4275 g de prata será dado por $36,5 : 143,4 :: p : 0,4275$, o que dá $p = 0,109$ g. O factor de normalidade f da solução de ácido clorídrico poderá ser dado pela equação $p = fve$. Virá $f = p/ve = 0,109/0,050 \times \times 36,5 = 0,06$.

156 — Escreva a equação que traduz a hidrólise do carbonato de potássio.

157 — Escreva a fórmula de estrutura do álcool ordinário.

158 — Escreva as fórmulas dos seguintes compostos: sulfureto de bismuto, bicarbonato de cálcio e cloreto de etilo.

(Resoluções de Rómulo de Carvalho)

EXAMES UNIVERSITÁRIOS (QUÍMICA)

Universidade de Lisboa — Faculdade de Ciências — 1.º exame de frequência de Química Orgânica (1.ª chamada) — Janeiro de 1953.

161 — Uma substância orgânica A, cuja densidade de vapor em relação ao ar é 3,42 e cuja composição centesimal é: 24,24% de carbono, 4,04% de hidrogénio e 71,72% de cloro, reage com um soluto aquoso de potassa, para se transformar numa outra substância B. A quantidade de B, obtida a partir de 0,198 g de A, é submetida a uma oxidação enérgica, transformando-se numa substância C, com propriedades ácidas, que exige, para neutralização completa 20 cm³ de soda cáustica N/5. Indicar as fórmulas e nomes racionais de A, B e C.

R: A → ClCH₂CH₂Cl — dicloro-etano — 1,2

B → CH₂OHCH₂OH — etanodiol — 1,2

C → COOHCOOH — etanodioico

162 — (2.ª chamada) — Pela acção do pentacloreto de fósforo sobre um ácido orgânico A, obteve-se uma substância B, que contém 38,9% de carbono, 5,4% de hidrogénio e 38,4% de cloro. A substância B, reagindo com um sal alcalino do ácido A, originou a formação de uma substância C, de peso molecular 130. Indicar as fórmulas e nomes racionais de A, B e C.

R: A → CH₃CH₂COOH — propanoico

B → CH₃CH₂COCl — cloreto de propanoilo

C → CH₃CH₂CO $\begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \end{matrix}$ — anidrido
 Propiónico ou propanoilo-oxi-propanoilo

(Resoluções de MARIETA DA SILVEIRA)

Noticiário

Elementos de números atômicos 99 e 100

Os novos elementos 99 e 100 foram criados bombardeando, em determinadas condições, o elemento plutônio com neutrões. Esses elementos foram identificados pelos cientistas nucleares B. G. Harvey, S. G. Thompson, A. Ghiorso e G. R. Chopin, todos da Universidade de Berkeley. O elemento 99 obtido inicialmente no ciclotrão, por bombardeamento de urânio com núcleos de azoto, tem a vida média de cerca de um mês. Nas presentes experiências o plutônio 239 foi bombardeado com neutrões, formando-se o elemento 98 (califórnio) que se transforma no elemento 99. Pela acção de neutrões este elemento transforma-se no elemento de número atômico 100, de vida média cerca de três horas.

Simpósio de contadores de cintilações

Em Janeiro de 1954 realizou-se em Washington um simpósio sobre contadores de cintilações. Este simpósio dividiu-se em quatro partes: espectrometria de contadores de cintilações; fotomultiplicadores; aplicações gerais; estudo de raios cósmicos e de partículas de energia elevada, utilizando contadores de cintilações.

Este simpósio foi dirigido pelo Instituto Americano de Engenheiros Electrotécnicos, pelo Instituto de Engenheiros Radiotécnicos, pela Comissão de Energia Atômica e pelo *National Bureau of Standards*.

Novas aplicações dos plásticos em cirurgia

Em cirurgia, utilizam-se muito certos materiais plásticos, designadamente na prótese. Conseguiram-se recentemente aplicações de plásticos não só para órgãos externos como para o interior do organismo.

No hospital naval de Bethesda (E. U.) fabricaram-se olhos que não se distinguem dos naturais e que podem realizar pequenos movimentos. No hospital de Walter Reed (Washington) fabricaram-se mãos que dificilmente se distinguem das mãos naturais e que também podem executar determinados movimentos.

Aplicam-se ainda plásticos para coser incisões feitas no corpo.

Procura-se actualmente obter materiais que passado algum tempo sejam absorvidos pelo organismo. Em operações de coração têm-se utilizado substâncias plásticas para substituir as válvulas do coração por outras artificiais. Estuda-se também a substituição de um rim doente por outro artificial.

Trítio na atmosfera

Mediu-se a quantidade de trítio na atmosfera a partir do hidrogénio molecular do ar e da água da chuva e verificou-se que parece existir cerca de mil vezes mais trítio na atmosfera do que na água. Os cientistas que colaboraram neste trabalho (Universidade de Temple e da Colúmbia) pensam que este caso é o único em que na natureza há tão grande variação nas razões isotópicas.

