

mento surgiu a necessidade da criação duma revista da especialidade e, ainda sob a direcção do Prof. Cyrillo Soares, é fundada a *Portugaliae Physica* que em breve atingiu reputação internacional, contando-se por centenas o número de outras revistas científicas de primeira categoria que com ela permutam.

A actividade do Centro de Estudos de Física está francamente demonstrada: são os colóquios, os seminários, as conferências, que ocupam duas ou mais tardes por semana; é então que o implacável destino vibra golpes sucessivos na sua vida. Suspende-se o subsídio à *Portugaliae Physica*, proibem-se as reuniões científicas e por último são eliminados os seus membros de maior valia. Todos estes golpes atingem profundamente a sensibilidade do Prof. Cyrillo Soares, cuja nobreza de carácter, baseado na honra e na justiça, deve merecer o respeito de todas as pessoas dignas.

A vida de trabalho intenso a que sempre se dedicou, quebrando-lhe um pouco as forças, e as doenças que o atacaram nestes últimos anos, levaram-no a tomar a resolução de se aposentar.

Durante o tempo que exerceu o magistério superior desempenhou vários cargos acessó-

rios: secretário da Faculdade, vice-reitor da Universidade, director do Observatório Central Meteorológico, membro do Conselho Superior de Instrução Pública, membro e presidente dos Exames de Estado e de Admissão ao Estágio do Magistério liceal, etc. Em todos estes cargos mereceu sempre a estima e consideração daqueles com quem lidou.

A Academia de Ciências de Lisboa prestou-lhe a devida consideração elegendo-o sócio da mesma.

A «Gazeta de Física», ao dar estas notas que acompanham a notícia da sua aposentação, apresenta ao Professor Doutor Cyrillo Soares a homenagem da sua profunda estima e gratidão e faz votos para que, por longos anos, no sossegado e acolhedor seio de sua Família, a que muito se tem dedicado, possa gozar o merecido bem estar a que tem direito, e pretende, ainda, manifestar-lhe o desejo daqueles que trabalharam sob a sua direcção (e estamos certos de que o fazemos em nome de todos), de o verem ainda, por muitas vezes, no ambiente que tanto acarinhou, para que assista um dia ao brilhar, com a merecida consideração, da glória duma instituição de que foi o fulcro.

A DIRECÇÃO

### 3. ENSINO SUPERIOR DA FÍSICA

#### *SOBRE OS CONCEITOS ACTUAIS DE MATÉRIA, ENERGIA E MASSA*

Eis aqui tres palavras, *matéria*, *energia* e *massa*, sobre as quais todos julgamos ter um conceito preciso, embora em honra da verdade se diga, que a maioria das pessoas nunca se deteve um momento a considerar qual possa ser esse conceito. O autor do presente artigo teve a curiosidade de seleccionar parágrafos, devidos à pena de diversos autores eminentes de diferentes países, e de os comparar e viu-se surpreendido pelas grandes diferenças que neles encontra, no que diz respeito ao significado exacto desses termos,

Tais diferenças proveem, por vezes, como é natural, das diferentes épocas em que os parágrafos escolhidos foram escritos e que nos mostram a evolução do conceito com o tempo. Em muitos outros casos, no entanto, a diferença provém do sentido diverso que a essas palavras: *matéria*, *energia* e *massa*, conferem os diferentes autores. Alguns exemplos esclarecerão o que acabamos de dizer. No tempo de Newton definia-se a massa como «a quantidade de matéria que um corpo continha» e esta, definição que perdura ainda em muitos

dicionários<sup>(1)</sup>, implica a constância da massa de um corpo. Na física actual, esta constância já não se admite, como mostram os seguintes parágrafos, um, devido ao professor Eddington, que ao tratar da velocidade da luz diz « ... é a velocidade para a qual a massa da matéria se torna infinita »<sup>(2)</sup> e outro, do professor Born: «Energia e massa não são mais do que dois nomes diferentes duma mesma coisa».<sup>(3)</sup> Neste último parágrafo vemos a energia, na actualidade, equiparada à massa, quando na ciência antiga a massa estava equiparada à matéria. Finalmente no parágrafo que a seguir transcrevemos e que se deve ao astrónomo real inglês H. Spencer Jones, estão baralhados os três conceitos de massa, energia e matéria duma maneira tão especial, que não é fácil concluir qual o verdadeiro sentido que o autor lhes quiz dar. O parágrafo em questão diz assim: «quando a lei da conservação da energia foi formulada, a equivalência da massa e da energia não se tinha realizado e julgava-se que a matéria não podia ser creada nem destruída, o que se exprimia no princípio da conservação da matéria. A forma original dessa lei deve ser aplicada de modo a incluir a matéria, e assim na hora actual, devemos aceitar o princípio da conservação da matéria e da energia conjuntamente».<sup>(4)</sup>

