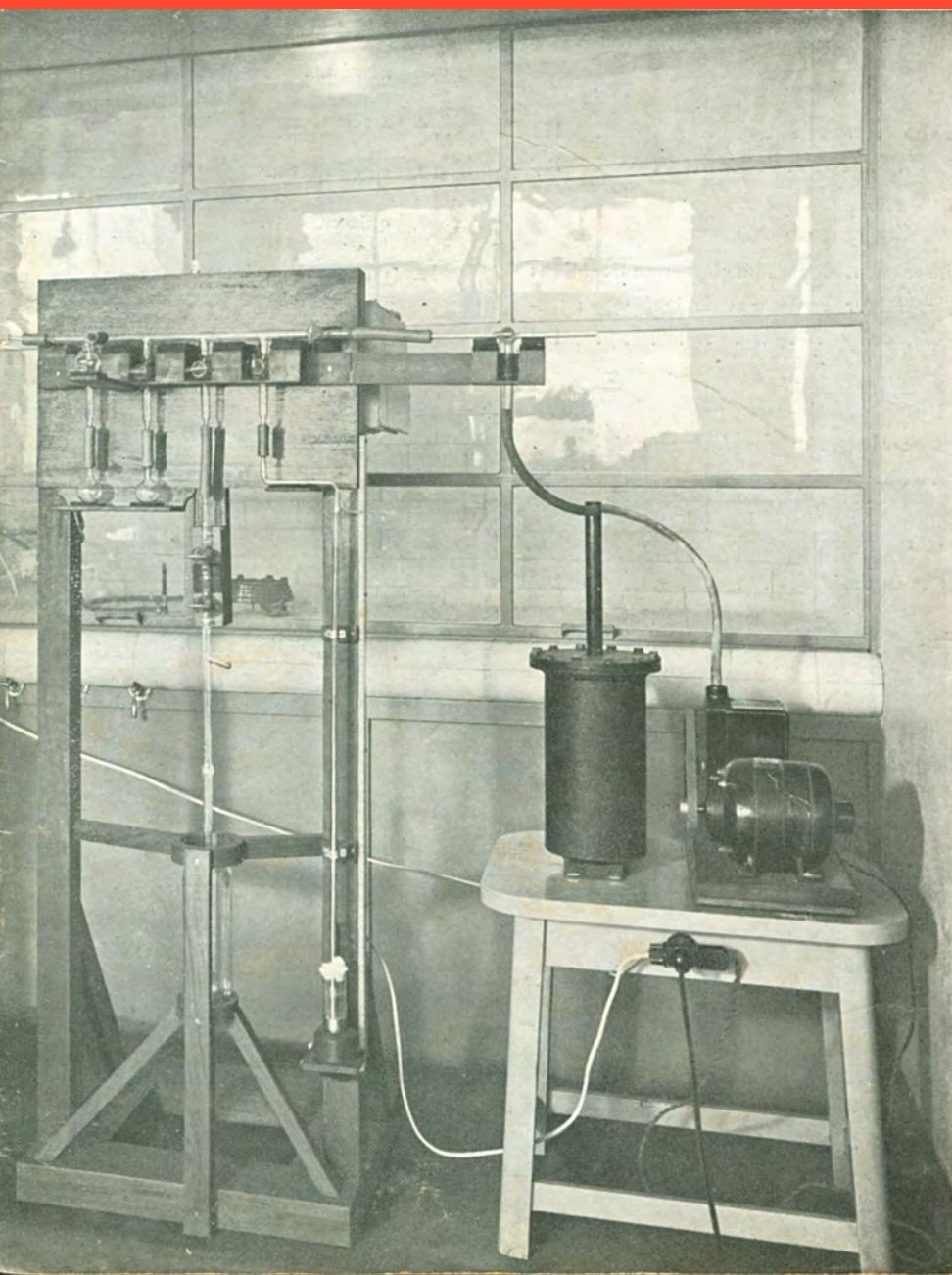


GAZETA DE FISICA

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

VOL. II, FASC. 7
JANEIRO, 1952



*Instalação para enchimento
de contadores de Geiger,
existente no Laboratório de
Física da F. C. L.*

GAZETA DE FÍSICA

Vol. II, Fasc. 7

Janeiro de 1952

SUMÁRIO

2. Questões de Ensino

A escolha de uma profissão, por <i>A. Gibert</i>	169
Questões liceais, por <i>Joaquim S. M. G. Calado</i>	170

3. Pontos de Exames

Exames de ensino médio	171
Exames universitários	172

7. Física nuclear

Comparação entre instrumentos para medições radioactivas de contadores de Geiger e câmaras de ionização; tradução de <i>Libano Monteiro</i>	174
---	-----

10. Secção livre

Bases físicas da electrocardiografia, por <i>J. Araujo Moreira</i>	183
--	-----

11. Química

Pontos de exames de ensino médio.	193
---	-----

12. Informações várias

191

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

SECÇÕES

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

DIRECÇÃO

Jaime Xavier de licito
Rómulo de Carvalho
Armando Gibert
Lídia Salgueiro

TESOUREIRO

José V. Gomes Ferreira

SECRETÁRIOS

Maria Augusta Pérez Fernández
Ramiro Libano Monteiro

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

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

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

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

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

2. QUESTÕES DE ENSINO

A ESCOLHA DE UMA PROFISSÃO

Conversando há dias com uma jovem aluna, salvo erro a que melhor classificação tem num dos nossos liceus, surpreendeu-nos — talvez por já termos esquecido outras situações semelhantes — a profunda sinceridade que transpareceu numa afirmação contudo bem estranha: «Vou para o “Técnico” porque gosto imenso de Matemática».

— «É de Física?» perguntámos.

— «De Física não gosto nada, mas de Química também gosto muito!»...

Isto é pouco, mas, para nós que lidamos com as coisas do ensino, bem sabemos o mundo de enormidades que encerram afirmações deste tipo, pronunciadas contudo com aquele entusiasmo e aquela sinceridade pura que são apanágio dos «menos de vinte anos».

A quantos dissabores, a quantas desgraças não terão conduzido semelhantes profissões de fé traduzindo como que a convicção de estar cada um possuído de critério bastante para julgar sobre o modo de vida que mais lhe convem ou, apenas, que mais lhe agrada!

Mas, não querendo «filosofar», examinemos antes o que de mais objectivo ressalta do problema abordado.

É sem dúvida reconhecer-se que entre o 5.º e 7.º ano, o aluno do liceu que tem condições para frequentar um curso superior «escolhe» o curso e, quasi sempre, idealiza-o como garante seguro de dada carreira.

Não consideraremos aqui os restantes alunos porque para eles a questão análoga não

faz sentido, de tal modo é superiormente absurda a tentativa de estabelecer qualquer relação entre as exigências profissionais e as bases formativas do ensino liceal.

Voltando aos futuros «doutores» e quejandos, não nos parece que se deva buscar a solução do seu Problema num qualquer organismo de orientação profissional, se bem que, em muitos casos, esta tenha já feito as suas provas quando conscientemente aplicada.

Parece-nos antes que se deveria tentar ajudá-los promovendo

1.º) Que os professores das várias disciplinas se aplicassem a esclarecer os seus alunos sobre a natureza do ensino liceal e sobre as ciências cujos nomes servem para designar aquelas disciplinas.

2.º) Que se valorizasse os esclarecimentos anteriores dando aos alunos ideias simples mas claras sobre as profissões em que se cultivam aquelas ciências.

Será preciso justificar as vantagens, a necessidade, de assim proceder?

Não cremos, pois todos nós conhecemos a cada passo exemplos vivos — por vezes tristes exemplos — consequências directas de uma formação omissa.

Alguns, no entanto, têm-nos impressionado mais e, entre estes, registaremos aqui os seguintes:

1. Embora se ensine física há mais de 40 anos nos nossos liceus, quantas pessoas

«cultas» sabem o que alguém quer significar quando, à pergunta «o que é que V. faz?» responde «sou físico»?

2. Quantas pessoas não confundem, como aquela jovem a que nos referimos, o prazer da execução de cálculos com o gosto pelo estudo da matemática?

3. Quantos jovens não seguiram a carreira da advocacia porque tinham «o dom da palavra»?

4. E os médicos que o são porque a família tira daí uma profunda vaidade, alimentada por um ambiente de admiração em torno do médico!

5. E os professores?...

Como há-de o aluno do liceu escolher a sua futura profissão? E tem de o fazer, pelo menos tem de limitar a sua liberdade de escolha, num momento em que, entre tanta coisa que se lhe exige, nem uma hora por semana, durante dois ou três anos, se lhe oferece com substância que o oriente naquela escolha.

Porque não se há-de pedir a profissionais de diversas carreiras que façam várias conferências para os nossos jovens estudantes dando-lhes a conhecer o fruto da sua experiência?

Não seria esta uma transparente bola de cristal onde cada um poderia tentar adivinhar melhor o que mais lhe conviria?

A. GIBERT
Julho 1951

QUESTÕES LICEAIS

Visa o programa do actual 3.º ciclo dos liceus, segundo a letra do artigo 3.º do Decreto n.º 36508, «a preparar os alunos para o ingresso em grau superior do ensino».

A medida em que esse objectivo foi atingido só podia ser rigorosamente determinado pela comparação dos resultados obtidos nos exames das diferentes cadeiras do 1.º ano dos cursos superiores, realizados antes e depois da publicação do referido decreto, admitida a premissa de que não houve alteração nem nos programas nem no critério de classificação dos exames daquelas cadeiras.

E sem esses dados estatísticos ainda se podia analisar a veracidade da questão posta se os professores universitários respondessem a questionário convenientemente elaborado.

Porém, e restringindo-me somente a determinados cursos, ressalta que o objectivo visado deve ter sido atingido em certa medida.

Entre as matérias constantes do presente programa liceal e que não faziam parte do anterior, encontra-se por exemplo, o reaparecimento do Desenho no 3.º ciclo, disciplina que não pode ser dispensada aos alunos que se dirijam para os cursos de engenharia, e na

qual são dados os elementos de geometria descritiva que permitem que os estudantes da licenciatura em C. Matemáticas, Escolas Militares, etc., iniciem o curso da geometria descritiva com menor dificuldade da que forçosamente encontrariam se não estudassem aqueles elementos nos liceus. E se as noções de infinitamente pequeno, limite e derivada não são apresentadas com a clareza e precisão com que podiam ser tratadas no liceu, a sua inclusão nos actuais programas liceais apresenta, porém, a vantagem de dar aos alunos uma ideia do modo como as utilizarão em posteriores estudos universitários.

A importância do estudo destas noções no liceu é ainda reforçada pelo facto de elas serem aplicadas nas cadeiras de Física, anteriormente ao seu estudo matemático na cadeiras de Álgebra ou de Matemáticas Gerais.

Por tudo isto foi acertada a reposição nos actuais programas liceais de rubricas envolvendo os elementos de geometria descritiva, infinitamente pequeno, derivadas, etc.

Todavia, a reposição daquelas noções elementares jamais poderá contribuir para uma melhor preparação pré-universitária, se uma

outra noção fundamental não fôr dada no último ano dos liceus.

Para ela chamo a atenção dos futuros reformadores dos programas liceais de Matemática ou de Física, lembrando-lhes que tenham presente o instrumento de análise que, correntemente, é utilizado em Física — o cálculo vectorial.

Não é num número restricto de lições iniciais que o principiante universitário, que, há meses atrás, estava habituado a uma didáctica de ensino muito diferente da universitária, adquire um conhecimento exacto do significado do cálculo vectorial.

Daí o surgirem, de início, nas cadeiras gerais de Física, dificuldades ao estudante.

Impõe-se pois que em futura reforma liceal seja reservado lugar ao cálculo vectorial, com âmbito análogo ao que é apresentado o estudo das derivadas.

O estudo das operações sobre vectores, analítica e geomêtricamente, incluindo o produto interno, produto externo e produto mixto, e aplicações directas destas opera-

ções, quando feito no liceu, contribuirá, sem dúvida, para reduzir e até eliminar as dificuldades atrás citadas.

O aparecimento daquelas rubricas exigirá ou não a eliminação de algumas matérias nos programas de Matemática ou de Física, de modo que os conhecimentos que possam ser considerados supérfluos num ensino pré-universitário, sejam substituídos pelos que fazem nitidamente falta. Nestes últimos, deve estar incluída a definição de integral, visto que por motivo análogo ao que justifica a reposição das derivadas se prova a necessidade de inclusão de tal assunto nas matérias dos futuros programas liceais.

Assim seria dado, a meu ver, um importante contributo para o cumprimento da letra do decreto acima citado no sentido duma mais interna conexão entre as matérias dadas no ensino secundário e as professadas nos cursos universitários.

JOAQUIM S. M. G. CALADO
(Professor do liceu)

3. PONTOS DE EXAME

EXAMES DE ENSINO MÉDIO (FÍSICA)

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

Ponto n.º 1

132 — a) Defina as *unidades de trabalho e de potência* nos sistemas que estudou, e estabeleça as relações de grandeza que existem entre elas.

b) Demonstre que na queda livre dos graves se verifica a *conservação da energia*.

133 — Um corpo cai do ponto mais alto de um plano inclinado com o comprimento de 100 metros e a altura de 40 metros. Ao chegar ao ponto mais baixo do plano, choca com um obstáculo indeformável e desprovido de conductibilidade térmica. Calcular a elevação de temperatura que o corpo sofreu, admitindo que toda a energia cinética se converteu em calor e desprezando os atritos.

Equivalente mecânico da caloria: 4,18 J/cal. Use para calor específico do corpo o valor 0,0392 calorias por grama e por grau.

II

134 — a) Diga o que entende por *corrente alternada* e exponha o princípio dos aparelhos destinados a produzir corrente alternada.

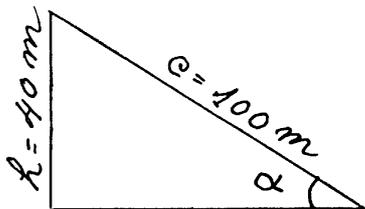
b) Defina *intensidade eficaz* de uma corrente alternada e escreva a expressão que relaciona aquela grandeza com a intensidade máxima. Que entende por *factor de potência*?

c) Exponha o princípio dos *amperímetros e voltímetros térmicos* e diga a que fim se destinam esses aparelhos.

R: *Toda a energia cinética do corpo foi transfor-*

mada em calor, o qual foi empregado em aquecê-lo
Logo, podemos pôr

$$\frac{1}{2}mv^2 = mc\Delta t$$



desprezando os atritos, esta energia cinética é igual à potencial que o corpo possuía à altura h, em relação ao ponto mais baixo, isto é,

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgh \text{ (cons. de energia)}$$

$$9,8 \times 40 = 0,0392 \times 4,18 \times \Delta t \times 1000$$

$$392 = 164\Delta t$$

$$\Delta t = +2,39^\circ\text{C.}$$

Nota. — Não interessa conhecer o comprimento do plano.

