meses, antes que se consiga interpretá-los convenientemente.

Uma dificuldade que surgiu com os primeiros lançamentos, resultou do facto de não haver uma rede completa de estações receptoras ao longo da órbita do satélite. Desta maneira os dados emitidos pelos satélites não são captados totalmente, desperdiçando-se todos aqueles dados que foram emitidos em porções da órbita na qual não existem estações receptoras. Este inconveniente é mais acentuado para os satélites cujo plano de órbita é pouco inclinado em relação ao equador, visto que então atravessam regiões do globo desabitadas ou em que existem mares.

Um problema que resulta do lançamento de diversos satélites, consiste na maneira precisa de os identificar visto que a sua observação é difícil. Por isso adoptou-se uma nomenclatura semelhante à adoptada para as aparições dos cometas. Assim o primeiro satélite lançado em 1958 será o 1958 α, o segundo satélite o 1958 β e sucessivamente. No caso do lançamento originar mais de um satélite, indica-se o número deles a seguir à letra grega; por exemplo, o foguetão, que lançou o satélite 1957 α na sua órbita, terá a designação 1957 α 2 ao passo que o satélite tem a designação 1957 α 1.

R. O. VICENTE
1.º Assistente da F. C. L.

PONTOS DE EXAME

EXAMES UNIVERSITÁRIOS (FÍSICA)

F. C. P. — Prova prática de Física Atómica (1.ª chamada) em 2 de Outubro de 1958.

449 — O deutério e o trítio reagindo entre si dão lugar a uma reacção de fusão. Escreva essa reacção na notação de Bothe, calcule em *MeV* o *Q* da reacção e a energia cinética mínima necessária para vencer a barreira do potencial. Dados: Massas em *U M* do neutrão, deutério, trítio e hélio:

1,00898; 201473; 3,01711 e 4,00389

$e = 4{,}8.10^{-10}$ *u. e. s.* $\quad 1\ eV = 1{,}6.10^{-12}$ ergs.

R: ${}^{3}_{1}\mathrm{H}\left({}^{2}_{1}\mathrm{H},\mathrm{n}\right){}^{4}_{2}\mathrm{He}$; $2{,}01473 + 3{,}01711 - (4{,}00389 + 1{,}00898) = 0{,}11897$ U M

$\Delta m = 18{,}97$ m. U. M $= 18{,}97 \times 0{,}931 \simeq 17{,}6$ MeV

$$B = \frac{ZZ'e^2}{r_1 + r_2} = \frac{4{,}8^2 \times 10^{-20}}{1{,}5 \cdot 10^{-13}\left(\sqrt{2} + \sqrt[3]{3}\right)} \mathrm{ergs} =$$

$$= \frac{4{,}8 \times 10^{-20}}{1{,}5 \cdot 10^{-13} \times 2{,}7 \times 1{,}6 \times 10^{-6}} = 0{,}34\,\mathrm{MeV}$$

450 — O ${}^{58}_{27}Co$ é simultâneamente emissor beta negativo com um período de semi-desintegração de 9 h e emissor beta positivo com um período de 70 dias. Sabendo-se que ao fim de 9 h se formou 1 mg de ${}^{58}_{28}Ni$, qual a massa de ${}^{58}_{27}Co$ existente na origem da contagem do tempo e qual a massa de ${}^{58}_{26}Fe$ formada ao fim das 9 h?

R: *Massa de* ${}^{58}_{27}Co$ *na origem dos tempos* $\simeq 2$ mg *Massa de* ${}^{58}_{26}Fe$ *ao fim de* 9 h, *igual à massa de* ${}^{58}_{27}Co$ *que se desintegrou por emissão* $\beta^{+} : m = m_0 e^{-\lambda t} \therefore$

$$\therefore\ T = 70 \times 24 = 1680\ \mathrm{h} \ \therefore\ \lambda = \frac{0{,}693}{1680}$$

$$\lambda t = \frac{0{,}693 \times 9}{1680} = 3{,}72 \cdot 10^{-3} \quad \therefore \quad m = 2e^{-3{,}72 \times 10^{-3}} \quad \therefore$$

$$\therefore \quad 2{,}3 \log \frac{2}{m} = 3{,}72 \cdot 10^{-3}; \quad \log \frac{2}{m} = 1{,}62 \cdot 10^{-3} \quad \therefore$$

$$\therefore \quad \frac{2}{m} = 1{,}0037; \quad m = \frac{1{,}0037}{2} \approx 0{,}5018\ \mathrm{mg}.$$

451 — Duralumínio ($M = 28$; $\rho = 2{,}8$ $g.\ cm^{-3}$; $\sigma = 0{,}35$ barns) é empregado em tubos de 3 mm de espessura servindo de manga nas barras dum reactor. Calcular a percentagem de neutrões térmicos absorvidos pelo duralumínio.