Não será então possível, na actualidade, fixar com precisão, o significado que se deve dar às três palavras, matéria, energia e massa? — Nós acreditamos que é possível e pretendemos que as linhas que a seguir escrevemos constituam uma prova dessa possibilidade. Os leitores com o seu bom critério,

---

(1) Por exemplo, no Novo Dicionário da Língua Portuguesa, de Cândido de Figueiredo, sexta edição, Lisboa 1939, define-se massa como «matéria que constitui um corpo».

(2) A. Eddington. The nature of the Physical World. Londres 1935, pág. 64.

(3) Max. Born. The restless universe. Londres 1935, pág. 86.

(4) H. Spencer Jones. Worlds without end. Londres 1935, pág. 253.

julgarão até que ponto o autor deste artigo conseguiu o seu propósito.

*Matéria.* Começemos por assentar que o conceito de matéria é puramente qualitativo e que por isso a matéria não é uma grandeza física, como são a energia e a massa. É absolutamente impossível definir quando dois pedaços de materiais diferentes, ferro e chumbo por exemplo, contem igual «quantidade de matéria». A matéria por não ser uma grandeza física, não é mensurável, pela mesma razão que o não são a consciência, a dor, etc. Devido a isto, a antiga expressão «quantidade de matéria», carece de sentido.

A matéria é um conceito puramente qualitativo que serve para exprimir a essência dos corpos. Este carácter, revela-se pelo facto de que a matéria não figura em nenhuma das equações que ligam as grandezas físicas; não nos deve admirar, portanto, a falta de um símbolo que caracterise a matéria, o qual seria imprescindível se se tratasse de uma grandeza.

*Energia.* A energia define-se tradicionalmente em física, como a capacidade para realizar trabalho físico. Qualquer agente que seja capaz de realizar um trabalho, diz-se que possui energia a qual é medida precisamente pelo trabalho que esse agente pode realizar. Ao passo que consideramos a matéria como alguma coisa de essencial de um corpo, pelo contrário supomos que a energia desse corpo é apenas alguma coisa de accidental, alguma coisa que pode variar sem alterar a essência do mesmo. Enquanto se considera a matéria como a «essência das coisas», encara-se a energia como sendo a «essência da acção». Quando nos dão uma pancada, é a matéria que nos atinge, mas é a energia que nos magôa.

A física elementar ensina-nos que há várias formas de energia, mas umas podem transformar-se nas outras e todas se podem medir com a mesma unidade, a de trabalho. É indiferente que se trate da energia potencial duma mola, ou dum projectil em movimento, da energia calorífica dum forno ou da eléc-

trica duma faisca; da energia luminosa dum raio solar, da energia química duma carga de trilito ou da atômica dum fragmento de urânio em cisão; ainda que estas energias tenham consequências tão diferentes para o homem, por causa das suas formas tão variadas, os seus efeitos podem sempre medir-se pelo trabalho que são capazes de realizar quando se consomem. E isto resulta de que todas elas não são mais do que formas diversas dessa entidade a que chamamos energia.

A energia é uma grandeza física visto que é possível definir quando é que uma determinada energia, mecânica por exemplo, é igual a outra determinada, eléctrica, magnética, etc. A energia, como grandeza física que é, aparece frequentemente nas equações físicas e por esta razão houve necessidade de a representar por um símbolo, que pode ser o mesmo para todas as suas modalidades. Adopta-se correntemente o símbolo  $W$ , do trabalho mecânico, visto que a energia se mede nas mesmas unidades que o trabalho.