EXAMES UNIVERSITÁRIOS

F. C. L. — Electricidade — 1.º Exame de frequência.

271 — Um condutor tem uma carga e. V_1 e V_2 são os potenciais de duas superfícies equipotenciais que o envolvem completamente.

Preenche-se o espaço entre as duas superfícies com um dielétrico homogêneo de constante ϵ .

Calcular a variação de energia. R: a) Em teoria de Maxwell, a energia do sistema é dada pelo integral

$$\frac{1}{8\pi} \int (E, D) \delta v$$

estendido a todo o espaço.

A variação de energia será a diferença entre os valores deste integral, calculado antes e depois do preenchimento do espaço entre as equipotenciais pelo dielétrico (ϵ). Essa diferença reduz-se apenas aos valores do integral correspondente a esse espaço, que designaremos por v. Com efeito no resto do espaço, o deslocamento \vec{D} não varia por não variarem as cargas verdadeiras, e o campo também se mantém constante visto que em todo o ponto se tem $\vec{D} = \epsilon \vec{E}$, e não variando nesses pontos \vec{D} nem ϵ , também não variará \vec{E} . A variação de energia será então

$$\Delta W = \frac{1}{8\pi} \int_v (E', D) \delta v - \frac{1}{8\pi} \int_v (E_0, D) \delta v$$

designando por E' o campo no dielétrico e por E_0 o campo no mesmo ponto quando o dielétrico era o vácuo.

$$\Delta W = \frac{1}{8\pi} \int_v (E' - E_0, D) \delta v.$$

Relacionemos agora E' com E_0 . Como D e o mesmo antes e depois da substituição

$$\epsilon_0 E_0 = \epsilon E'$$

$$E' = \frac{\epsilon_0}{\epsilon} E_0$$

$$\Delta W = \frac{1}{8\pi} \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} - 1 \right) \int_v (E_0, D) \delta v \quad (a)$$

É fácil calcular agora o integral $\int_v (E_0, D) \delta v$ em função dos dados do problema.

Fazendo

$$\delta v = \delta s \cdot \delta l$$

onde δs é um elemento de área tomado numa equipotencial genérica intermédia entre V_1 e V_2 e δl um elemento duma linha de força do campo no mesmo ponto, podemos pôr

$$\begin{aligned} \int_v (E_0, D) \delta v &= \int_s \int_l D \delta s \cdot E \cdot \delta l = \\ &= \int_s D \cdot \delta s \int_l^2 (E, \delta l) = 4\pi e (V_1 - V_2) \end{aligned}$$

aplicando o teorema de Gauss do fluxo do deslocamento elétrico \vec{D} , e tendo em vista que $D \cdot \delta s$ é constante ao longo do tubo de força que termina sobre as equipotenciais dadas.

Substituindo em (a) obtemos finalmente

$$\Delta W = \frac{1}{2} e (V_1 - V_2) \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} - 1 \right) \quad (b)$$

Esta variação de energia é sempre negativa, como se conclui facilmente da análise de expressão (b). Ela corresponde ao trabalho de formação dos dipolos, ou à polarização do dielétrico, suposta feita à custa do campo inicial.

b) Vamos resolver este problema colocando-nos doutro ponto de vista, isto é, ligando a energia às cargas.

Sabe-se que a energia de um condutor com a carga e e ao potencial V é $\frac{1}{2} eV$.

Então, designando por V e V' o potencial do condutor antes e depois da substituição do dielétrico, e uma vez que a sua carga não variou, a variação da sua energia será

$$\Delta W = \frac{1}{2} e (V' - V) \quad (c).$$

Não é possível, com os dados do problema, calcular especificamente os potenciais V e V' do condutor, mas é fácil calcular a sua diferença.

Com efeito,

$$V' - V = \int_c^{\infty} (E', \delta l) - \int_c^{\infty} (E_0, \delta l)$$

mantendo a notação anterior; e, pelas considerações feitas na alínea a)

$$V' - V = \int_1^2 (E' - E_0, \delta l) = \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} - 1 \right) \int_1^2 (E_0, \delta l) = \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} - 1 \right) (V_1 - V_2).$$

Substituindo em c) temos

$$\Delta W = \frac{1}{2} e (V_1 - V_2) \left(\frac{\epsilon_0}{\epsilon} - 1 \right)$$

em concordância com (b).

NOTA. Todo o raciocínio das resoluções se baseou no presuposto de que o campo eléctrico só foi alterado nos pontos onde se substituiu o dieléctrico, alteração esta que se traduziu na redução do seu módulo na razão das constantes dieléctricas; e de que o dieléctrico é perfeito, homogéneo ($\epsilon = \text{cons.}$) e isotrópo (ϵ escalar, $|D| = \epsilon |E|$).

272 — As armaduras de um condensador esférico têm os raios a_1 e a_2 . Achar os coeficientes de potencial. Verificar o resultado pelos coeficientes de capacidade. R: Sabe-se que, dados dois condutores em presença, as relações que ligam as respectivas cargas e potenciais de equilíbrio electrostático são

$$V_1 = c^{11}e_1 + c^{12}e_2 \quad (a)$$

$$V_2 = c^{21}e_1 + c^{22}e_2 \quad \text{com } c^{12} = c^{21}$$

onde os c^{ab} são os coeficientes de potencial, parâmetros que só dependem da configuração do sistema.

No caso presente, calculemos directamente os potenciais das armaduras, em função das cargas das mesmas.

Para a esfera interna $V_1 = \frac{e_1}{\epsilon_0 a_1} + \frac{e_2}{\epsilon_0 a_2}$ (b)

Para a esfera externa $V_2 = \frac{e_2}{\epsilon_0 a_2} + \frac{e_1}{\epsilon_0 a_2}$

por sobreposição dos estados de equilíbrio, dadas as cargas ou os potenciais.

Como há uma única distribuição de equilíbrio, comparando os sistemas (b) e (a) temos

$$c^{11} = \frac{1}{\epsilon_0 a_1}$$

$$c^{12} = c^{21} = \frac{1}{\epsilon_0 a_2}$$

$$c^{22} = \frac{1}{\epsilon_0 a_2}$$

Tais são os coeficientes de potencial para o condensador esférico.

Notemos que estes coeficientes são todos positivos e que $c_{\alpha} \leq c^{\alpha\beta}$

No nosso caso $c^{22} = c^{12}$, característica da influência total.

Resolvamos agora o sistema (b) em ordem às cargas.

$$e_1 = \frac{\epsilon_0 a_1 a_2}{a_2 - a_1} V_1 - \frac{\epsilon_0 a_1 a_2}{a_2 - a_1} V_2$$

$$e_2 = \frac{-\epsilon_0 a_1 a_2}{a_2 - a_1} V_1 + \frac{\epsilon_0 a_2^2}{a_2 - a_1} V_2$$

Os coeficientes de V_1 e V_2 neste sistema ($c_{\alpha\beta}$) são bem os conhecidos coeficientes de capacidade do condensador esférico.

(Resoluções de Libano Monteiro)

F. C. L. — Curso Geral de Física. — 2.º Exame de frequência — 1950-51.

273 — a) Escreva as fórmulas de Clapeyron e estabeleça uma delas. b) Figure e descreva o ciclo de funcionamento da máquina de vapor. c) Propagação de ondas elásticas no meio sólido e fluido.

274 — Estabeleça as leis da refração das ondas sonoras. b) Estabeleça as leis de Bernoulli dos tubos sonoros. c) Estabeleça as expressões que traduzem a lei de Coulomb da Electrostática.

275 — a) Efeito Oersted; campo criado por carga pontual móvel. b) Lei de Ohm: forma local e aplicações a condutores. c) Lei de Joule da corrente alternada.

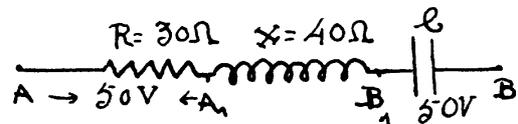
276 — Determine a tensão eficaz entre os pontos A e B do circuito figurado.

R: Como as resistências não indutiva e indutiva e condensadores C estão ligados em série a corrente entre A e B é a mesma em todos os pontos, portanto

$$I_{AB} = \frac{V_{AA_1}}{R} = \frac{50}{30} = \frac{5}{3} \text{ Ampères.}$$

A tensão eficaz entre A_1 e B_1 é dada por

$$V_{A_1 B_1} = XI = 40 \times \frac{5}{3} = \frac{200}{3} \text{ Volts.}$$



A tensão eficaz entre A e B será dada por

$$V_{AB} = \sqrt{V_{AA_1}^2 + (V_{A_1 B_1} - V_{B_1 B})^2} = \sqrt{50^2 + \left(\frac{200}{3} - 50 \right)^2}.$$

Efectuando as operações vem $V_{AB} = 53$ volts.

277 — a) Igualdade e desigualdade de Clausius; entropia. b) Figure e descreva o ciclo de Otto. b') Efeito piezoeléctrico. c) Velocidade de propagação das ondas transversais na corda tensa.

278 — a) Teoria do efeito Doppler. b) Defina absorção total do som num recinto. c) Propriedades das linhas de força do campo electrostático.

289 — a) Estabeleça as leis de Kirchhoff. b) Momento do binário director de um íman num campo uniforme. Selectividade do circuito oscilante. c) Campo magnético girante. Motor síncrono polifásico.

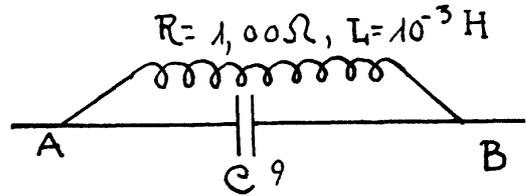
280 — A pulsação das correntes alternadas que percorrem o circuito figurado é $\omega = 10^4$ rad/s; Calcule a capacidade do condensador C, sabendo que a corrente e a tensão entre A e B estão em fase. (Método dos imaginários).

R: Como a corrente na linha e a tensão entre A e B estão em fase $\varphi=0$; logo de $\cos \varphi = R/Z_t$ tira-se que $Z_t=R=1,00$ Ohms. Representando por Z'_t , Z'_B , e Z'_C as impedâncias imaginárias entre A e B, na bobina e no condensador respectivamente tem-se:

$$\frac{1}{Z'_t} = \frac{1}{Z'_B} + \frac{1}{Z'_C} = \frac{1}{R + L\omega j} + \frac{1}{-\frac{1}{C\omega} j}$$

$$= \frac{-RC\omega + (1 - LC\omega^2)j}{-L\omega + Rj}$$

$$\text{donde } Z'_t = \frac{-L\omega + Rj}{-RC\omega + (1 - LC\omega^2)j}$$



A impedância entre A e B é dada por

$$|Z'_t| = \sqrt{\frac{L^2\omega^2 + R^2}{R^2C^2\omega^2 + (1 - LC\omega^2)^2}}$$

$$\text{ou ainda } Z_t^2 [R^2C^2\omega^2 + (1 - LC\omega^2)^2] = L^2\omega^2 + R^2.$$

Substituindo valores tem-se:

$$101 \times 10^8 C^2 - 2 \times 10^5 C - 10^2 = 0.$$

Resolvendo a equação vem $C = 0,109 \times 10^{-3} \text{ F}$.

GLAPHYRA VIEIRA

7. FÍSICA NUCLEAR

COMPARAÇÃO ENTRE INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÕES RADIOACTIVAS DE CONTADORES DE GEIGER E CÂMARAS DE IONIZAÇÃO

1. Questões práticas. O que é que os tubos de Geiger e as câmaras de ionização realmente medem? Em que casos é um tipo de detector radioactivo mais indicado que o outro?

São estas as importantes perguntas a que vamos procurar responder.

Para dar uma ideia mais concreta deste assunto, não hesitaremos em relembrar alguns princípios elementares que são do conhecimento de todos. Depois mencionaremos alguns resultados de recentes desenvolvimentos, apresentando interessantes dados sobre a permutabilidade dos tubos de Geiger e câmaras de ionização numa série de importantes casos práticos. ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Comparison of Geiger-Counter and Ion-chamber Method of Measuring gamma Radiation V. Nuclear Physics, vol. 7, n.º 6, págs. 21/26, Dez. 1950.

2. As duas unidades fundamentais nas medições radioactivas. Os átomos de um elemento radioactivo encontram-se num estado instável. Mais cedo ou mais tarde, cada átomo radioactivo sofrerá um novo arranjo da sua estrutura interna, de maneira a procurar um estado mais estável, de menor energia interna. O excesso de energia é libertado sob a forma de radiação, constituída por partículas α ou β , ou ainda por radiação γ ou uma combinação delas, conforme o elemento considerado. Se um grande número de átomos radioactivos está presente numa substância, os seus reajustamentos internos não se dão simultaneamente para todos eles. Alguns dos átomos permanecem estáveis por mais tempo que outros, e o fenómeno da emissão de radiação tem lugar ao acaso, caracterizando a «radioactividade» da substância.

Duas quantidades são do maior interesse nas medições radioactivas:

a) A *taxa* (ou ritmo) dos novos arranjos atômicos ou «desintegrações» numa dada amostra.

b) A *energia* transportada pela radiação emitida e os *efeitos* da sua interacção com a matéria.

A *taxa* segundo a qual os átomos se desintegram é uma verdadeira medida de «actividade» da substância radioactiva. É geralmente expressa em «Curies» (C) sendo um Curie a actividade de uma substância que sofre $3,7 \times 10^{10}$ desintegrações por segundo.

Como dissemos acima, cada desintegração dá origem á emissão de uma partícula ou de um raio, ou de uma combinação de ambas as coisas. Por exemplo cada desintegração do cobalto-60 radioactivo, dá origem a uma partícula beta e dois raios gama.

A energia transportada pela radiação é característica do tipo de elemento radioactivo considerado. Se a radiação encontra matéria no seu trajecto, perderá parte da sua energia. Se houver uma concentração de matéria suficiente numa certa direcção, a radiação será possivelmente completamente detida nessa direcção. A matéria, portanto, absorve a energia da radiação. A esta absorpção de energia corresponde a emissão de electrões pelos átomos constitutivos da matéria absorvente.

As partículas alfa e beta são facilmente detidas por delgadas lâminas de matéria. Em particular, não penetram muito além dos tecidos superficiais do corpo humano.

Um indivíduo exposto a intensa radiação α ou β sofrerá geralmente apenas um prejuizo muito superficial.

Os raios gama, ao contrário, são muito penetrantes. Eles atravessam o corpo humano e interactuam com os seus tecidos internos e com as células vivas. As medições da energia de interacção dos raios gama com a matéria serão portanto da maior utilidade nos efeitos da radiação sobre a saúde humana.

O roentgen (r) é definido em relação à

energia de interacção da radiação gama com o ar. Como os raios γ provocam a emissão de electrões pelos átomos constituintes do ar, o ar é assim dissociado em iões transportando cargas eléctricas opostas. Um roentgen (r) é definido como a quantidade (ou dose) de radiação gama num dado ponto, que cria nesse ponto uma densidade iónica que transporta uma unidade electrostática de carga (1. u. e. s.) de cada sinal, por centímetro cúbico de ar nas condições normais de pressão e temperatura (p. t. n). Como a radiação é emitida geralmente de uma maneira contínua pelas substâncias radioactivas, a intensidade de dose («dose rate») da radiação gama num ponto será medida em roentgens por segundo.

