

2. ENSINO MÉDIO DA FÍSICA

TRÊS TEMAS — DEZASSEIS INTERROGAÇÕES

TEMA 1. No quadro colocado abaixo, apontam-se as designações dadas nalgumas obras ao sistema de unidades mecânicas que tem o metro, o quilograma-força e o segundo por unidades fundamentais.

Obras	Designações
MACHADO (1940)	M. Kf. S.
ZAMITH e TEIXEIRA (1944)	M. Kp. S. Métrico gravitatório
FERREIRA (1940; 1943)	métrico industrial métrico
DENIS-PAPIN et VALLOT (1946)	M. Kf. S. M. Kp S industrial dos mecânicos
BÉGHIN (1935)	industrial
CISOTTI (1939)	prático
ROSSI (1939)	técnico
LUCINI (1942), PALACIOS (1942)	terrestre
BOUNY (1945)	K. M. S. técnico dos mecânicos

O livro de MACHADO (1940), assim como o do ZAMITH e TEIXEIRA (1944), é adoptado no ensino secundário português. As obras de FERREIRA (1940; 1943) nasceram de lições professadas na Faculdade de Ciências de Lisboa. O manual de DENIS-PAPIN et VALLOT (1946) é o tratado mais recente que conheço sobre Metrologia Geral.

Pois que esse sistema de unidades, apesar de toda a propaganda dos físicos a favor do sistema GIORGI, encontra no mundo técnico de língua não-inglesa teimosa e decidida defesa,

não seria conveniente assentar numa designação única que evitasse mal-entendidos e dificuldades pedagógicas?

Até agora, encostando-me à autoridade do Prof. AMORIM FERREIRA — que escreveu *Grandezas e Unidades Físicas*, o livro mais completo sobre o assunto publicado no nosso país —, tenho adoptado o nome de métrico industrial, e designado por unidades métricas (em abreviatura U. m.) as respectivas unidades.

Porém, será esta a melhor maneira de proceder? Não caberá igualmente bem às unidades M. K. S., e até mesmo às C. G. S. e M. T. S., o epíteto de «métricas»?

PALACIOS (1942, p. 194) fala no «sistema GIORGI ou métrico». DENIS-PAPIN et VALLOT (1946, p. XCI) afirmam que «o sistema M.E. S. A. [GIORGI] é, por excelência, o descendente actual do sistema métrico». ZAMITH e TEIXEIRA (1944, p. 8) vão até ao ponto de alcunhar o sistema GIORGI de «métrico prático», certamente por êle generalizar o antigo sistema prático de unidades eléctricas.

Nos Estados Unidos da América, há quem chame métrico absoluto ao sistema C. G. S., e métrico gravitacional àquele cujas unidades fundamentais são o centímetro, o grama-força e o segundo [cf. v. g. RUSSELL (1945, p. 454 e 455)].

Não seria preferível evitar todas as confusões adoptando para o sistema em causa apenas, por exemplo, a denominação de *sistema técnico* de unidades mecânicas?

Ainda que tal acôrdo ficasse limitado ao plano nacional, não constituiria um passo importante, pelo menos, no sentido da depuração pedagógica dos conceitos físicos?

TEMA 2. Do quilograma-força podem dar-se as três definições seguintes:

O quilograma-força é o pêsô que teria o

quilograma padrão protótipo internacional se fôsse colocado

(Definição 1) num lugar onde a aceleração da gravidade tivesse o valor $g_n = 980,665 \text{ cm/s}^2$ (aceleração normal da gravidade);

(Definição 2) no local convencional X;

(Definição 3) no local considerado no problema em questão.

A grandeza correspondente à Definição 1 é denominada por alguns autores [por exemplo, FERREIRA (1940, p. 20)] quilograma-fôrça-normal. No seguimento, assinalaremos as especificadas pelas Definições 2 e 3, respectivamente, por quilograma-fôrça-local-convencional e por quilograma-fôrça-local-considerado.

O local convencional X varia com os tradistas. Os franceses têm tendência para fazer X = Paris [APPELL (1941, p. 109), BÉGHIN (1935, p. 197)], e não falta quem os imite fora da França [LUCINI (1942, p. 117)]. MARCOLONGO, ROSSI e TOLLE (1925, p. 53) consideram X como a própria sede do *Bureau International des Poids et Mesures* — instalada no *Pavillon de Breteuil*, em Sèvres, desde 1878 —, onde está guardado o protótipo internacional, e atribuem erroneamente à aceleração da gravidade nesse local o valor normal $g_n = 980,665 \text{ cm/s}^2$. Contudo, nada parece impedir que se iguale X a qualquer outro local.

Mas, afinal qual é a unidade principal de intensidade de fôrça do sistema métrico industrial? O quilograma-fôrça-normal, o quilograma-fôrça-local-convencional ou o quilograma-fôrça-local-considerado?

DENIS-PAPIN et VALLOT (1946, p. 14) dizem ser o quilograma-fôrça-normal.