*Massa.* O princípio da inércia de Galileu explica-nos que para tirar um corpo do seu estado de repouso, ou para fazer variar a sua velocidade é necessário exercer sobre êle uma força. Esta é indispensável para vencer alguma coisa de essencial no corpo e que se denomina a sua inércia. A inércia pode exprimir-se quantitativamente pela aplicação do 2.º princípio da dinâmica formulado por Newton. Segundo este princípio, se designarmos a força por  $F$  e por  $j$  a aceleração do movimento produzido no corpo por essa força, a relação entre estas duas grandezas é constante e igual ao que se denomina *massa em repouso* do corpo e que se representa pelo símbolo  $m_0$ . Teremos então:  $F/j = m_0$ .

Esta massa do corpo é uma grandeza física que aparece em muitas equações físicas e que é medida por comparação com a massa em repouso do quilograma-padrão, numa balança. Em, física, toma-se para unidade de massa a desse quilograma-padrão ou ainda 1/16 da massa em repouso do átomo cujo símbolo é  $O_{16}$  e que denominamos *unidade mássica*.

Durante muitos anos pensou-se que a inércia era a propriedade mais característica da matéria, o que deu lugar a uma confusão entre os conceitos de massa e matéria que ainda hoje perdura em muitos autores<sup>(1)</sup>.

Na física moderna provou-se teórica e experimentalmente que a qualquer aumento da energia interna de um corpo, corresponde um aumento da sua massa em repouso que lhe é proporcional.

A relação quantitativa existente entre o aumento da energia  $W$  do corpo e o da sua massa  $m$  é a seguinte:  $W/m = c^2$ , onde  $c$  é a velocidade da luz no vácuo, isto é, uma constante de valor  $3 \times 10^8$  m/s.

Esta relação mostra que, da mesma maneira que se tem empregado tradicionalmente como medida da energia que um corpo possui, o trabalho  $W$  que é capaz de realizar, também se pode utilizar para medir a sua energia, a sua massa  $m$ . A energia pode, portanto, exprimir-se por duas escalas diferentes: a *escala tradicional de trabalho e a nova escala de massa*. A relação quantitativa entre estas duas escalas, tem o valor  $c^2$  e como esta constante é numericamente muito grande ( $9 \cdot 10^{16}$  m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>), as energias expressas na escala de massas serão representadas por números muito menores que se as exprimirmos na escala de trabalho.

Na física actual os corpos materiais são considerados como regiões do espaço nas quais a energia se encontra fortemente concentrada e as suas massas em repouso não são mais do que a expressão, na escala de massa, dessa enorme energia interna que possuem. Aquilo que impressiona os nossos sentidos não é senão a quantidade imensa de energia que têm concentrada num volume relativamente pequeno.

Conforme o fenómeno de que se trate,

<sup>(1)</sup> Recordemos o parágrafo anteriormente citado devido a Spencer Jones. Convidamos o leitor a abrir os diferentes livros de química e física que possua e a compará-los e verá como uns autores falam da conservação da *massa*, outros da da *matéria* e alguns, ainda, das duas coisas.

assim se emprega, para exprimir a energia, a escala de trabalho ou a de massa, ou ambas simultaneamente. Quando se tratar de fenómenos que produzem pouca energia ou, o que é o mesmo, em que esta se encontra pouco concentrada, como acontece com os fenómenos do calor ou da electricidade — aquecimento e arrefecimento dos objectos usuais da nossa vida, energia das centrais eléctricas, etc. — a escala que se emprega correntemente é a de trabalho, isto é, em joules, quilowatts-hora, etc.

Quando, pelo contrário, se tratar de manifestações energéticas em forma muito concentrada, como a influência dessa energia concentrada se faz sentir de maneira muito ostensiva nos movimentos do corpo, utiliza-se então a escala de massa, medindo a energia com o quilograma ou com a unidade mássica. Finalmente, em alguns casos como, por exemplo, nas equações químicas, convém empregar, ao mesmo tempo, as duas escalas: para fixar as quantidades das substâncias que intervêm na reacção é muito conveniente a escala de massas, mas pelo contrário, para exprimir as energias absorvidas ou libertadas, como em geral estão numa forma pouco concentrada, convém utilizar a escala de trabalho.