Curies e roentgens são as unidades fundamentais associadas com as medições radioactivas. A primeira é uma unidade *absoluta* e define a *concentração* do elemento radioactivo na substância.

O segundo mede a radiação pelos seus *efeitos* (mais precisamente: pelos efeitos da radiação gama presente na substância radioactiva) sobre a matéria circunjacente, especificadamente sobre o ar.

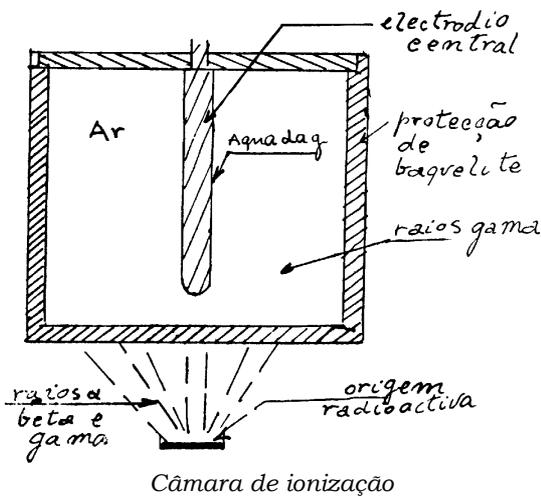
A segunda unidade não pode ser derivada da primeira, porque ela não depende sómente da concentração da actividade da substância (curies) mas também do tipo de substância radioactiva considerada (n.º de raios gama produzidos por desintegração, energia transportada pela radiação gama) e ainda da sua forma geométrica e distância ao ponto no qual a medição dos roentgens é feita.

Os tubos de Geiger são «detectores de partículas» e estão indicados nas medições da concentração de actividade das substâncias radioactivas.

As câmaras de ionização detectam os efeitos energéticos da radiação gama sobre o ar (e do mesmo modo sobre os tecidos vivos) na vizinhança de fontes radioativas. Estão particularmente indicadas para avaliação e advertência do grau de perigo para as pessoas que trabalham na presença de radiações ionizantes.

3. Medição da radiação pelos seus efeitos energéticos (roentgens) usando câmaras de ionização. Por definição de roentgen, a sua medida é equivalente à da ionização produzida num pequeno volume (1cm^3) de ar pela componente *gama* presente na radiação.

As radiações α e β também produzem forte ionização no ar, mas a sua contribuição deve ser eliminada das medições em roentgens. Esta limitação na definição do roentgen corresponde ao facto, de grande interesse prático, de que sómente a componente *gama* da radiação externa tem efeito apreciável sobre os tecidos do corpo humano. Os tecidos superficiais actuam como uma tela que protege os tecidos internos das radiações α e β mas não detém a radiação γ . Quando se fazem medições *gama*, uma protecção equivalente é colocada entre a fonte da radiação e o volume de ar onde se faz a medição. Esta protecção é geralmente uma tela de «bakelite» com alguns milímetros de espessura, envolvendo o volume V de ar da câ-



Câmara de ionização

mara de ionização. Os iões produzidos neste volume de ar pelos raios γ que penetram na câmara, são orientados por meio de uma diferença de potencial entre as paredes internas da câmara e um electrodo central. Esta d. d. p. é da ordem de 100 a 200 volts.

Produz-se uma corrente pelo movimento dos iões positivos e negativos, cuja intensi-

dade é proporcional aos roentgens por segundo (r/seg.) absorvidos no volume da câmara.

Esta corrente é extremamente pequena, mesmo para poderosas fontes radioactivas. Tem de ser ampliada por válvulas electro-métricas especiais, para que dê uma leitura apreciável, mesmo com os mais sensíveis aparelhos de medida.

Os instrumentos com câmara de ionização têm portanto uma pequena sensibilidade e nunca dão uma leitura apreciável na presença de radiações produzidas por baixos níveis de actividade.

Afortunadamente, os efeitos energéticos de tais radiações fracas não representam, para as pessoas expostas, nenhum perigo apreciável.

A sensibilidade das câmaras de ionização é suficiente para leituras de intensidade de radiação para os valores em que os perigos provenientes das radiações já necessitam de ser tomados em conta nas medidas de verificação de segurança. Constroem-se dois tipos de instrumentos com câmaras de ionização:

a) No primeiro tipo, fazem-se leituras dinâmicas, dando o número de cargas eléctricas colectadas por segundo, dos iões produzidos pelos raios *gama* que penetram num dado volume de ar. Estes instrumentos medem portanto, uma corrente, que é proporcional aos roentgens por segundo (ou miliroentgens por hora), por definição de roentgen.

b) No segundo tipo, fazem-se leituras cumulativas, dando o número total de iões produzidos dentro do volume da câmara, desde que ela seja colocada no campo da radiação. Estes instrumentos medem portanto, uma carga eléctrica que é, por definição, proporcional ao número total de roentgens absorvido pela câmara no campo da radiação.

O seu princípio é idêntico ao do electros-cópico clássico de folha de ouro, onde a carga eléctrica inicial dos electrodos, é gradualmente neutralizada pelos iões produzidos no volume da câmara. A qualidade do fabrico é determinada pelo grande isolamento entre os electrodos, de maneira a manter a carga inicial quando nenhuma radiação está presente.

Nota — Ê o número total de roentgens absorvidos pelo corpo humano que dá a medida do efeito da radiação interna sobre a saúde. Calculou-se que uma dose total de 400 a 600 roentgens é fatal em muitos casos.

A dose de tolerância abaixo da qual é considerado livre de perigo o trabalhador por tempo ilimitado é geralmente tida em 300 miliroentgens por semana.

Portanto, os instrumentos com câmara de ionização (medidor de doses de bolso do tipo de electroscópio) dão as mais úteis informações depois de terem sido expostos num campo de radiação.

Mas esta informação pode ser obtida também tarde demais, visto que as leituras cumulativas dos instrumentos integradores são geralmente tomadas uma vez por dia ou por semana. Os instrumentos dinâmicos devem ser usados quando ocasionalmente nos aproximamos de poderosas fontes radioactivas, de maneira a avaliar por quanto tempo se pode sem perigo trabalhar no campo de radiação produzido por aquelas fontes, sem incorrer no perigo de receber mais que a dose de tolerância total consentida por dia ou por semana.

4. Variação da intensidade da dose de radiação (r/s) coma actividade da fonte «Curies», natureza e distância. Os instrumentos com câmara de ionização são geralmente transportados por pessoas que trabalham no campo da radiação. Dão uma medida do nível da radiação na região onde estão localizados. Este nível da radiação varia com a distância das fontes radioactivas bem como com a concentração da actividade «Curies» das fontes e o tipo de raios que são emitidos.

Se somente uma fonte estiver presente, de actividade C curies, e se puder ser considerada suficientemente pequena para ser assimilada a uma carga pontual, a sua intensidade de dose de radiação gama à distância d será dada por

$$(1) \quad r/hora = K \frac{C}{d^2}$$

A leitura de um instrumento dinâmico com câmara de ionização (roentgens por hora ou por segundo) será portanto inversamente proporcional ao quadrado da distância d à fonte e proporcional à actividade C , para uma dada fonte radioactiva.

É importante notar que o factor de proporcionalidade K não é o mesmo para todas as substâncias.

Com efeito, nós temos sempre visto que a quantidade de curies C define semente o número de desintegrações por segundo, da substância. Cada desintegração pode produzir um, dois, ou mais raios gama, ou nenhum, dependendo isso da natureza da substância considerada. Uma substância dando vários raios gama por desintegração produzirá geralmente intensidades de dose mais fortes, para a mesma actividade em curies, do que uma dando somente um raio gama, por desintegração. Além disso, o poder ionizante dos raios gama, que é uma medida da dose da radiação, é aproximadamente proporcional à energia total transportada por aqueles raios. Se C for expresso em curies e d em centímetros, cada tipo de raios gama caracterizado pela sua energia E_1 (MeV) contribuirá para a intensidade de dose com uma quantidade aproximadamente de

$$(2) \quad 5570 E_1 \times \frac{C}{d^2} = r/hora$$

As dosagens são aditivas, e se cada desintegração produzir vários raios gama de energias respectivamente E_1 , E_2 , E_3 , etc... a intensidade da dose total será dada aproximadamente por

$$(3) \quad 5570(E_1 + E_2 + \dots) \times \frac{C}{d^2}, \text{ em } r/hora$$

Exemplo: Cada, desintegração do cobalto-60 produz um raio β e dois raios gama. As energias dos raios gama são respectivamente 1,1 e 1,3 MeV. Os efeitos da ionização devida aos raios β são eliminados pelas paredes das câmaras de ionização e a lei-

tura devida aos raios gama será dada por

$$5570 \times (1,1 + 1,3) \frac{C}{d^2} = 13400 \frac{C}{d^2} \quad r/hora$$

Se $C = 10^{-3} = 1$ milicurie de cobalto-60 a intensidade de dose à distância $d = 100$ cm, será

$$13400 \times \frac{10^{-3}}{10^4} = 0,00134 \quad r/hora = \\ = 1,34 \text{ miliroentgens por hora}$$

Se, em vez de 1 milicurie de cobalto-60, tomássemos 1 milicurie de rádio (aproximadamente 1 mg) a intensidade de dose à mesma distância (100 cm) seria sómente 0.84 miliroentgens por hora. O cálculo efectivo para o rádio seria complicado pelo facto de que a desintegração do rádio produz substâncias filhas que são elas próprias rádio-activas e nem todos os raios γ são portanto emitidos simultâneamente.

5. Efeitos energéticos das radiações α e β .

Uma substância radioactiva que emite sômente raios alfa ou beta não pode, de acordo com a definição, produzir roentgens na sua vizinhança. Uma câmara de ionização, com paredes de bakelite, não dará nenhuma indicação na presença de radiações alfa ou beta. Estas radiações serão detidas pelas paredes da câmara antes de penetrar no volume de ar da câmara. Contudo, os raios α e β são muito mais ionizantes que os próprios raios gama, visto que perdem toda a sua energia no pequeno percurso que podem fazer na matéria até chegarem ao repouso. Se uma parede muito fina for usada em vez de bakelite como envólucro da câmara de ionização, indicações de intensidade de dose muito altas serão obtidas na presença de radiações α ou β provenientes de fontes de relativamente pouca actividade.

Estas leituras determinam os efeitos expressos em roentgens-equivalentes produzidos por qualquer tipo de radiação e dão uma medida da densidade de energia da radiação absorvida pelas superfícies do corpo humano

que estão directamente expostas aos raios alfa e beta.

Certas câmaras de ionização possuem uma janela constituída por uma fina película «pliofilm» que pode ser destapada rodando um disco de bakelite existente numa das paredes da câmara. Podem assim ser obtidas medidas de roentgens-equivalentes deixando penetrar no volume da câmara os raios α e β , o que se torna muito útil para avaliar o perigo superficial resultante da exposição directa à radiação α ou β . Contudo, a não ser na manipulação de grandes actividades, o perigo da exposição não é nunca demasiado grande.

O principal perigo de lidar com substâncias radioactivas α e β , reside na *contaminação* e *ingestão*, isto é, sempre que os tecidos estão em *contacto directo* com aquelas substâncias. Nestes casos, quantidades de actividade extremamente pequenas, indetectáveis pelo método das câmaras de ionização, podem causar a destruição dos tecidos que permaneceram em contacto com as substâncias emisoras. Isto deve-se ao alto poder ionizante dos raios α e β , cuja energia é absorvida pela matéria, ao longo dos pequenos percursos através dela.

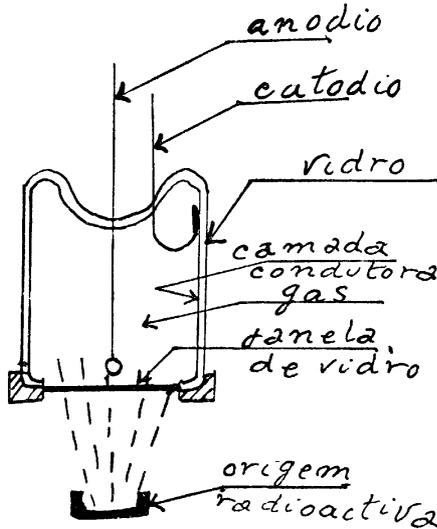
Pode pois dizer-se que, duma maneira geral, a exposição à radiação é o principal perigo no tratamento com fontes γ , enquanto que o perigo de contaminação é de principal importância nas fontes α e β .

Concluindo, acentuamos que a forte ionização produzida por fontes de raios β , relativamente fracas, tornou possível a construção dos micrometros de raios beta industriais (β -Ray Thicknen Ganger), nos quais a radiação beta é admitida no volume de uma câmara de ionização através de uma delgadíssima janela, situado em face da fonte de raios beta.

6. Medição da actividade de amostras radioactivas, usando tubos de Geiger. Se sômente as câmaras de ionização fossem utilizadas na detecção das radiações, não se teriam desenvolvido as técnicas dos marcadores radioactivos, envolvendo actividades

extremamente pequenas; além disso, a aviação das contaminações, teria sido um problema insolúvel, tornando o manuseamento das substâncias radioactivas muito arriscado.

Os tubos de Geiger são os mais sensíveis ⁽¹⁾ detectores de radiação neste campo. Como as câmaras de ionização, eles têm também dois eléctrodos. O cátodo é geralmente a parede interna do próprio tubo. O anodo tem a forma de um fio fino concentrico com o tubo.



Tubo para partículas alfa e beta (tipos IGC-1, IGC-2)

Aplica-se entre os eléctrodos uma diferença de potencial muito alta. Devido ao grande gradiente do potencial, os iões produzidos no volume do tubo são fortemente acelerados e dão origem, á maneira de uma reacção em cadeia, a uma «avalanche» de iões secundários resultantes dos choques com as moléculas gasosas que eles encontram no seu caminho.

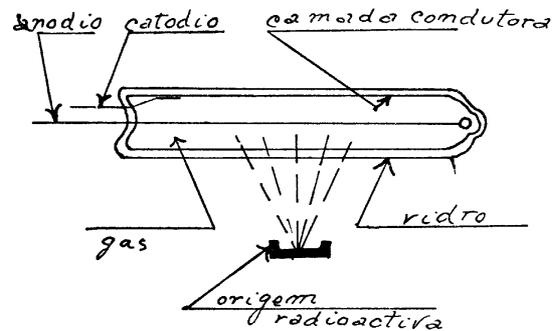
Ao passo que, uma câmara de ionização, operando a um baixo potencial, apenas reúne e mede a fraca corrente iónica produzida ao longo do trajecto da radiação ⁽²⁾ penetrante,

⁽¹⁾ Os contadores de cintilações são ainda mais sensíveis, mas o seu uso é ainda limitado pelo seu alto preço.