R: $$n = \frac{N_\rho}{M} = \frac{6{,}02 \cdot 10^{23} \times 2{,}8}{28} = 6{,}02 \cdot 10^{22}$$

átomos/cm³ $\therefore\ \Sigma = \sigma N = 0{,}35 \cdot 10^{-24} \times 6{,}02 \times 10^{23} \approx$

$$\approx 0{,}021\ \mathrm{cm}^{-1}; \ \Sigma x = 0{,}021 \times 0{,}3 = 0{,}0063; \ I = I_0 e^{-\Sigma x}$$

$$\log_e \frac{I_0}{I} = 2{,}3 \log \frac{I_0}{I} = \Sigma x = 0{,}0063; \quad \log \frac{I_0}{I} =$$

$$= \frac{0{,}0063}{2{,}3} = 0{,}00274 \quad \therefore \quad \frac{I_0}{I} = 1{,}0063$$

Percentagem absorvida $1 - \dfrac{1}{1{,}0063} = \dfrac{0{,}0063}{1{,}0063} \approx$

$$\approx 0{,}0063 = 0{,}63\ \%.$$

452 — Numa experiência de Millikan a distância entre as placas do condensador plano é de 7 mm e a d. d. p. aplicada de 600*V*. Calcular a força que se exerce sobre uma gota de água de $3 \cdot 10^3$ mm de diâmetro, com uma carga de 5 electrões. Calcular a d. d. p. necessária para manter a gota em equilíbrio. Sendo 0,000182 poises a viscosidade do ar, calcular a velocidade em grandeza, direcção e sentido, quando submetida à acção do campo.

R: $V = \frac{1}{6}\pi D^3 = \frac{3{,}14}{6} \times 27 \cdot 10^{-12} = 14{,}2 \cdot 10^{-12}$ cm^3 *Peso aparente* $\approx 14{,}2 \cdot 10^{-12}$ g. peso $= 13{,}9 \cdot 10^{-9}$ dines

$$f = P_{ap} - neE = 13{,}9 \cdot 10^{-9} - 5 \cdot 4{,}8 \cdot 10^{-10} \frac{600}{300 \times 0{,}7} \approx$$

$$= (139 - 70)10^{-10} = 6{,}9 \cdot 10^{-9} \text{ dines}$$

$$E' = \frac{P_{ap}}{ne} = \frac{13{,}9 \cdot 10^{-9}}{5 \times 4{,}8 \times 10^{-10}} = 5{,}8 \text{ u. e. s.} = 1740 \text{ V}$$

$$V = \frac{f}{6\pi R\eta} = \frac{6{,}9 \cdot 10^{-9}}{6 \cdot 3{,}14 \times 1{,}5 \cdot 10^{-4} \times 182 \cdot 10^{-6}} = 1{,}34 \cdot 10^{-6} \text{ cm s}^{-1}.$$

(Resoluções de Carlos Braga, Prof. Cat. da Fac. de C. da Univ. do Porto)

F. C. L. — Problemas apresentados aos alunos da cadeira de Electricidade no ano lectivo, de 1957-1958

453 — *Enunciado.* Um electrão move-se num campo eléctrico uniforme dirigido ao longo do eixo dos *xx* e num campo magnético uniforme perpendicular ao primeiro e dirigido ao longo do eixo dos *yy*. Parte do repouso quando está na origem.

Demonstrar que o electrão segue uma trajectória cicloidal. Achar a velocidade de deriva, ou seja a velocidade do centro do círculo rolante ao longo do eixo dos *zz*. Se o campo eléctrico for de 10^4 volts/cm e o magnético de 10^4 gausses, determinar o valor da velocidade de deriva.