Velocidade das ondas electromagnéticas no vácuo

Baseada num trabalho apresentado pelo cientista britânico Dr. L. Essen, a décima assembleia geral da União Científica Internacional de Rádio (U. R. S. I), reunida em Sidney (Austrália) adoptou a seguinte resolução: Como resultado das investigações realizadas ultimamente por métodos diferentes, recomenda-se que em todos os trabalhos científicos seja adoptado para a velocidade das ondas electromagnéticas no vácuo o seguinte valor:

$$299792 \pm 2 \text{ km/s}$$

Câmara fotográfica ultra-rápida

O pessoal do Laboratório Científico de Los Alamos (New Mexico, U. S. A.) construiu uma câmara capaz de fotografar um fenómeno explosivo, pois pode registar 3.500.000 vezes por segundo, isto é, a câmara é 150.000 vezes mais rápida que a empregada em cinematografia.

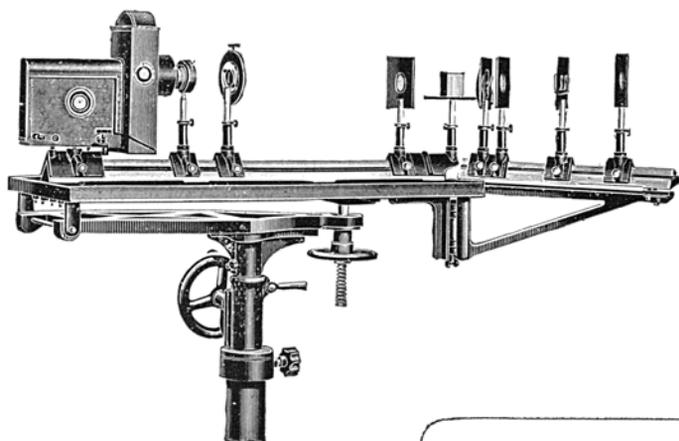
O elemento que possibilita tal velocidade é um pequeno e delgado espelho de face dupla que gira com 10.000 revoluções por segundo. Tanto o obturador como o sistema óptico diferem dos empregados correntemente.

Tábua de isótopos

J. M. Hollander, I. Perlman e G. T. Seaborg, publicaram na «Review of Modern Physics» (Lancaster, Pa., e New York, NY, USA, xxv, 2, abril de 1953, páginas 469-651) uma lista completa de todos os isótopos radioactivos e estáveis dos elementos químicos, com uma explicação do método seguido, os valores de identificação, abundância, vida média, energia de radiação em Mev, energia de desintegração, etc., dados que serão de grande utilidade para os interessados em Física Nuclear.

SPINDLER e HOYER KG

Mecânica de precisão e óptica



APARELHAGEM PARA
DEMONSTRAÇÕES DE ME-
CÂNICA, ELECTRICIDADE,
ÓPTICA E ACÚSTICA

VISCOSÍMETRO
DENSÍMETRO
MEDIDOR DE BRANCURA
SISMÓGRAFO

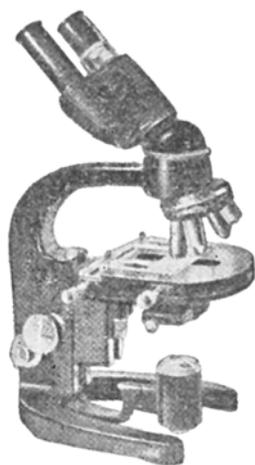
BANCA DE ÓPTICA

Com barra corrediça triangular
de 1 m. Própria para demon-
strações de nível universitário

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS em PORTUGAL e COLÓNIAS

EQUIPAMENTOS DE LABORATÓRIO, LDA.

RUA NOVA DO ALMADA, 46 - LISBOA
TELEF. 29879-24495



WILD
HEERBRUGG

MICROSCOPIOS MODERNOS
FABRICAÇÃO SUIÇA
MÁXIMA PRECISÃO
MANIPULAÇÃO FÁCIL
DISPOSIÇÃO CÓMODA

CATÁLOGOS, LITERATURA, REFERÊNCIAS E PREÇOS NOS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

PIMENTEL & CASQUILHO, LDA

RUA DO JARDIM DO REGEDOR, 24-2.º, TELEF. 24314 - LISBOA

A SHELL

*põe à disposição dos Estabelecimentos de Ensino,
Unidades Militares, Organismos Corporativos,
Agremiações Culturais ou Regionais, etc.,
os seus*

SERVIÇOS CINEMATOGRÁFICOS

filmes sobre :

- ★ AGRICULTURA
- ★ AVIAÇÃO
- ★ MOTORES
- ★ PETRÓLEO
- ★ e de interesse geral

*120 filmes produzidos pela Shell Film Unit e que
constituem além de precioso auxiliar didático um
interessante e agradável meio de divulgação cientí-
fica, técnica e cultural.*



SHELL PORTUGUESA, S. A. R. L.