⁽²⁾ Esta denominação inclui, de acordo com a prática geral, as partículas alfa e beta, bem como os raios gama.

um tubo Geiger dá conta de cada fenómeno ionizante elementar por emissão de um impulso eléctrico de curta duração, suficiente para actuar uma escala ou um medidor de intensidade que regista ou conta os fenómenos «ionizantes» que ocorrem num dado intervalo de tempo. Um «fenómeno ionizante» pode ser consequência de um simples ião ou de um grupo de iões produzidos ao longo do caminho de um raio que penetra no tubo.

É imediatamente evidente que um tubo de Geiger está idealmente indicado para medir actividades extremamente baixas, quase prestes a desaparecer. Qualquer que seja o número (superior a um) de iões iniciais produzidos por um só raio, ainda será produzido um im-



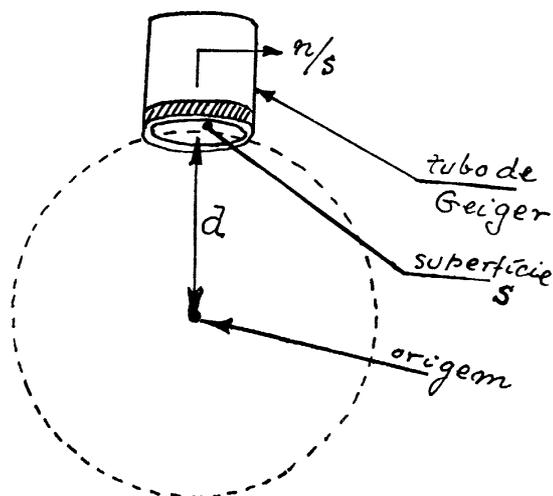
Tubo para radiação gama (tipos IGC-4, IGC-5, IGC-6)

pulso de apreciável grandeza. Tais impulsos sendo idênticos em grandeza, segue-se que um tubo de Geiger regista sómente o número de raios que produzem ionizações no volume do tubo, enquanto que a câmara de ionização na sua ordem de sensibilidade, mede o poder ionizante de raios de diferentes tipos e energias.

Contudo, como havemos de ver nos parágrafos seguintes, nem todos os raios que incidem num tubo de Geiger produzem um «fenómeno ionizante». Um certo número deles não são portanto registados nem contados. Alguns (especialmente raios α e β) podem não ter energia suficiente para atravessar o envólucro do tubo. Outros (especialmente raios γ) poderão atravessar todo o tubo sem produzir um único par de iões. Outros ainda poderão incidir no tubo durante um tão pequeno

intervalo de tempo, que vários raios consecutivos poderão não ser identificados por impulsos separados porque se excedeu o limite do «tempo de recuperação» do tubo. Este último efeito determina um limite superior (de saturação) do poder de contagem dos tubos de Geiger.

7. Contagem das partículas α e β . Em primeiro lugar consideraremos um caso ideal, no qual se supõe que a fonte está concentrada num ponto, e que todos os raios emitidos na direcção do tubo de Geiger são efectivamente contados. Será também presuposto que é emitido somente um raio por cada desintegração.



Designando por c (Curies) a actividade da fonte, d (cm) a sua distância ao tubo e s (cm²) a sua superfície normal à direcção de radiação, o número médio de raios que penetram no tubo por segundo será evidentemente, (supondo d grande em relação às dimensões do tubo)

$$(4) \quad n = \frac{s}{4\pi d^2} \times C \times 3,7 \times 10^{10} \text{ (c.p.s.)}$$

onde o factor geométrico $\frac{s}{4\pi d^2}$ representa a razão entre o número de raios que penetra através da superfície do tubo, e o número total de raios através da superfície $4\pi d^2$ de da esfera de raio d com centro na fonte.

A expressão ideal (4) permite calcular a actividade da fonte C medindo a contagem por unidade de tempo.

Na prática encontram-se algumas limitações para tais medições absolutas dos emissores de raios alfa e beta.

Estas limitações poderão ser aproximadamente resumidas pela introdução de um «factor de eficiência» η naquela equação (4) que dá então: ⁽¹⁾

$$(5) \quad n = \eta \frac{s}{4\pi d^2} \times C \times 3,7 \times 10^{10} \text{ (c.p.s.)}$$

A eficiência de contagem η depende de vários factores, ⁽²⁾ os mais importantes dos quais são os seguintes, para os emissores alfa e beta:

a) Sendo as partículas alfa e beta facilmente absorvidas por delgadas lâminas de matéria, uma fracção de tais partículas é detida pelas paredes do tubo e pela camada de ar entre a amostra radioactiva e o tubo.

Este efeito é desprezível para as partículas beta de alta energia, se o tubo fôr provido de uma janela de mica delgada tal como existe em certos tipos. Mas a fracção absorvida já se torna importante para radiação beta, de baixa energia tal como as emitidas pelo carbono 14 e o enxôfre 35 e é proibitivamente grande para as partículas alfa.

É conveniente em tais casos introduzir a amostra radioactiva dentro do próprio volume do tubo, evitando-se assim a absorpção pela janela e pelo ar. Aparelhos de Geiger especiais têm sido criados para este fim, nomeadamente o SC-16 Windowless Flow Counter na Tracerlab. ⁽³⁾

b) O factor «eficiência de medição» η nas medições alfa e beta é ainda reduzido pelo factor de absorpção próprio ⁽⁴⁾ o qual dá conta

⁽¹⁾ Presupõe-se que o emissor se transforma numa substância estável depois da emissão de um raio alfa ou beta.

⁽²⁾ Benjamin P. Burt: «Absolute Beta Counting» Nucleonics. Vol. 5 n.º 2, págs. 28/43, Agosto 1949

⁽³⁾ Tracerlog, n.º 29 de Setembro de 1950.

⁽⁴⁾ A. H. W. Aten, Jr. «Corrections for beta-particle Self-absorption» Nucleonics, Vol. 6, n.º 1 pg. 68-74 Janeiro de 1950.

da absorpção da emissão proveniente das camadas internas pelas camadas envolventes exteriores da substância radioativa.

c) A fonte não poderá em geral ser considerada pontual e a distância d raramente é muito grande comparada com as dimensões do tubo. Isto vai reflectir-se no cálculo de η , ou melhor, o factor geométrico $s/4\pi d^2$ tem que se alterar para se adaptar mais rigorosamente às condições experimentais. Um caso limite é o obtido no SC-16 Windowless Flow Counter, no qual a fonte é colocada dentro



do próprio detector, na superfície do fundo. Aqui o factor geométrico é aproximadamente igual a 0,5 visto que todos os raios emitidos para cima, não saem da câmara de contagem.

É importante notar que, devido ao seu alto poder ionizante, praticamente todas as partículas alfa e beta que penetram no volume sensível de um tubo de Geiger são efectivamente «contadas», contanto que os intervalos entre as partículas sejam maiores do que o «tempo de recuperação» do tubo.

As actividades podem ser calculadas para os emissores alfa e beta, contanto que as devidas correcções sejam feitas, de acordo com o que dizemos acima.

Medições absolutas, requerendo uma rigorosa interpretação da eq. (5) tornam possível a preparação de «fontes padrão» de referência, que poderão ser usadas para medições relativas de fontes desconhecidas, contanto que condições geométricas fixas sejam usadas em todas as experiências. Se n_r for a contagem por unidade de tempo obtida pela fonte conhecida de referência e n a contagem por unidade de tempo obtida com a fonte desconhecida, a equação (5) dá:

$$(6) \quad \frac{n}{n_r} = \frac{\eta}{\eta_r} \times \frac{C}{C_r}$$

onde o factor geométrico constante $s/4\pi d^2$ é eliminado da medição e não há necessidade, portanto, de o calcular. Na equação (6) a actividade C_r da fonte de referência é conhecida, bem como o valor aproximado da «eficiência de contagem» η_r para os raios emitidos pela fonte de referência.

Sòmente a «eficiência de contagem» η da amostra tem de ser avaliada, considerando principalmente os factores de absorpção referidos anteriormente em a) e b); o factor dimensões indicado em c) é eliminado desde que todas as amostras sejam observadas em condições geométricas idênticas às da fonte de referência.

8. Contagem de raios gama. A expressão (5) do parágrafo precedente também se aplica, em princípio, aos emissores gama. Se N raios gama são emitidos por desintegração podemos escrever:

$$(7) \quad n = N \times \eta \frac{s}{4\pi d^2} \times C \times 3,7 \times 10^{10} \text{ c. p. s.}$$

A absorpção pelo ar e pelas paredes do tubo de Geiger, são desprezíveis para os raios gama. O principal factor que afecta a eficiência de contagem η neste caso, é que sòmente uma pequena percentagem de raios gama que

passam através do tubo de Geiger produzem os «fenómenos ionizante» ⁽¹⁾ indispensáveis para obtenção dos correspondentes impulsos eléctricos, o que se deve ao facto de os raios gama serem muito penetrantes. Uma considerável porção de matéria é portanto indispensável para se obter a energia de interacção com a radiação gama que produzirá a formação dos iões.

Por esta razão, é conveniente usar tubos de Geiger com paredes espessas para a medição eficiente da radiação gama. Uma maior concentração de matéria nas paredes do tubo aumenta a probabilidade que tem um raio gama de encontrar uma molécula de substância das paredes e arrancar electrões, alguns dos quais penetrarão ⁽²⁾ no volume de gás produzindo uma corrente iónica que determinará um «impulso». As interacções dos raios gama com as paredes do tubo, mais que directamente com o gás, são responsáveis pela maior parte das «contagens» registadas pelo tubo.

Esta interacção é ainda acrescida pela utilização nas paredes do tubo de material de elevado número atómico.

Assim, somente uma pequena fracção η (veja eq. 7) dos raios gama que incidem no tubo é efectivamente contada; η é da ordem de 0,01 (1%) para um tubo vulgar, mas varia grandemente com a energia da radiação incidente (ver fim do parágrafo 9). É assim evidente que a contagem absoluta dos raios gama é impraticável só com a técnica dos tubos de Geiger.

O factor eficiência η não pode ser eliminado para componentes fisicamente mensuráveis, como sucedia no caso da contagem alfa e beta.

Somente *medicões relativas* podem ser feitas com um tubo de Geiger em amostras gama, usando uma fonte-gama referência calibrada por técnicas especiais.

⁽¹⁾ Ao contrário, com vimos, praticamente todos os raios alfa ou beta produzem «fenómenos ionizantes» contanto que entrem no volume do tubo.

⁽²⁾ O poder penetrante dos electrões fornece um limite para a espessura máxima útil das paredes.

A expressão (6) aplica-se a tais medidas, mas a razão de eficiência n/n_r é geralmente impossível de computar nos casos vulgares. Esta razão deve portanto ser feita igual à unidade, usando uma fonte de referência feita do *mesmo material radioactivo* que as amostras.

9. Possibilidade de usar tubos de Geiger em vez de câmaras de ionização para medidas em roentgens. Primeiramente excluiremos a possibilidade de interpretar as medições com tubo de Geiger de radiação alfa ou beta em termos de roentgens equivalentes. Cada partícula alfa ou beta que penetra no volume do tubo, dá origem a um e somente um impulso, independentemente do poder ionizante relativo das partículas de diferentes energias. A situação é bem diferente quando somente temos a considerar radiação gama.

Como dissemos nos parágrafos precedentes, os tubos de Geiger são sensíveis à energia dos raios gama. Mais precisamente, recentes experiências mostraram ⁽¹⁾ que a eficiência ou contagem η dos tubos de Geiger para raios gama é muito aproximadamente proporcional à energia E dos raios gama, dentro de energias compreendidas entre certos limites E_a e E_b , sendo estes limites dependentes do material das paredes do tubo. Nesta hipótese, podemos então escrever aproximadamente:

$$(8) \quad \eta = KE \text{ (para } E_a < E < E_b)$$

Para materiais de número atómico médio, como o cobre, a relação (8) é válida entre

$$E_a = 0,4 \text{ MeV e } E_b = 3,0 \text{ MeV}$$

Se uma fonte gama emitir N raios gama por desintegração, de energias $E_1 E_2 \dots E_N$ e se todas essas energias existem entre os limites E_a e E_b , podemos pôr na eq. (7):

$$N \times \eta = \eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_N = K(E_1 + E_2 + \dots + E_N)$$

A eq. (7) escreve-se agora:

⁽¹⁾ W. K. Sinclair: «Comparison of Geiger-counter and Ion-chambre Methods of Measuring Gamma Radiation». *Nucleonics*, vol. 7, n.º 6, pg. 21/26, Dec. 1950.

$$n = K(E_1 + E_2 + \dots) \frac{S}{4\pi d^2} \times C \times 3,7 \times 10^{10} \text{ c. p. s.}$$

comparando esta expressão com eq. (3) obtém-se

$$(11) \quad \frac{n}{r/\text{hora}} = \frac{3,7 \times 10^{10}}{5570} \times \frac{Ks}{4\pi} = \text{const.}$$

Chegaremos assim ao interessante resultado de que, *na presença de radiação gama de energias compreendidas entre E_a e E_b , a contagem por unidade de tempo de um tubo de Geiger, pode ser referida a roentgens por hora*, e a indicação do tubo é portanto equivalente à de uma câmara de ionização.

A possibilidade da medição da intensidade de dose de radiação γ com tubo de Geiger torna possível estender o alcance de tais medições abaixo dos mais baixos valores detectáveis pelo método das câmaras de ionização, as quais dão leituras mínimas da ordem

de 1 miliroentgen por hora. As medições com tubos de Geiger podem detectar intensidades de dose tão baixas como alguns microroentgens por hora. Por outro lado temos sempre feito notar o facto de que há um limite superior para a ordem de medidas útil (linear) dos tubos de Geiger, devido aos efeitos de saturação no tubo. Na prática, se se pode admitir uma perda de contagens de cerca de 10 a 20%, aquele limite superior corresponde a uma contagem por unidade de tempo da ordem de 1.000 a 1.500 c. p. s., equivalente a uma intensidade de dose da ordem de 20 ou 40 miliroentgens por hora, dependendo da eficiência do tubo para raios gama.

Tracerlab, Inc. — European Office
Artigo amavelmente cedido pelos Serviços Científicos desta firma. (Outubro 1951).

TRADUÇÃO DE
LÍBANO MONTEIRO

10. SECÇÃO LIVRE

BASES FÍSICAS DA ELECTROCARDIOGRAFIA (1)

I — Panorama das teorias da electrocardiografia e algumas das suas dificuldades

A — Fenómenos bioeléctricos em geral.

A Bioelectricidade nasceu de uma observação fortuita. Em 1790, Galvani ao constatar que as patas de rãs suspensas por ganchos de cobre a uma balastrada de ferro se contraíam, teve a ideia que essas contracções seriam devidas a correntes de origem animal. É bem conhecida a sua controvérsia com Volta e como se demonstrou que era errada a interpretação de Galvani. Mas Volta também não tinha razão negando as correntes de origem animal; as observações de Galvani na pata galvanoscópica tornavam-nas muito plausíveis e, efectivamente, com a invenção do galvanómetro demonstra-se de modo incontestável a sua existência [1].