Resolução. *A força* $\vec{F}$ *que actua no electrão tem o valor* $\vec{F} = e[\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}]$, *em que é a carga do electrão,* $\vec{v}$ *a respectiva velocidade,* $\vec{E}$ *o campo eléctrico e* $\vec{B}$ *a indução magnética.*

Desprezando as correcções relativistas, esta força satisfaz à equação fundamental da Mecânica, de Newton, isto é, a $\vec{F} = m\dot{\vec{v}}$ *sendo* m *a massa do electrão. É, pois*

$$e[\vec{E} + \vec{v} \wedge \vec{B}] = m\dot{\vec{v}}.$$

De harmonia com as condições do problema, é $\vec{E} = E\vec{i}$, *e* $\vec{B} = B\vec{j}$, *em que* $\vec{i}$ *e* $\vec{j}$ *são dois vectores unitários dirigidos nas direcções em que* x *e* y *crescem respectivamente. Logo,*

$$\vec{v} \wedge \vec{B} = B(\vec{v} \wedge \vec{j}) = -Bv_z \wedge \vec{i} + Bv_x \wedge \vec{K};$$

e

$$e[\vec{E} - Bv_z\vec{i} + Bv_x\vec{k}] = m\dot{\vec{v}};$$

ou ainda, em componentes:

$$\begin{cases} e(E - Bv_z) = m\dfrac{dv_x}{dt} \\ m\dfrac{dv_y}{dt} = 0 \\ eBv_x = m\dfrac{dv_z}{dt}. \end{cases}$$

A integração da segunda destas equações dá-nos sucessivamente $v_y = a$; $y = at + b$; *mas o electrão parte do repouso quando está na origem; logo* $v_y = a = 0$ *e* $y = b = 0$. *Portanto, o electrão conserva-se sempre no plano dos* xz.

As outras duas equações podem escrever-se do modo seguinte:

$$(1) \quad \dot{v}_x = \frac{Be}{m}\left(\frac{E}{B} - v_z\right); \qquad (2) \quad \dot{v}_z = \frac{Be}{m}v_x.$$

Derivando a primeira e substituindo $\dot{v}_z$ *dado pela segunda, vem:*

$$\ddot{v}_x = -\frac{Be}{m}\dot{v}_z = -\left(\frac{Be}{m}\right)^2 v_x;$$

ou seja

$$\ddot{v}_x + \left(\frac{Be}{m}\right)^2 v_x = 0$$

O *integral geral é*

$$v_x = A\cos\left(\frac{Be}{m}t + \delta\right)$$

em que A *e* δ *são constantes arbitrárias.*

Mas, para $t = 0$ *é* $v_x = 0$*; logo*

$$A\cos\delta = \cos\delta = 0; \qquad \delta = \pi/2 + n\pi$$

e

$$(3) \qquad v_x = A\,\mathrm{sen}\frac{Be}{m}t.$$

A *substituição deste valor em* (2) *dá-nos*

$$\dot{v}_z = A\frac{Be}{m}\mathrm{sen}\frac{Be}{m}t;$$

donde

$$v_z = -A\cos\frac{Be}{m}t + C.$$

Para $t = 0$ *é* $v_z = 0$*; logo,* $0 = -A + C$*;* $C = A$; *e*

$$(4) \qquad v_z = A\left[1 - \cos\frac{Be}{m}t\right].$$

Derivando a equação (3) *e substituindo o resultado e* v_z *dado por* (4) *na equação* (1), *vem:*

$$A \frac{Be}{m} \cos \frac{Be}{m} t = \frac{Be}{m} \left\{ \frac{E}{B} - A\left(1 - \cos \frac{Be}{m} t\right)\right\};$$

donde se deduz

$$A = \frac{E}{B}.$$

Logo,

$$(5) \quad v_x = \frac{E}{B} \operatorname{sen} \frac{Be}{m} t \qquad = -\frac{E}{B} \operatorname{sen} \frac{B|e|}{m} t$$

$$(6) \quad v_z = \frac{E}{B}\left[1 - \cos \frac{Be}{m} t\right] \quad = \frac{E}{B}\left[1 - \cos \frac{B|e|}{m} t\right].$$

Integrando novamente, vem:

$$x = \frac{Em}{B^2|e|} \cdot \cos \frac{B|e|}{m} t + C_1$$

$$z = \frac{E}{B}\left[t = \frac{m}{B|e|} \operatorname{sen} \frac{B|e|}{m} t\right] + C_2$$

Para $t = 0$ *é* $x = 0$ *e* $z = 0$*; logo*

$$\frac{Em}{B^2|e|} + C_1 = 0; \qquad C_2 = 0;$$

quer dizer,

$$x = \frac{Em}{B^2|e|} \cdot \left[\cos \frac{B|e|}{m} t - 1\right]$$

$$z = \frac{Em}{B^2|e|} \cdot \left[\frac{B|e|}{m} t - \operatorname{sen} \frac{B|e|}{m} t\right];$$

ou ainda, fazendo

$$(7) \quad \frac{mE}{B^2|e|} = r \quad e \qquad (8) \quad \frac{B|e|}{m} t = \alpha :$$

$$(9) \quad x = -r[1 - \cos\alpha]; \qquad (10) \quad z = r[\alpha - \operatorname{sen}\alpha].$$