Um caso excepcional é o das reacções nucleares, tão faladas actualmente; por exemplo, a reacção da cisão do urânio. Nestas reacções a energia liberta-se em quantidades enormes, muito concentrada, portanto, e por isso convém exprimi-la, não em trabalho, como se faz nas outras reacções químicas, mas sim em massa.

*Subordinação do princípio da conservação da massa ao da conservação da energia.* O princípio da conservação da energia, constitui a mais importante das leis naturais e o seu enunciado diz que a energia não pode ser criada nem destruída mas, unicamente, a sua forma pode ser alterada. A validade deste princípio tem como fundamento a impossibilidade de construir um corpo com movimento perpétuo capaz de produzir trabalho sem consumir a energia equivalente.

Uma observação superficial dos processos

químicos leva-nos a concluir erradamente que em alguns destes, como as combustões, a matéria «desaparece» e em outros, como no crescimento das plantas, a matéria é «criada» do nada. Um estudo pormenorizado deste assunto levou Lavoisier a formular o seu famoso princípio da «conservação da matéria», que diz que, na natureza, a matéria não se cria nem se destrói, unicamente se transforma; com efeito, pesando conjuntamente os corpos antes da reacção e tornando a pesá-los depois da reacção se ter verificado, não se nota nenhuma variação no sobredito peso.

Qual deve ser a nossa posição actual perante este princípio? Na realidade o que as experiências de Lavoisier demonstraram foi que a *massa* dos corpos que tomavam parte na reacção não sofria, em conjunto, nenhuma variação, de maneira que este princípio deve ser formulado como da *conservação da massa* e não da matéria. A tradicional confusão entre, matéria e massa é que levou Lavoisier a formulá-lo como da conservação da matéria, atribuindo assim à matéria um conceito quantitativo que não possui.

Visto que a massa não é senão uma forma de exprimir a energia, é evidente que um princípio da conservação da massa não é mais do que uma maneira particular de exprimir o princípio da conservação da energia. A forma clássica de formular este princípio utilizava a escala de trabalho ao contrário da forma de Lavoisier que utiliza a escala de massa; mas é evidente que ambas as formas não são mais do que a expressão duma mesma lei da natureza, a da conservação da energia.

Nas reacções químicas, dissemos que se utiliza um sistema de unidades misto, a escala de massa para as substâncias e a de trabalho para a energia libertada. As quantidades desta são tão pequenas, mesmo nas reacções mais exotérmicas, que se as exprimíssemos na escala de massa, dariam valores insignificantes comparados com os que exprimem as massas dos corpos que intervêm na reacção. Foi esta circunstância fortuita que permitiu a Lavoisier descobrir o seu famoso princípio da conservação da massa; se tivesse troçado

com uma reacção nuclear, em vez duma combustão não teria podido formular os seus resultados duma maneira tão simples, pois teria sido enorme a quantidade de energia libertada por não a ter exprimido na escala de massa; a avaliação da massa depois da reacção ter-lhe-ia dado um valor inferior ao da massa antes da reacção.

Na actualidade, numa reacção nuclear qualquer, se se tem o cuidado de exprimir a

energia libertada ou consumida na escala de massa e se somarmos esta às massas das partículas que intervêm na reacção pode-se então comprovar a igualdade da massa antes e depois da reacção. Isto constitui uma boa verificação experimental da subordinação do princípio da conservação da massa, ao mais fundamental da conservação da energia.

MIGUEL A. CATALÁN  
CATEDRÁTICO DA UNIVERSIDADE DE MADRID

## 4. EXAMES DO ENSINO MÉDIO

### PONTOS DE EXAMES DO CURSO COMPLEMENTAR DE CIÊNCIAS

**Liceu de Camões** — Julho de 1947 (1.<sup>a</sup> chamada)

**39** — I) Para transportar energia eléctrica a uma certa distância utiliza-se um alternador de força electro-motriz eficaz de 640 volts, que lança no fio condutor uma corrente de intensidade eficaz de 40 amperes. Este fio (que não tem quaisquer enrolamentos que originem fenómenos de auto-indução) faz perder, por aquecimento, a oitava parte da energia transportada.