Sabe-se hoje que entre as células dos organismos vivos e o meio intersticial existe, quando as células estão em repouso, uma

diferença de potencial que se pôde medir directamente em células vegetais gigantes (de algas dos géneros *Valonia* e *Nitella*,) em ovos e mais recentemente em células animais relativamente pequenas utilizando microelectrodos. Esta polarização da superficie celular é, em geral, tal que o interior é negativo em relação ao exterior [2-3].

O potencial de repouso pode variar em relação com modificações passivas das células quer sem lesão, alterando-lhes a forma ou sujeitando-as a pressões moderadas, quer lesando-as por acções físicas ou químicas. Maior interesse biológico têm as modificações de carácter activo, espontâneas ou provocadas.

(1) Este é o primeiro de uma série de artigos cujo objectivo é chamar a atenção dos físicos para um importante campo de investigação teórica e experimental de física aplicada à medicina.

Para o experimentador são as últimas as mais importantes. Todos estudaram que a «irritabilidade» é uma propriedade fundamental dos seres vivos; a reacção aos estímulos consiste em diversas alterações, mas de que são sempre concomitantes variações de potencial entre o meio intracelular e o meio exterior.

Os fenómenos são naturalmente de estudo mais fácil nas células «irritáveis por excelência»: as células nervosas. A excitação de um ponto de uma destas células, provoca a propagação ao longo dos seus prolongamentos e, em especial, ao longo de mais comprido — o cilindro-eixo — de uma alteração que se denomina *impulso nervoso*. Este acompanha-se de fenómenos eléctricos e possivelmente identifica-se com eles.

Considere-se um exemplo típico:

Cole e Curtis [4-5-3] introduziram num cilindro-eixo de *Loligo Pealis* um microeléctrodo formado por uma agulha capilar isolada excepto na ponta e colocaram outro microeléctrodo exteriormente e exactamente no ponto fronteiro da membrana. Mediram, entre os dois eléctrodos, uma diferença de potencial de repouso (da ordem de 50 mV). Quando o cilindro-eixo era percorrido por um impulso a diferença de potencial variava bruscamente e o oscilógrafo registava então uma curva do tipo representado na Fig. 1.

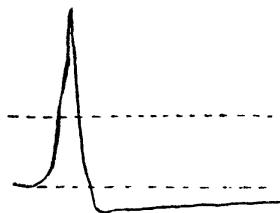


Fig. 1

Potencial de acção do axónio de *Loligo Pealis* (v. texto). A linha horizontal superior corresponde a um potencial nulo através da membrana. A linha inferior corresponde ao potencial de repouso (58 mV) o exterior sendo positivo.

Este electrograma é complexo como o são em geral os electrogramas de todas as células; há primeiro uma ou mais flutuações rápidas de potencial seguidas de flutuações muito

mais lentas e geralmente menos amplas — os «afterpotentials». Admite-se que somente as primeiras correspondem ao processo de excitação em relação com a passagem do impulso (despolarização e mesmo polarização invertida). As segundas são provavelmente determinadas pelos processos de reconstituição da polaridade de repouso. O estudo destes «afterpotentials» é particularmente difícil, constituindo um capítulo ainda muito nebuloso.

Cole e Curtis puderam registar simultaneamente o electrograma e a curva da variação da impedância da membrana e verificaram que a variação brusca e ampla inicial do potencial (spike potencial) se acompanha de uma diminuição também brusca daquela impedância (ou seja de um curto circuito local). Estes fenómenos eléctricos, como se disse, parecem ter um papel importante na condução do impulso e possivelmente identificam-se com ele: de facto pode-se bloquear o impulso numa zona de um cilindro-eixo e no entanto conseguir que ele passe além da zona bloqueada simplesmente estabelecendo uma ponte condutora que a tranponha.

Do conjunto das suas investigações C. e C. concluíram que seria aceitável para a representação duma membrana celular em repouso o esquema eléctrico da Fig. 2. As membranas das células vivas, e em especial do organismo humano podem considerar-se redes de cadeias

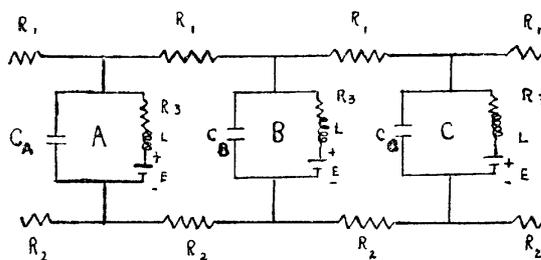


Fig. 2

de prótidos com uma ou mais camadas entre as quais ficam retidos água, iões diversos, lipoides, prótidos solúveis etc. Estas diversas substâncias tendem a distribuir-se na rede de acordo com a distribuição dos grupos lipófilos, hidrófilos, etc. e de um e de outro lado da

membrana, em particular, os iões repartir-se-ão consoante a sua mobilidade, as suas dimensões em relação aos poros da rede, a selectividade da membrana que será permeável a catiões ou aniões, conforme a sua riqueza nos agrupamentos COO^- ou NH_3^+ respectivamente e portanto em relação com o PH do meio e que, a par da sua estrutura peculiar e finura das suas malhas, condicionará coeficientes de repartição variáveis das várias substâncias no fluido de características próprias retido nos seus poros. No esquema da Fig. 2 tem-se em consideração a capacidade da membrana (C) e pelo conjunto R_3 , L e E procura representar-se as características de permeabilidade. R_3 porém tem valor diferente consoante o sentido da corrente (propriedades rectificadoras da membrana — Fig. 3) L é necessitada por fenómenos como as oscilações das curvas inferiores da mesma Fig. 3 e E é uma força eléctro-motriz devida a potencias de difusão e outros.

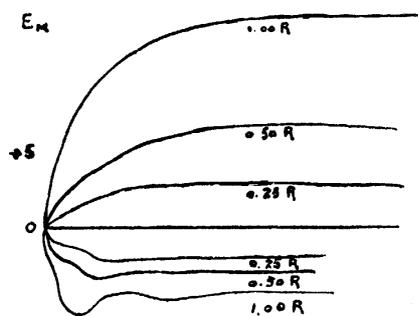


Fig. 3

Variações do potencial de membrana no ânodo e no cátodo depois da aplicação de uma corrente constante de 0,25, 0,5 e 1,0 Reobase. Notar que as variações de potencial são maiores no ânodo (curvas superiores), evidenciando as propriedades rectificadoras da membrana (segundo C e C; curvas registadas ao axónio de L. P).

A excitação da membrana corresponde a uma diminuição brusca da resistência e desaparecimento da F. e. m. local, por ex. em A, o que permite a descarga de condensador C_B através das resistências R_1 , e R_2 a corrente que passa através R_3 nestas condições sendo suficiente para «excitar» este segmento, que fica em curto circuito, facilitando a descarga do condensador C_C e assim sucessivamente.

É óbvio que quando a célula se encontra mergulhada num meio suficientemente extenso e suficientemente condutor, como secede quando faz parte de um tecido num organismo vivo a única resistência apreciável é R_2 sendo ela que determina a rapidez de propagação do impulso e sendo portanto ao longo da célula que se estabelece nas várias fases do processo de despolarização e na sequente repolarização um gradiente longitudinal de potenciais. O meio circundante da célula (supondo-a ainda fazendo parte integrante dum tecido dum organismo vivo) pode ser assimilado a uma rede de condutores electrolíticos (o meio intersticial), tendo em derivação numerosos circuitos do tipo da Fig. 2 (células). O processo de excitação corresponde à transformação duma das malhas num circuito de descarga de um condensador através de resistências e indutâncias.

Esta corrente de descarga distribuir-se-á na rede a três dimensões e naturalmente em cada um dos seus pontos o potencial varia momentaneamente. As variações de potencial locais nos segmentos puramente resistivos estarão relacionadas de acordo com a lei de Ohm, com a condutibilidade e a densidade de corrente locais. Admitindo as necessárias hipóteses conhecidas da teoria geral dos circuitos eléctricos [6] serão aplicáveis o princípio de sobreposição (recorde-se que pressupõe a constância dos vários parâmetros R , L e C), o teorema de Thévenin; etc..

B — Campo eléctrico do coração.

Os fenómenos eléctricos que correspondem à excitação das fibras musculares estriadas e do coração não seriam essencialmente diferentes dos que descrevemos e tem lugar nos nervos.

O coração humano é formado normalmente como se sabe, por duas aurículas e dois ventrículos separados por septos. O músculo cardíaco (miocárdio) é constituído pelo conjunto de grande número de fibras musculares com pontes unitivas mais ou menos numerosas, formando sincícios. Crê-se que sejam

de dois tipos: a maioria do tipo de fibras musculares estriadas que constituem a massa muscular contrátil; outras, mais raras, histologicamente diferenciadas daquelas, que constituem o chamado tecido específico, cujas células são capazes de gerar estímulos independentemente de acções exteriores, estímulos que o mesmo tecido pode conduzir rapidamente para as fibras musculares contrácteis.

Habitualmente os estímulos gerar-se-iam ritmicamente numa zona de tecido específico da aurícula direita (nó sinusal). — Ver Fig. 4 que o transmitiria às aurículas e ao nó de Tawara. Deste pelo feixe de His ao longo do do septo interventricular e pelas suas ramificações (rede de Purkinje) seria conduzido à superfície interior dos dois ventrículos.

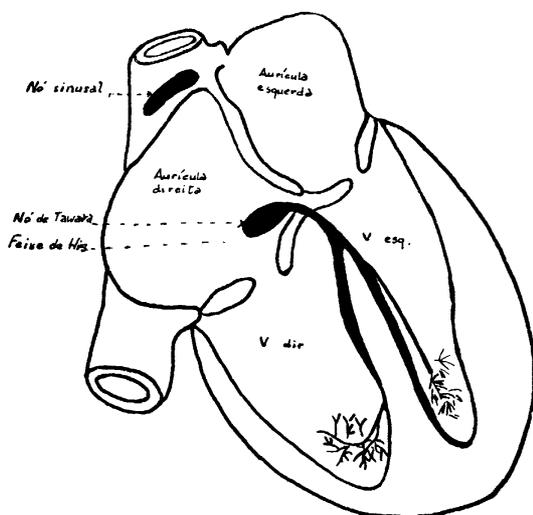


Fig. 4

As variações da diferença de potencial entre dois pontos do corpo devidas à excitação de uma fibra muscular cardíaca poder-se-ia determinar teoricamente se se conhecesse com exactidão a constituição da rede referida na secção anterior equivalente, sob o ponto de vista eléctrico, ao corpo humano. O problema é excessivamente complexo para que tenha sequer sido abordado directamente e é possível que nunca seja resolvido com aproximação suficiente.

Na alternativa de um empirismo absoluto e de uma teoria simplicadora (ou mesmo simplista) a sujeitar ao controle experimen-

tal, pende-se naturalmente para esta última.

Admite-se que as variações de potencial são suficientemente lentas para que a cada momento o campo eléctrico criado pelas fibras cardíacas seja um campo estacionário. Considera-se o meio puramente resistivo, as diferenças de potencial criadas entre dois pontos próximos ao longo das fibras durante a excitação assim como as diferenças de potencial correspondentes à polarização de repouso etc. equivalentes a dipolos. O corpo humano é suficientemente condutor para que se possa definir um campo de vectores \vec{J} diferentes de zero e portanto tangentes em condições estacionárias em cada ponto da sua superfície. A densidade de corrente devida a actividade cardíaca é no entanto muito pequena e poder-se-ia desprezar praticamente a distância superior a 12 cm do coração (assim, por ex. os potenciais seriam aproximadamente os mesmos na raiz e na extremidade dos membros).

O meio sendo suposto isotrópico e homogéneo e o campo estacionário, V nos pontos exteriores ao miocárdio é uma função harmónica igual ao potencial estático que criaria num dieléctrico um conjunto de dipolos equivalentes às diferenças de potencial existentes no coração em cada instante. Incluindo todos estes dipolos instantâneos numa esfera Σ^7 sabe-se que o potencial a distâncias suficientemente grandes é aproximadamente igual ao de um único dipolo (que denominaremos *resultante*) de que a carga negativa por ex. coincide com o centro da esfera (evidentemente supondo o meio indefinido). Representando cada dipolo instantâneo por um vector com origem no centro de Σ a extremidade dos sucessivos vectores descreverá uma curva a que se poderá chamar o «vectocardiograma absoluto»

Contudo o corpo humano não é ilimitado. Se tivesse a forma de uma esfera concêntrica com Σ , em vez de ser o potencial de um dipolo num meio indefinido [3].

$$V = M \frac{\cos \theta}{r^2}$$

seria o de um dipolo cêntrico numa esfera:

$$V = M \cos \theta \left(\frac{1}{r^2} + \frac{2r}{R^3} \right)$$

Neste caso, o potencial junto da superfície seria $V = 3M \frac{\cos \theta}{R^2}$ e portanto proporcional ao de um dipolo num meio indefinido.

Mas de um modo geral ao potencial do dipolo instantâneo tem que se adicionar, em cada ponto, o potencial de uma camada de dipolos de densidade $\tau = \epsilon \Phi$ em que Φ é o potencial em cada ponto da superfície S do corpo humano (corolário dos Teoremas de Green)*. [7] A aproximação com que será possível determinar a partir de derivações superficiais um vectocardiograma semelhante ao Vectocardiograma Teórico, dependerá da medida em que estes potenciais à superfície sejam ainda proporcionais aos do dipolo num meio ilimitado.

C — Electrocardiografia Clínica.

Esquematize-se o objectivo: Pretendem-se obter curvas que sejam função das variações de potencial do corpo humano devidas às variações do campo eléctrico cardiaco, curvas de que uma vez conhecidos os tipos normais nos permitam, pelas modificações de morfologia, discriminar alterações patológicas dos processos eléctricos no miocárdio.

Os pontos de derivação escolhem-se referindo-os geralmente a formações anatómicas superficiais (membros para as derivações clássicas DI, DII e DIII e unipolares dos membros, determinados pontos do precórdio para as precordiais, pontos a várias alturas do esófago, dos brônquios etc. — esofágicas,

brônquicas etc. — do interior dos vasos e cavidades cardíacas — intracavitárias — etc.).

As alterações morfológicas dos ecg. podem corresponder a processos difusos ou a processos localizados em determinadas zonas do miocárdio. Em qualquer dos casos é evidente que é necessário saber corrigir as curvas das variações de factores extrínsecos como as que correspondem a mudanças de posição do coração em relação à superfície do corpo e a alterações do meio entre esta superfície e o miocárdio. No estudo dos processos localizados é naturalmente importante a localização da zona do miocárdio modificada em relação ao normal e a natureza da modificação (hipertrofia de um dos ventrículos, necrose, lesão por inflamação por ex., alteração da propagação da onda de excitação — bloqueio — etc.). Para a localização são possíveis «à priori» dois meios: ou se fará localização que dominaremos «espacial», se se estabelecer que determinadas regiões de cujos pontos se deriva são influenciadas particularmente pelas variações de potencial de determinadas zonas do miocárdio; ou pode-se fazer a localização indirectamente conhecendo a sequência temporal de activação das várias regiões do coração e portanto para cada uma destas regiões a porção que lhe corresponde nas curvas electrocardiográficas.