As equações (9) *e* (10) *representam; uma cicloide cuja círculo rolante tem um raio* r *dado por* (7). *As coordenadas do centro deste círculo são* $x' = r$ *e* $z' = r\alpha = \frac{mE}{B^2|e|} \cdot \frac{B|e|}{m} \cdot t = \frac{E}{B} t$*; a velocidade de deriva é*

$$\frac{dz'}{dt} = \frac{E}{B}.$$

Substituindo valores numéricos, vem:

$$\frac{dz'}{dt} = \frac{10^4 \text{ volts/cm}}{10^4 \text{ gausses}} = \frac{10^6 \text{ volts/m}}{1 \text{ weber/m}^2} =$$

$$= 10^6 \text{ m/seg} = 1.000 \text{ km/seg.}$$

454 — *Enunciado.* Achar a velocidade angular de um ião num ciclotrão.

Se o campo magnético for de 18.000 gausses, qual deverá ser a frequência do oscilador utilizado no funcionamento do ciclotrão se ele estiver acelerando protões? Que diâmetro devem ter os *DD* do ciclotrão para que cada protão adquira a energia de 10 *MeV*?

Resolução. *O campo magnético é normal às trajectórias dos iões. Cada um destes é actuado pela força* $\vec{f} = |q|\vec{v} \wedge \vec{B}$, *em que* q *é a carga do ião,* $\vec{v}$ *a sua velocidade e* $\vec{B}$ *a indução magnético. Por ser* $\vec{v}$ *normal a* $\vec{B}$, *vem:*

$$f = |q| vB \operatorname{sen}(\vec{v}, \vec{B}) = |q| vB.$$

A força $\vec{f}$ *é normal a* $\vec{v}$*; é, pois, uma verdadeira força centrípeta; e, segundo a Mecânica de Newton, satisfaz a* $f = mv^2/\rho$, *em que* ρ *é o raio de curvatura. Portanto,*

$$|q| vB = mv^2/\rho;$$

e

$$B\rho = \frac{mv}{|q|}.$$

Além, disto, a perpendicularidade entre $\vec{f}$ *e* $\vec{v}$ *faz com que o módulo* v *se conserve invariável. Admitindo que* $\vec{B}$ *é uniforme,* ρ *é constante. Quer dizer, enquanto o ião não é actuado pelo campo eléctrico, a sua trajectória é uma circunferência.*

A velocidade angular, ω, *satisfaz a* $B\rho = m\omega\rho/|q|$*; logo*

$$\omega = \frac{B|q|}{m}.$$

O tempo T *que o ião leva a percorrer a circunferência inteira, vale*

$$T = \frac{2\pi\rho}{v} = \frac{2\pi}{\omega}.$$

A frequência do oscilador vale, pois,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{B|q|}{2\pi m}.$$

No caso do protão temos $m = 1{,}66 \times 10^{-24}$ g*; e* $q = 4{,}77 \times 10^{-10}$ un. elst. de carga; *além disso, é* B = 18.000 gauss. *Reduzindo ao sistema Giorgi:*

$$q = 4{,}77 \times 10^{-10} \text{ elst.cgs} =$$

$$= 4{,}77 \times 10^{-10} \times 3^{-1} \times 10^{-9} \text{ coulomb};$$

$m = 1{,}66 \times 10^{-27}$ kg; $\quad B = 18.000 \times 10^{-4}$ weber/m^2.

$$f = \frac{18.000 \times 10^{-4} \times 4{,}77 \times 10^{-20} \times 3^{-1} \times 10^{-9}}{2 \times \pi \times 1{,}66 \times 10^{-27}} =$$

$$= \frac{18.000 \times 4{,}77}{6 \times \pi \times 1{,}66} \times 10^4 = 27{,}4 \times 10^4;$$

ou,

$$f = 0{,}274 \times 10^6 \text{ seg}^{-1}.$$

Da mesma maneira viria $\omega = 2\pi f = 1{,}72 \times 10^6$ ciclos/seg.