Suponha-se agora o mesmo transporte feito nas seguintes condições: em vez da corrente ser lançada directamente na linha, faz-se passar primeiro por um transformador cujo primário tem 200 voltas de fio e cujo secundário tem 1600. Se quizermos que, neste 2.<sup>o</sup> caso, a perda de energia por aquecimento da linha seja também a oitava parte da energia lançada no circuito, é preciso que o fio condutor tenha um calibre diferente daquele que se empregou no 1.<sup>o</sup> caso pois as características da corrente são agora outras.

Calcule a relação que deve existir entre as secções dos fios nos dois casos para que a perda por aquecimento da linha seja a mesma. O metal do fio é o mesmo nos dois casos e supõe-se que não há perdas de energia no transformador. R: *Potência total do circuito:*  $P_t = e_i = 640 \times 40 \text{ W} = 256 \times 10^2 \text{ W}$ . *Potência perdida:*  $P_p = 640 \times 40 / 8 \text{ W} = 32 \times 10^2 \text{ W}$ . *Resistência do cabo:*  $R = P_p / i^2 = 32 \times 10^2 / 40^2 = 2,0 \text{ ohms}$ . *Intensidade da corrente transformada:*  $i = 40 \times 200 / 1600 = 5,0 \text{ A}$ , por ser  $e/e' = i'/i$  e  $e/e' = n/n'$ ,  $i'/i = n/n'$ . *Potência perdida neste 2.<sup>o</sup> caso:*  $P'_p = i'^2 R'$  donde  $R' = P'_p / i'^2 = 3200 / 25 = 128 \text{ ohms}$ , mas  $R/R' = S'/S \therefore 2/128 = S'/S \therefore S = 64 \text{ s'}$ . No 2.<sup>o</sup> caso o fio deve ter a secção 64 vezes menor do que no 1.<sup>o</sup> caso.

II) É sabido que os fenómenos que se passam junto dos eléctrodos dos voltímetros durante as ele-

ctrolises dependem não só da qualidade dos electrólitos como da qualidade dos eléctrodos. Exponha os fenómenos que se passam durante a electrólise da água acidulada com ácido sulfúrico no caso dos eléctrodos serem de cobre e no caso de serem de platina. Na exposição que fizer deverá interpretar os fenómenos electrolíticos segundo a teoria iónica e fazer referência ao mecanismo da transformação dos iões em átomos ou grupos de átomos.

**Liceu de Pedro Nunes** — Julho de 1947 (1.<sup>a</sup> chamada)

**40** — I) Uma peça de artilharia dispara projectéis com a massa de 68,6 kg. A secção do tubo canhão é de 800 cm<sup>2</sup>, e a pressão média dos gases resultantes da explosão é de 70 kg/cm<sup>2</sup>. Sabendo que o projectil demora 0,1 segundos a percorrer o tubo canhão, determine a energia cinética inicial do projectil. Chocando o projectil com um obstáculo que perfura, 1/20 da sua energia transforma-se em calor. Determine a quantidade de calor libertado. Quanto tempo deve passar uma corrente alterna, cuja intensidade é de 5 Amperes eficazes, numa resistência de 10 ohms, para que liberte a mesma quantidade de calor? R: *Fôrça que impele o projectil:*  $f = ps = 70 \times 800 \text{ kg}$ . *Aceleração do movimento do projectil:*  $j = F/m = v/t$  donde

$$v = 70 \times 800 \times 0,1 \times 9,8 / 68,6 = 800 \text{ m/s.}$$

*Energia cinética inicial do projectil:*  $W = 1/2 mv^2 = 1/2 \times 68,6 \times (8 \times 10^2)^2 = 220 \times 10^5 \text{ joules}$ . *Quantidade de calor libertada no choque:*

$$Q = 1/20 \times W / 4,18 = 11 \times 10^5 / 4,18 = 26 \times 10^4 \text{ cal.}$$

*Tempo de passagem da corrente alterna:*

$$t = W / i^2 r = W / 20 \times 25 \times 10 = 220 \times 10^5 / 20 \times 25 \times 10 = 44 \times 10^2 = 1 \text{ h } 3 \text{ m.}$$

II) *Energia:* Noção de energia livre; diversas