A evolução da electrocardiografia tem sido norteadada pelos seguintes problemas:

A — Determinar, se possível, uma ordem temporal de activação das várias regiões do miocárdio.

B — Determinar a influência dos factores extrínsecos e corrigir adquadamente as curvas electrocardiográficas.

C — Determinar a possibilidade de localização «espacial»: é o problema das derivações próximas (precordiais, esofágicas etc.).

Porque neste artigo não nos interessa focar senão a essência dos problemas, no que se segue não nos referimos senão ao estudo do processo de activação dos ventrículos que é aliás o que é melhor conhecido.

Também não insistiremos na correcção das curvas dos factores extrínsecos devidos a

*
$$\Phi(x', y', z') = \frac{1}{4\pi\epsilon} \int_V \frac{\rho}{r} dV + \frac{1}{4\pi} \int_S \frac{1}{r} \frac{\partial \Phi}{\partial n} da - \frac{1}{4\pi} \int_S \Phi \frac{\partial}{\partial n} \frac{1}{r} da$$

O campo eléctrico devendo ser tangente em todos os pontos de S , $\frac{\partial \Phi}{\partial n} = 0$.

alterações da natureza do meio, porque, se considerarmos este homogêneo, em todas as circunstâncias, nada resultará além duma redução ou ampliação das voltagens.

a) A activação normal do ventrículo far-se-ia na seguinte ordem [8-3]: num primeiro tempo seria activado o septo, da esquerda para a direita*, depois (segundo tempo) enquanto continua a activação septal a onda atinge a superfície apical do ventrículo direito. Num terceiro tempo completa-se a activação de praticamente todo o ventrículo direito e sucessivamente a ponta e parede lateral do ventrículo esquerdo. A parte superior desta parede e a base do ventrículo esquerdo são activadas no 4.º tempo.

b) A correcção das curvas electrocardiográficas do efeito da posição foi já a preocupação maior de Einthoven [10]. Entre as

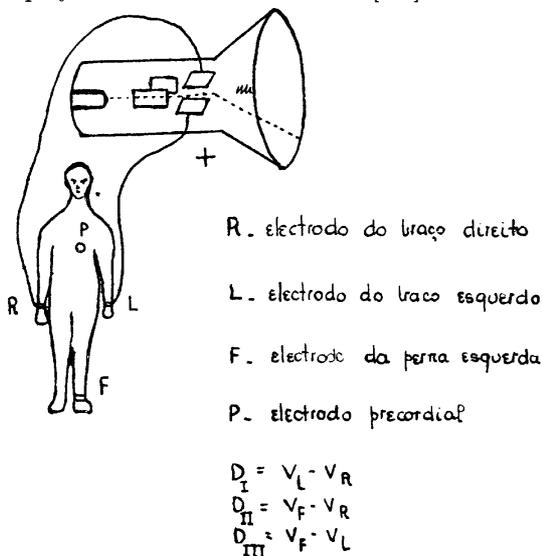


Fig. 5

Durante a actividade do músculo cardíaco criam-se entre os vários pontos do corpo humano diferenças de potencial cujas variações podem ser registadas, depois de convenientemente amplificadas num galvanómetro apropriado. Na figura como exemplo supõe-se que os electrodos colocados nos dois membros superiores comunicam as suas variações de potencial às duas placas verticais do oscilógrafo de raios catódicos desviando correspondentemente o feixe de electrões. As derivações clássicas D_I , D_{II} e D_{III} são definidas pelas relações $D_I = V_L - V_R$ etc., V_R , V_L e V_F correspondendo aos potenciais dos braços direito e esquerdo e da perna esquerda respectivamente.

* Deve-se se notar que a ordem de activação septal é particularmente controversa [9-3].

derivações D_I , D_{II} e D_{III} existe (V. fig. 5) a relação: $D_{III} = D_{II} - D_I$. Como dadas três quantidades A , B e C tais que $C = B - A$, o sistema das equações

$$\begin{cases} A = E \cos \alpha \\ B = E \cos(\alpha - 60^\circ) \end{cases}$$

permite determinar E e α em função de B e A e será

$$C = E \cos(120^\circ - \alpha)$$

é sempre possível fazer corresponder às deflexões simultâneas D_I , D_{II} e D_{III} , um vector E fazendo com um lado de um triângulo equilátero, que se fará corresponder a D_I , um ângulo α tal que as quantidades D_I , D_{II} e D_{III} igualemente as projecções de E sobre os três lados. (fig. 6).

A hipótese de Einthoven consiste em admitir que a direcção de E coincide com a do dipolo resultante referida à linha de união das raízes dos membros superiores. Tal sucederá com suficiente aproximação se os pontos médios destas e o púbis formarem um triângulo equilátero e o centro da esfera Σ se poder considerar no baricentro deste triângulo (e naturalmente o meio homogêneo). A insegurança da base teórica desta hipótese, parece-nos óbvia se se notar que sempre que o centro de Σ se aproxima da parte média do corpo, o seu raio R cresce de tal modo que a distância por ex. do centro da esfera à raiz do braço esquerdo dificilmente se poderá considerar grande em relação a R .

No entanto o cálculo de eixos eléctricos pelo método de Einthoven tem-se tentado apoiar em estudos experimentais [3] e, embora estes nem sempre tenham sido favoráveis, é indiscutível o seu valor prático.

O ideal para a correcção do efeito de posição seria evidentemente obter curvas tanto quanto possível invariantes em relação às variações de posição. O vectocardiograma espacial (fig. 7) corresponderia teoricamente a este ideal. A sua obtenção prática fica porém sujeita ao grau de aproximação com que se realizam as condições de grande afastamento e equidistância em relação ao centro

da esfera e homogeneidade e simetria esférica do corpo humano. São necessários ainda numerosos estudos sérios antes que se possa aquilatar o valor real do método vectocardiográfico. É de lamentar que os investigadores não tenham ainda assentado numa técnica standardizada (por ex. a de Sulzer e Duchosal) [11] e é ainda mais lamentável o entusiasmo hipertrófico que alguns manifestam. Não nos parecem evidentes frases como a

de projecções em planos, cair-se na multiplicidade de curvas que se pretendia evitar com a agravante de não se ter facilmente uma marcação do tempo que permita obter as posições sincrónicas nas várias curvas). Além disso sempre que a activação se realize de maneira aberrante, a ordem temporal de activação sendo alterada, a localização é impossível sem que por outro método se determine aquela.

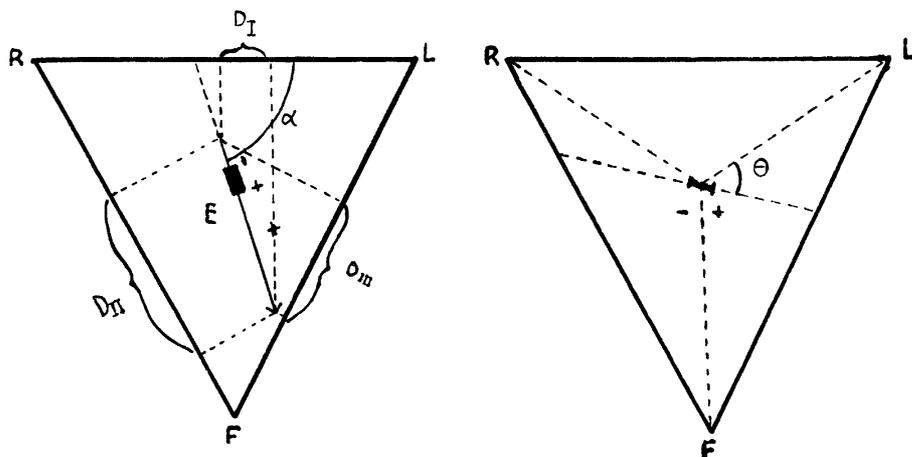


Fig. 6

Einthoven supôs que as diferenças de potencial registadas nas derivações clássicas são equivalentes às que cria um dipolo situado no centro de um triângulo equilátero e homogêneo entre os seus vértices. Estes corresponderiam aos centros de gravidade das áreas da inserção no tronco dos membros superiores (R para braço direito, L para braço esquerdo) e ao púbis (F). Se se representar por E a força electromotriz resultante da actividade cardíaca num determinado instante a diferença de potencial registada por ex. entre os dois membros superiores (D_I) seria proporcional à projecção de E sobre a direcção \overline{RL} .

Nesta hipótese é fácil verificar a relação existente entre os potenciais registados no braço direito (V_R), braço esquerdo (V_L) e púbis (ou perna esquerda) - (V_F). Efectivamente (desenho da direita), o potencial em L será $K \frac{\cos \theta}{r^2}$ em R $K \frac{\cos(\theta + 120^\circ)}{r^2}$ e em F $K \frac{\cos(\theta + 240^\circ)}{r^2}$

Como $\cos \theta + \cos(\theta + 120^\circ) + \cos(\theta + 240^\circ) = 0$ será $V_R + V_L + V_F = 0$.

seguinte: «If the position of an intracardiac electrode is known in relationship to E it should be possible to predict the form of any intracardiac electrocardiogram» [12]. Como em pontos muito próximos v. g. de um e de outro lado do septo interventricular a forma do electrocardiograma intracardiaco é muito diferente o que se pode entender por posição em relação a E??.

Deve-se notar que a vectocardiografia tem de ser a 3 dimensões para realizar o seu objectivo (e de aí resultam dificuldades de visualização e no caso de se usar o sistema

c) Fica justificado tentar estudar o campo eléctrico próximo.

É esse o objectivo interessante das unipolares. Se for possível obter um ponto que durante o ciclo cardíaco se mantenha a potencial constante um oscilógrafo que registre as variações de potencial entre um eléctrodo explorador colocado no precórdio, esófago, cavidade cardíaca etc.) e esse ponto a potencial constante, registará exclusivamente as variações de potencial no ponto explorado. Inicialmente denominaram-se unipolares as derivações que se obtinham explorando sômen-

te pontos bastante próximos do coração e supondo constante o potencial de um eléctrodo colocado a distância apreciável (por ex. na perna esquerda).

Wilson e col. [13] em 1934 descreveu um método em que se determina a diferença de potencial do eléctrodo explorador e um ponto — terminal central — ligado aos eléctrodos da perna esquerda e dos braços direito e esquerdo por intermédio de resistências não indutivas da ordem de 5.000 Ω . As ligações devem ser feitas como se indica na Fig. 8. Por aplicação das leis de Kirchhoff, o potencial de C [14] será

$$c_0 = \frac{bce_1 + ace_2 + abe_3}{bc + ac + ab} \quad (1)$$

e se as resistências de contacto nos membros forem iguais:

$$c_0 = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{3}$$

e se as hipóteses do triângulo de Einthoven se verificam (considerando nulas as influências nos potenciais dos membros da componente normal ao plano frontal do dipolo cardíaco):

$$e_1 + e_2 + e_3 = 0$$

e portanto $e_0 = 0$

Como as resistências de contacto nos membros nunca poderão ser rigorosamente iguais as igualdades $a = b = c$ terão tanto melhor

(1) Representando (Fig. 8) e_0 a voltagem instantânea no terminal central, e_1 , e_2 e e_3 respectivamente as voltagens no braço direito, braço esquerdo e perna esquerda e fazendo

$$\begin{aligned} aR &= R_{RA} + 5.000 \\ bR &= R_{LA} + 5.000 \\ cR &= R_{LL} + 5.000 \end{aligned}$$

resulta efectivamente por aplicação das leis de Kirchhoff:

$$i_3 = i_1 + i_2$$

$$\frac{e_0 - e_3}{cR} = \frac{e_1 - e_0}{aR} = \frac{e_2 - e_0}{bR}$$

e portanto

$$c_0 = \frac{bce_1 + ace_2 + abe_3}{bc + ac + ab}$$

aproximação quanto maior for R , pelo que esta seria indispensável [15-16] (contra a impressão de Goldberger [17]). No entanto numa série de observações só em 1% dos casos havia discrepâncias de significado clínico entre os *ecg* utilizando os 5.000 Ω e não os utilizando [18].

Todavia a dependência das condições de aplicabilidade da hipótese de Einthoven torna vacilante a base teórica das unipolares de Wilson.

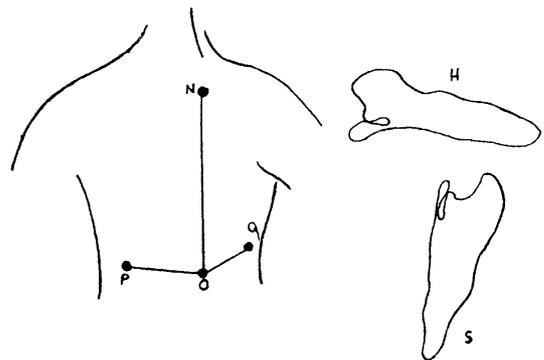


Fig. 7

Na figura indicam-se as posições dos electrodos para a obtenção de vectocardiogramas pela técnica de Sulzer e Duchosal.

Para registar por exemplo o vectocardiograma frontal liga-se o par de placas horizontais ao ponto O (situado na parte inferior direita do dorso) e a P, as variações de potencial entre estes dois pontos deslocando o feixe de electrões do tubo de raios cartódicos na horizontal, e o par das verticais também a O (electrodo comum) e a N o desvio do feixe sendo na vertical. Resulta da composição destes dois movimentos uma curva (de Lissajous) que é o vectocardiograma frontal. H e S são exemplos de vectocardiogramas horizontal e sagital, respectivamente. Combinando dois vectocardiogramas planos pode-se construir o vectocardiograma espacial.

Mas, seja como for, experimentalmente [15] tem-se podido demonstrar que em individuos normais as variações do potencial do «Terminal central» não excedem 0,35 m. V. Tem-se confirmado a sua superioridade em relação a outros eléctrodos indiferentes.

Deve-se notar no entanto que seria necessário um número mais significativo de determinações e que essas determinações fossem também realizadas em condições patológicas (hipertrofias muito particularmente) para assegurar uma convicção mais firme.

Parece que variações de potencial do ter-

minal central da ordem de 0,35 m. V. são bastante elevadas para que se não deva considerar unipolares as chamadas «unipolares dos membros» que se obtêm colocando o electrodo explorador num dos membros, por ex. na perna esquerda, onde as variações de potencial podem ser relativamente pequenas.

Por outro lado estas variações devem considerar-se desprezíveis quando o electrodo explorador se encontra suficientemente próximo do coração e muito particularmente no interior de uma das cavidades como acontece com as intracavitárias que se podem obter introduzindo um cateter com o electrodo numa veia do braço e empurrando-o até atingir as cavidades direitas ou «mutatis mutandis» numa artéria do braço para as cavidades esquerdas.