A energia cinética do protão vale $E=\frac{1}{2}mv^2$. *Mas,* $B_\rho = mv/|q|$, *donde se tira* $v = B\rho|q|/m$. *Substituindo, vem:*

$$E=\frac{1}{2}m\left(\frac{B\rho|q|}{m}\right)^2=\frac{B^2\rho^2|q|^2}{2m}.$$

Daqui se tira o valor de ρ*:*

$$\rho=\frac{1}{B|q|}\cdot\sqrt{2mE};$$

expressão esta válida para um ião qualquer. No caso do protão, obtem-se:

$$\rho=\frac{1}{18.000\times10^{-4}\times4{,}77\times10^{-10}\times3^{-1}\times10^{-9}}\times$$
$$\times\sqrt{2\times1{,}66\times10^{-27}\times4{,}77\times10^{-10}\times3^{-1}\times10^{-9}\times10^{-7}},$$

visto a energia valer

$$E=10^7\,e\,V=(4{,}77\times10^{-10}\times3^{-1}\times10^{-9}\text{ coulombs})\times$$
$$\times(1\text{ volt})\times10^7.$$

Simplificando, vem:

$$\rho=\frac{10^4}{18.000}\sqrt{\frac{0{,}6\times1{,}66}{4{,}77}}=0{,}254\text{ m}.$$

Os DD *do ciclotrão devem, pois, ter um diâmetro de, pelo menos,* $2\times0{,}254=0{,}51$ metros.

(Resoluções de M. T. Antunes,
Prof. Ext. da F. C. L.)

Noticiário

Frédéric Joliot-Curie e Ernest Lawrence

A Ciência perdeu, no ano findo de 1958, dois fisicos de primeira plana: Jean-Frédéric Joliot-Curie, a quem o Doutor Manuel Valadares presta sentida homenagem neste mesmo número da Gazeta de Física, e Ernest Lawrence.

O físico americano Lawrence notabilizou-se pela invenção do acelerador de partículas conhecido por ciclotrão e que lhe mereceu o prémio Nobel de 1939. Foi em 1932, que Lawrence e Livingston apresentaram o primeiro modelo definitivo do ciclotrão com o qual obtiveram protões de energia equivalente à tensão de 80 mil volts aplicando apenas 1600 volts nos eléctrodos do acelerador. Em 1939 Lawrence obteve, em Berkeley, um feixe de deutões de 22 milhões de volts.

Prémios Nobel de Física e de Química

A Academia das Ciências da Suécia atribuiu, em 1958, o prémio Nobel de Física aos cientistas russos Pavel Cherenkov, Igor Tamm e Ilya Frank, pelos seus trabalhos relativos ao fenómeno descoberto pelo primeiro destes três cientistas, e que se designa por «efeito Cherenkov».

O prémio Nobel de Química foi atribuído ao bioquímico inglês Frederik Sanger, da Universidade de Cambridge, em virtude de valiosas descobertas efectuadas no estudo da estrutura das proteínas.

Lançamento de satélites artificiais

No prosseguimento do programa de investigações científicas do Ano Geofísico Internacional, foram efectuadas novas tentativas de lançamento de satélites artificiais não só em volta da Terra como em redor da Lua.

No dia 26 de Março de 1958 foi lançado, com êxito, o terceiro satélite americano, «Explorador III», com a forma de granada de 2 m de comprimento e 15 cm de diâmetro. Transporta 5,100 kg de aparelhagem científica.

No dia 14 de Abril foi anunciada a desintegração do «Grande Sputnik» russo, lançado em 3-XI-1957, e que transportava consigo uma cadela.

Em 29 de Abril malogrou-se a tentativa de lançamento de um quarto satélite americano, e a 15 de Maio foi colocado na respectiva órbita um novo satélite russo, o «Sputnik III», de características sensacionais. Tem a forma cónica, com 1,73m de diâmetro de base, 3,57 m de altura e 1327 kg de peso, dos quais 968 kg de aparelhagem científica. O apogeu da sua órbita é de 1880 km e gasta 106 minutos a dar uma volta completa ao nosso planeta.

Em 28 de Maio malogrou-se uma nova tentativa americana.

Em 17 de Agosto tentaram, os cientistas americanos, uma nova experiência que foi a colocação de um satélite numa órbita lunar, e não terrestre como até aí. Pretendia-se colocá-lo a 320 mil quilómetros da Terra. A tentativa foi efectuada com um pequeno satélite de 43 kg, com a forma de cogumelo, mas o foguetão que o transportava explodiu alguns segundos depois de ter sido disparado.

Em 24 de Agosto nova tentativa americana, sem êxito, de colocação de um satélite terrestre.

Em 29 do mesmo mês, os cientistas russos enviam um foguetão a 450 km de altura, conduzindo duas cadelas que regressaram à Terra em óptimas condições.

Entretanto, os cientistas americanos, após uma nova tentativa, sem êxito, de colocação de um satélite terrestre, em 27 de Setembro, efectuam, em 10 de