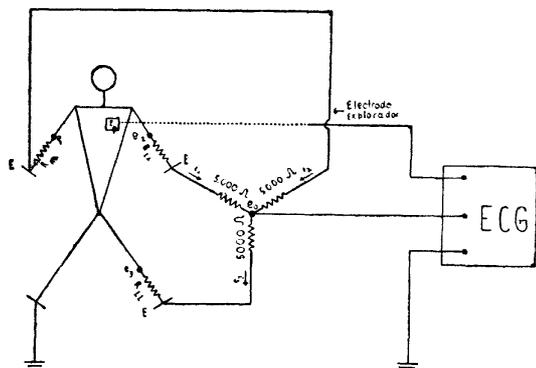


Fig. 8

Derivações unipolares de Wilson

Registam-se no electrocardiograma as diferenças de potencial entre o terminal central (eo) e um electrodo explorador que pode ser colocado no precórdio (eléctrodo precordial — E_p na figura) ou num membro, no interior do esófago. etc.

E — electrodo.

R_{RA} , R_{LA} e R_{LL} resistências da pele respectivamente sob o electrodo do braço direito (Right Arm), do braço esquerdo (left Arm) e da perna esquerda (left leg).

As unipolares precordiais (Fig. 9) são de teoria mais controversa. Wilson verificou em cães a semelhança dessas derivações e de unipolares directamente obtidas de pontos da superfície cardíaca imediatamente subjacentes. Provavelmente as regiões percorridas pela onda de despolarização poder-se-iam classificar em regiões próximas e longínquas, a

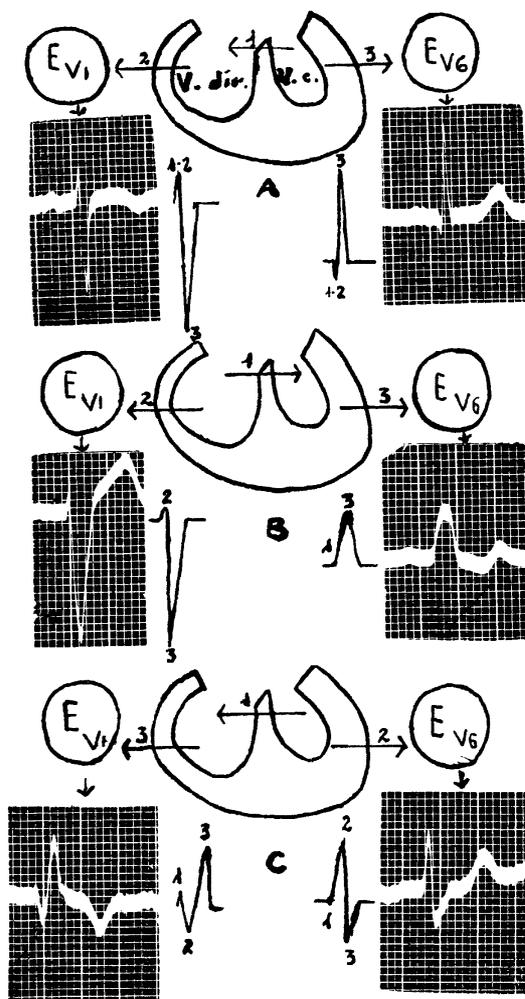


Fig. 9

Unipolares precordiais de Wilson

Os registos mostram uma onda lenta inicial P (ativação das aurículas) e uma onda lenta final T. O complexo rápido corresponde à excitação dos ventrículos. Em A → à esquerda V_1 , registo obtido com o electrodo (E_{V1}) no hemitórax direito; à direita, V_6 obtido com o electrodo sobre o hemitórax esquerdo. Trata-se de registos normais. No esquema indicam-se por setas os sentidos em que se dão em média a activação septal, a da parede do ventrículo direito e a da parede do ventrículo esquerdo (V. dir. — ventrículo direito; V. e. — ventrículo esquerdo). Os números indicam a ordem de activação: 1 — primeiro o septo, etc. O electrocardiograma, feitas adequadamente as ligações, regista deflexões para cima da linha isoelectrica quando a onda de excitação se aproxima e para baixo quando se afasta do electrodo explorador.

Em B → o mesmo no caso de bloqueio do ramo esquerdo do feixe de His. A excitação do septo faz-se da direita para a esquerda e a excitação do ventrículo faz-se por tecido muscular não diferenciado muito lentamente e por isso o complexo é largo.

Em C → o mesmo, mas bloqueio do ramo direito. A excitação do ventrículo direito faz-se lenta e tardiamente por tecido muscular não diferenciado.

influência das próximas predominando nas variações de potencial registadas. As precordiais unipolares foram assim denominadas «semi-directas».

Nesses pontos o campo eléctrico cardíaco não poderá no entanto ser considerado idêntico do de um dipolo único? A nós parece-nos dificilmente aceitável, sob o ponto de vista teórico. As distâncias das zonas activadas não são suficientemente grandes para que as potências de $\frac{d}{R}$ correspondentes ao quadripolo etc. [7] sejam seguramente desprezáveis. Todavia electrocardiografistas, como Duchosal, [11] tentam derivar as precordiais do vectocardiograma e é implícito que pretendem demonstrar que experimentalmente aquelas potências são desprezáveis.

As precordiais de Wilson em virtude da sua relativa invariância em relação às variações de posição, da voltagem apreciável e consequente maior sensibilidade às alterações patológicas, independentemente do seu valor na localização espacial, mantêm significado práctico inegavelmente valioso.

Considerações finais:

Neste curto resumo, quiz-se evidenciar alguns dos numerosos problemas que a electrocardiografia clínica põe aos físicos. Deve-se notar que a plêiade dos que se dedicaram a estes problemas conseguiu já construir teorias que, embora por vezes grosseiras, têm sido extremamente fecundas como guias do raciocínio na análise dos electrocardiogramas.

Um melhor conhecimento das características eléctricas dos vários tecidos que rodeiam o coração do homem vivo, parece indispensável. Relembre-se que uma hipótese fundamental tem consistido em considerar o corpo humano homogéneo e isotrópico, sob o ponto de vista eléctrico.

Em determinados casos, a influência da desigual condutibilidade dos tecidos parece difícil de regeitar. Um exemplo concreto: A ausência de correlação entre o grau de modificação dos complexo e a mudança de posição encon-

trada por Todd e Anderson [20] e também por Feldman e Silverberg [20] nos seus estudos do ecg antes e depois de pneumotorax artificiais, é atribuída por estes autores à interposição do ar entre o coração e a parede torácica. São numerosos os casos (pericardites etc.) em que, como neste exemplo, se tem sido obrigado o fazer intervir a desigual condutibilidade dos tecidos que rodeiam o coração para explicar a alteração das curvas electrocardiográficas. Mas, mesmo em condições normais, os vários tecidos não têm a mesma resistência.

As determinações de resistências feitas no cadáver são de valor muito controverso.

Benjamin [21] e col. fazem uma revisão de conjunto das determinações feitas em tecidos vivos; insistem na necessidade de medir directamente resistividades no homem vivo in situ; notam que o único ensaio neste sentido (de Kaufmann e Johnston) conduziu a valores de resistividades que vão desde 138 ± 40 Ohms-cm para o soro e 2006 ± 207 Ohms-cm para a gordura, estando longe de sancionar, mesmo para efeitos prácticos, a homogeneidade eléctrica do corpo humano.

Concluem que «the whole matter of relative resistivity of tissues is still an open question.

If major inhomogeneities of resistance of the tissues surrounding the heart were found to be present electrocardiographic interpretation of local abnormalities of myocardial electrical generation might best be studied by the application of circuit analysis rather than field analysis methods».

Assim no campo da experimentação como da teoria muito há a esperar dos trabalhos dos físicos para o progresso da racionalização da electrocardiografia clínica, e portanto para que se tornem possíveis de futuro mais seguros e precisos diagnósticos em cardiologia.

J. ARAÚJO MOREIRA
Assistente do I. P. O.

BIBLIOGRAFIA

- [1] LAPICQUE L. *Traite de Phys. Norm. et Pathol.* (G. H. Roger) — VIII: 75-1929.
- [2] BETTENCOURT J. M. — *Potenciais bioelectricos. Actual Biológicas.* XVIII — 101.

- [3] SODI-PALLARES D. — *Nuevas bases de la electrocardiografía* — Imp. Med. Mexicana — 1951.
- [4] CURTIS H. J. e COLE K. S. — *Med. Physics.* (O. GLASSER) — II 589 — 1950.
- [5] CURTIS H. J. e COLE K. S. — *Membrane resting and action potential from the squid giant axon* — J. Cell. & Comp. Physiol. 19: 135, 42.
- [6] PLANCK M. — *Électromagnetisme*, Alcan, 39 — p. 346.
- [7] STRATTON J. A. — *Electromagnetic Theory.* — Mc Graw Hill C. — 1941.
- [8] GARDBERG. M. e ASHMAN R. — *QRS complex of electrocardiogram.* Arch. Int. Med. — 72: 210, 43.
- [9] SODI-PALLARES D. et alt. — *The activation of the interventricular septum.* Am. Heart J. 41: 569, 51.
- [10] EINTHOVEN W. et alt. — *Über die Richtung und manifeste Grösse etc.* Pflüger's Arch 60: 275, 13. Am. Heart J. 40: 163, 50
- [11] DUCHOSAL P. W. e SULZER R. — *La vectocardiographie* — S. Karger 1948.
- [12] SCHERLIS et alt. — *Spatial vectocardiography* VI. — Am. Heart J. 42, 264, 1951.
- [13] WILSON P. N. et alt. — *Électrocardiograms that represent the potential variations of a single electrode.* — Am. Heart J. 9: 447, 34.
- [14] RAPPAPORT M. B. e WILLIAMS C. — *An aualysis of the relative accuracies of the Wilson and Goldberger methods etc.* Am. Heart J. 37: 892, 49.
- [15] DOLGIN H. et alt. — *Experimental studies on the validity of the central terminal etc.* Am. Heart J. 37: 868, 49.
- [16] KERT M. J. e BRYANT J. M. — *The potential differences between multiple central terminals, each connected to a separate set of limb electrodes.* Am. Heart J. 37: 1035, 49.
- [17] GOLDBERGER — *Simple indifferent elcetrode etc.* Am. Heart J. 23: 483, 42.
- [18] GRIFFITH H. I. e SOKOLOW M. — *A stucly... with and without 5.000 Ω...* Am. Heart J. 41: 105, 51.
- [19] WILSON E. N. et alt. — *The precordial electrocardiogram.* Am. Heart J. 27: 19, 44.
- [20] FELDMAN D. e SILVERBERG C. — *Electrocardiographic changes in pulmonary collapse therapy.* Am. Heart J. 35: 300, 43.
- [21] BENJAMIN J. M. JR. et alt. — *The electrical conductivity of living tissues etc.* Circulation 2: 3, 321, 50.

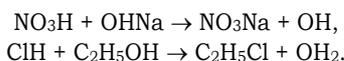
Limitaram-se as referências a artigos a que é feita menção especial no texto e àqueles em que o leitor interessado pode encontrar revisões de conjunto com mais ampla bibliografia.

11. QUÍMICA

EXAMES DE ENSINO MÉDIO

Exames do 3.º ciclo — Julho de 1951 — 1.º chamada.

83 — Considere as reacções traduzidas pelas seguintes equações químicas:



Cada uma destas equações exemplifica um grande grupo de reacções análogas.

a) Como se denominam as reacções exemplificadas na primeira equação? E as exemplificadas na segunda?

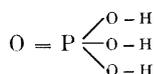
b) A reacção traduzida pela segunda equação é uma reacção incompleta. Que significa esta expressão?

c) Atendendo a esse facto, como é de uso frequente escrevê-la?

d) A velocidade dessa reacção, no sentido indicado acima, será constante desde o início até ao seu limite?

Diga o que sabe a esse respeito e escreva o enunciado da lei em que basear a sua resposta.

84 — A fórmula de estrutura aceite para o ácido ortofosfórico é a seguinte:



Escreva a fórmula de estrutura do ortofosfato tricálcico.

85 — a) Escreva o enunciado da lei da crioscopia de Raoult.

b) Explique por que motivo não poderia aplicá-la, indiferentemente, a um soluto de glicose ou a um soluto de cloreto de sódio, e escreva as expressões matemáticas que, em cada um destes casos, lhe dariam a depressão crioscópica.

c) Supondo que se tratava de um soluto de cloreto férrico, extremamente diluído, por que valor teria de substituir o número n de moléculas dissolvidas, na expressão que traduz a lei?

86 — a) A que fisico se deve a primeira transmutação provocada e em que época foi realizada, aproximadamente?

b) Refira-se ao elemento transmutado, ao processo usado nessa transmutação e aos fenómenos cujo conhecimento levou a essa memorável experiência.

87 — Preparou-se no laboratório uma água sulfídrica, da qual se lançaram 5 cm³ sobre um soluto de nitrato de chumbo. O precipitado assim obtido, depois de lavado e seco, pesava 0,12 g.

a) Qual é a concentração desta água sulfídrica, em gramas por litro?

b) Que volume de soda decinormal é necessário para neutralizar 10 cm³ da mesma água?

R: a) 3,4 g/l. b) 20 cm³.

Exames do 3.º ciclo — Julho de 1951 — 2.ª chamada.

88 — Considere as seguintes famílias radioactivas:

Família do urânio. Família do actínio. Família do tório. Como sabe, os átomos dos elementos destas famílias sofrem transformações espontâneas especiais — desintegrações — por emissão de radiações.

a) Que espécie de radiações podem acompanhar cada um dos processos naturais de desintegração? Que caracteriza cada uma delas?

b) Qual é o termo estável em que termina a evolução de cada uma delas?

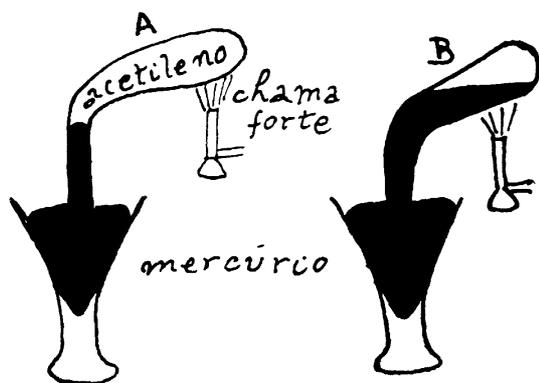
c) Que sabe acerca das semelhanças e diferenças entre os três elementos finais dessa evolução e da designação que, de acordo com elas, lhe foi dada?

Dar-se-ão casos idênticos com outros elementos?

d) Como se justificam tais semelhanças e diferenças segundo a constituição atômica que estudou?

89 — Observe a figura junta:

a) Qual foi o produto obtido pelo intenso aquecimento do tubo A?



b) Supondo iguais as condições de pressão e temperatura, em A e B, e completa a transformação, qual seria a relação entre os volumes da massa gasosa em A e B?

c) Escreva a equação química que traduz a transformação produzida.

d) Escreva a fórmula de estrutura da primeira destas substâncias e a fórmula de estrutura que estudou para a segunda.

Justifique, perante essas fórmulas, a possibilidade de estes compostos originarem produtos de adição e apresente um exemplo para cada um deles.

90 — a) Que é, quimicamente, um sabão?

b) Se lançar, sobre um fragmento seco de sabão, umas gotas de soluto alcoólico de fenolftaleína, observará algum fenómeno notável? E se lhe juntar, em seguida alguma água, que observará?

c) Justifique o fenómeno à luz da teoria iónica.

91 — Um composto orgânico muito volátil, constituído por carbono, hidrogénio e cloro, tem a seguinte composição:

Carbono	37,209 %
Hidrogénio	7,752 %
Cloro	55,039 %

A densidade do seu vapor, nas condições normais de pressão e temperatura, é $d=2,229$.

a) Escreva a sua fórmula molecular e diga de que composto se trata e a que função química pertence.

b) Escreva o enunciado da lei que aplicou na resolução deste problema.

R: A fórmula empírica obtida a partir da composição centesimal, é C_2H_5Cl .

De $M=29$ d, calcula-se $M=64,64$, que mostra ser a fórmula molecular igual à empírica.

Trata-se do cloreto de etilo, derivado halogenado de um hidrocarboneto saturado.

Soluções de Alice Maia Magalhães

12. INFORMAÇÕES VÁRIAS

NOTICIÁRIO

O novo número de «Toute le Rádio»

Pour la troisième fois, notre excellent confrère «Toute la Radio» public son numéro annuel d'Exportation. Il se présente sous forme d'un volume de 160 pages dont plus de la moitié en couleurs. C'est par excellence un numéro d'idées neuves qui touche à tous les domaines des télécommunications, de l'électronique et de la télévision.

On y trouve notamment un très intéressant étude sur le nouveau haut-parleur ionique sans pièces mobiles, ainsi que le project d'un montage absolument révolutionnaire à utiliser avec ce haut-parleur, montage dépourvu de toute détection ou d'amplification en basse fréquence.

Le domaine des hyperfréquences est traité dans ses applications au radar, alors que les fréquences acoustiques sont l'objet d'études consacrés aux noyaux en double C et à l'oreille artificielle. Un étude sur la magnétostriction et un autre consacré aux tubes

compteurs, apportent une utile contribution à la rubrique électronique de ce numéro.

Un récepteur de trafic, d'intéressants appareils de laboratoire, des tableaux de correspondance des tubes américains et européens, des tableaux de brochage des tubes Noval, un compte rendu du premier Salon de la Télévision et de nombreux autres articles complètent utilement la documentation de ce numéro. Innovation remarquable, il comporte un répertoire de seize pages en deux couleurs, indiquant les principaux fournisseurs français de matériel radio avec un classement détaillé par spécialités.

Illustré de 120 figures, le numéro d'Exportation (numéro 160, novembre 1951.) de *Toute la Radio* peut être obtenu directement de l'éditeur: Editions Radio, 9, rue Jacob, Paris (6.^o), au prix de 160 Fr par poste pour la France et de 200 Fr pour l'étranger.

Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências

Realizou-se em Málaga, de 9 a 15 de Dezembro findo, o Congresso Luso-Espanhol para o Progresso das Ciências. Esta nota refere-se apenas à secção destinada à Física e à Química.

Às sessões de trabalho destinaram-se todos os dias, alguns dos quais com duas sessões.

Não foram as comunicações em número tal que ocupassem todas essas sessões, razões porque os trabalhos ficaram concluídos no antepenúltimo dia.

Poucas foram as exposições relativas à Física e todas provinham apenas de trabalhos feitos em Lisboa. O maior número dizia respeito à Química, onde algumas mostraram técnicas trabalhosas e resultados importantes.

Como os assuntos eram muito especializados e só conhecidos no momento em que eram lidos, poucos tiveram discussão e quando alguma consideração se fazia era muita vaga.

Parece-nos vantajoso que houvesse exemplares passados à máquina que permitissem acompanhar a exposição facilitando a sua discussão com real utilidade.

Segue-se a relação dos trabalhos apresentados.

Júlio Palácios: — *As dimensões da temperatura. A energia electrostática dos núcleos atómicos.*

Jaime Xavier de Brito: — *A unificação da nomenclatura e dos símbolos das grandezas e unidades físicas. — Sobre os moldes dos programas e dos livros de Física no ensino médio.*

Kurt Jacobsohn e Deodata de Azevedo: — *Inactivação bioquímica da tiamina.*

António Manuel Baptista: — *Fenómenos de troca entre metais e electrolitos e corrosão metálica. Estudo da «corrente residual» com o eléctrodo de gotas de mercúrio.*

Lídia Salgueiro e José Gomes Ferreira: *Estudo da forma e da intensidade da banda satélite que acompanha a risca $L\beta_2$ do ouro.*

António José Rebelo Bustorff: — *Da influência da fase gasosa nos potenciais dos eléctrodos solúveis.*

Juan Vecino R. Navas: — *Comportamento do eléctrodo de Pt quando sobre ele se deposita um metal menos nobre (Zn).*

Fernando Carvalho Barreira: — *Estudo da adsorção de catiões com o eléctrodo de gotas de mercúrio.*

Aloisio Fernandes Costa e José Cardoso do Vale: — *Análise da essência de *Juriperus Phoenicea* L. Análise da essência de *Artemia Vulgaris* L. Análise da essência de *Lavendula Latifolia*.*

L. Nogueira Prista: — *Um flavonosídeo no *Ptalroxylon obliquum*.*

Armando Laroze Rocha e João Alves da Silva: — *Ensaio sobre o poder de troca de bases nos alcaloides.*

A. Correia da Silva e L. Nogueira Prista: — *Nota previa sobre a acção circulatória de bases nos alcaloides.*

Fontán (J.) y Ruiz Sanchez (F.) — *De la Sección de Plásticos del Patronato «Juan de la Cierva»: — Nuevos agentes catalíticos en la Polimerización vinílica.*

Garcia Pineda (M.^a D.) y D. Montequi — *Del Instituto Oceanográfico: — Acerca de la sustancia anticoagulante de las algas rojas.*

Martín Panizo (F.) — *Jefe de la Sección de Productos Naturados del Instituto «Alonso Barba» de Química: — Introducción al estudio del insaponificable de las Brasas de las lanas españolas.*

M. Municio (Angel) — *Colaborador Científico del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Instituto «Alonso Barba»: — Sobre la estructura de la fosfatasa renal.*

Perez A. Ossorio (R.) — *De la Empresa Nacional «Calvo Sotelo» de combustibles líquidos: — Cinética y mecanismo de la prototropia.*

Toledano (A.) — *De la Empresa Nacional «Calvo Sotelo» de combustibles líquidos: — Fermentación butirica técnica-Recipientes de hierro. Fermentación butirica técnica. Ensayos de calentamiento para mantener los límites de simbiosis.*

Cabra Fernandez (Aurélio) — *De la Empresa Nacional «Calvo Sotelo» de combustibles líquidos: — Contribución al aprovechamiento de residuos agrícolas. Preparación y propiedades de esteres butílicos.*

Rodríguez Jurado — *De la Empresa Nacional «Calvo Sotelo» de combustibles líquidos: — Aceites lubricantes sintéticos.*

C. Gómez Herrera y R. Guzmán — *del Instituto de la Grasa del Patronato «Juan de la Cierva»: — Sulfonatos de aceites de orujo como detergentes en agua de mar,*

J. M. R. de la Borbolla, C. G. Herrera, R. Guzmán y

R. Vázquez — del Instituto de la Grasa del Patronato «Juan de la Cierva»: — *Estudio sobre el adlezo de aceitunas verdes. VII. Efectos del tratamiento con legía.*

X. B. e G. F.

Prémio Nobel de Física

O prémio Nobel de Física de 1951 foi atribuído aos físicos sir John Cockcroft, director da Comissão de Pesquisas atómicas da Grã-Bretanha e dr. Ernest Walton, do Trinity College de Dublin.

Estes sábios montaram uma instalação que lhes permitiu em 1932, obter as primeiras transmutações provocadas por partículas aceleradas artificialmente.

A primeira transmutação, assim provocada consistiu na obtenção de hélio por bombardeamento do lítio utilizando protões acelerados.

Esta reacção teve ainda a importância de permitir comprovar experimentalmente a fórmula de Einstein de equivalência entre matéria e energia.

L. S.

Guias para cegos

Quando se conheceram os fundamentos do *radar* julgou-se possível fazer a sua aplicação a um aparelho portátil que servisse de guia prático para os cegos. No entanto, verificou-se que haveria de pôr de parte tal ideia.

Fizeram-se experiências recorrendo a um aparelho muito simples. Utilizou-se um emissor de ondas sonoras colocado próximo do foco de um reflector parabólico. O som reflectido permite obter notáveis indicações sobre os obstáculos (postes, arvores, etc...) o que torna este aparelho vantajoso para cegos. O som emitido lateralmente pode por exemplo permitir ao cego a marcha a uma certa distância de uma parede, sem que seja necessário voltar constantemente para ela o seu emissor.

Este aparelho tem uma forma e tamanho semelhantes aos de uma lanterna eléctrica tubular.

(*Electronic Engineering, Jan. 1951*)

L. S.

O planeta mais próximo do Sol

O astrónomo W. Baade fotografou em Junho de 1949, do Observatório do Monte Palmar, uma zona do céu próximo da estrela Antares.

Observou na fotografia, entre as imagens das estrelas, um traço luminoso correspondente a um objecto que se tivesse deslocado, em relação às estrelas, durante a exposição. Este mesmo astrónomo descobriu em 1924 o planeta mais afastado do Sol, que passa no exterior da órbita de Saturno. Observações posteriores mostraram a existência de um novo pequeno planeta.

Estudou-se o seu movimento durante um mês, obtendo-se dados com os quais foi possível calcular a sua órbita. O novo planeta passa mais próximo do Sol,

que qualquer outro asteroide, e mais perto do que qualquer outro astro com excepção dos cometas. O seu diâmetro não ultrapassa 1,5 km. Calcula-se que a sua temperatura média varia entre largos limites: é inferior a 0° C no ponto mais afastado do Sol e superior a 500° C no perihelio.

Seguindo o movimento deste astro durante várias revoluções, espera-se observar as perturbações que exerce sobre mercúrio, e deduzir do resultado o valor mais próximo da massa do referido planeta, ainda mal conhecida.

(*Science et Vie, Dez. 1950*)

L. S.

CRÍTICA DE LIVROS

The Story of Atomic Energy, por F. SODDY — *New Atlantis Publication, London, 1949.*

Este livro começa por se referir aos estudos dos alquimistas e trata em seguida de vários capítulos da Física que constituem a base para uma boa compreensão da fissão do átomo e das suas consequências. É ilustrado por 92 figuras que tornam mais clara a exposição.

Parece-nos, no entanto, que há uma certa desigualdade no desenvolvimento dos diferentes assuntos. Com efeito, por vezes, o autor desce a pormenores sem grande interesse no que diz respeito ao fim que o livro visa, tratando superficialmente matérias mais directamente ligadas à energia atómica. Com a leitura deste livro consegue-se, no entanto, ter uma visão clara da forma como surgiu a ideia do aproveitamento da energia atómica.

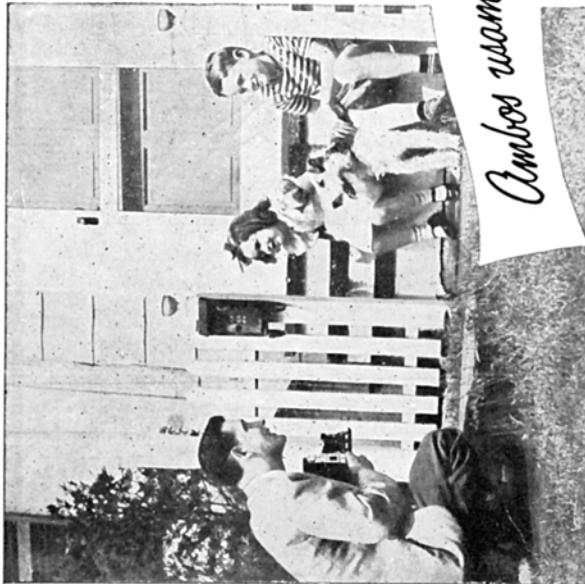
O último capítulo é dedicado pelo autor ao futuro da energia atómica. As judiciosas considerações, de carácter pessoal, feitas pelo autor, o qual acompanhou a radioactividade desde os seus primeiros passos, referem-se não só à parte propriamente científica, mas ainda aos indivíduos que nela devam tomar parte. Assim, dedica alguns parágrafos à análise da responsabilidade social dos cientistas, às relações entre a ciência e a comunidade e finalmente ao divórcio da ciência em relação à cultura e ao governo.

L. S.

Nota aos assinantes

Em virtude da notável despesa que acarreta para a *Gazeta de Física*, a cobrança da assinatura, pedimos aos nossos estimados assinantes, nos enviem um vale com a quantia de 40\$00, referente à próxima assinatura. Imediatamente lhes será enviado o correspondente recibo.

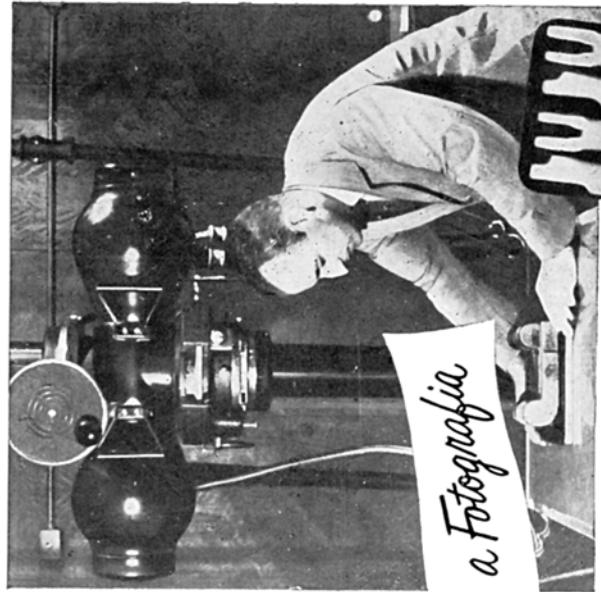
A DIRECÇÃO



V. S., para instantâneos...

lembranças de horas felizes

Amboos usam a Fotografia



**O inspetor de peças fundidas,
para radiografias...**

indispensáveis para assegurar-se de que
não há defeitos internos nas peças fundidas
que se usam em automóveis, trens, aviões,
maquinaria agrícola, etc., contribuindo
assim para maior segurança.

Em dois dos inúmeros campos em que a Kodak
põe a fotografia a seu serviço.

"KODAK" É MARCA REGISTRADA

Kodak

KODAK Portuguesa Limited—R. Garrett, 33, Lisboa

UM MUNDO DE PRODÍGIOS

PARA O LAR

PHILIPS

PARA AS ARTES

PHILIPS

PHILIPS

PARA A TÉCNICA

PHILIPS

PARA A CIÊNCIA

60 ANOS DE PROGRESSO