NIELSEN (1935, p. 201) adopta a atitude cômoda de não tomar posição: «... unter Kilogrammkraft das Gewicht des internationalen Normalkilogrammstücks zu verstehen ist. Soll dies eine genaue Definition des Kraft-einheit sein, so muss man jedoch,..., hinzufügen, an welcher Stelle der Erde die Bestimmung des Gewichts vorzunehmen ist...

Wenn man sich bei der Festsetzung des Kilogrammkraft nicht an einen bestimmten Ort bindet, variiert mit des Schwerebeschleunigung auch die Masseneinheit von Ort zu Ort. Bei vielen Anwendungen kann man aber von diesen geringen Änderungen absehen.»

APPELL (1941, p. 109) escreve: «*Unités industrielles; kilogramme force.* — Dans l'industrie on prend ordinairement les unités fondamentales suivantes: Unité de force — Kilogramme-force ... Par définition, le kilogramme-force est *le poids absolu* de 1 kg à Paris, ... Il est indispensable d'ajouter que ce poids absolu est pris en un lieu déterminé de la Terre, à Paris, par exemple, car le poids absolu d'un point matériel change d'un point à l'autre de la Terre.» E acrescenta na página seguinte: «L'inconvénient de ce système est que l'unité de force, kilogramme-force, est un quantité dont la définition exige l'indication d'un lieu déterminé à la surface de la Terre; de plus, la masse d'un corps, qui est une qualité physique inhérente à ce corps, est exprimée par des nombres différents, suivant que le kilogramme-force est défini en un lieu où l'autre de la Terre.» Ao que parece, para APPELL, a unidade fundamental do sistema métrico industrial é o quilograma-fôrça-local-convencional.

Não se afigura clara a atitude de FERREIRA (1940, p. 19 e 20): «O pêso do quilograma-padrão varia com o lugar onde êle se encontra. Para fixar o valor do quilograma-fôrça, a 3.^a Conferência geral dos Pesos e Medidas, de 1901, em Paris, estabeleceu que as *condições normais da gravidade* são definidas pelo valor da intensidade da gravidade $g=980,665 \text{ cm/s}^2$. Isto quer dizer que o *quilograma-fôrça normal* é o pêso do quilograma-padrão nas condições normais da gravidade; e o seu valor, ..., é $1 \text{ kg-fôrça} n. = 10^3 \text{ g} \times 980,665 \text{ cm/s}^2 = 980665 \text{ dynes} = 9,80665 \text{ N}$. Em Lisboa, onde é $g = 980,04 \text{ cm/s}^2$, tem-se, limitando-nos a quatro [?] algarismos significativos $1 \text{ kg-fôrça} = 980 \times 10^3 \text{ dynes} = 9,80 \text{ N}$.»

A solução que consiste em adoptar para a unidade fundamental do sistema métrico

industrial a Definição 1 (ou mesmo a 2, desde que o local convencional X tenha aceitação geral) julgo ser a que mais agrada aos físicos. É fácil reconhecer que, em última análise, ela equivale a encarar o sistema métrico industrial, não como um sistema gravitacional, mas sim como um sistema absoluto de unidades.

Porém, poderão os engenheiros aceitar tal solução? Não será a conveniência de um quilograma-massa pesar *sempre* um quilograma que os tem levado a persistir no uso do sistema métrico industrial? Para que servirá adoptar o quilograma como unidade de força se para achar o peso de um quilograma-massa fôr necessário saber, ou determinar, o valor da aceleração da gravidade no local considerado?

TEMA 3. A unidade principal de massa do sistema métrico industrial é a massa dum ponto material que, sob a acção da força de 1 kg, adquire a aceleração de 1 m/s^2 .

Esta unidade não tem nome universalmente aceito⁽¹⁾. O Prof. AMORIM FERREIRA (1940; 1943) chama-lhe *unidade métrica de massa* e designa-a pela abreviatura U. m. m. Certos autores de língua inglesa, por analogia com a unidade de massa do sistema gravitacional britânico (*slug*)⁽²⁾, intitulam-na *metric slug* [v. g. MAURER and ROARK (1925, p. 194)]; todavia, o nome de *metric slug* é dado por RUSSELL (1945, p. 455) à massa, dez vezes menor, a que a força de 1 g imprime a aceleração de 1 cm/s^2 .

A falta de um vocábulo próprio para

(1) É curiosa a atitude legalista de BRUHAT (1940, p. 260): «Rappelons que, si l'on voulait employer... une quelconque des formules de la Mécanique où figure la masse, en prenant comme unités de force, de longueur et de travail le kilogramme-force, le mètre et le kilogrammètre, il faudrait prendre comme unité de masse une masse égale à 9,81 kilogrammes. L'emploi de cette unité n'est pas légal, et il faut éviter l'emploi du kilogramme-force et du kilogrammètre dans les calculs où entre la masse.»

(2) Também chamada *geepound, matt e ert*.

designar a U. m. m. tem bastantes contras. Obriga, por exemplo, ao emprego das locuções «unidade métrica de massa específica», «unidade métrica de densidade superficial», «unidade métrica de momento de inércia», «unidade métrica de quantidade de movimento», etc., de comodidade mais que duvidosa.

O Prof. BOUNY, da Faculdade Politécnica de Mons (Bélgica), propôs, em 1945, para a U. m. m., o nome de *massau* [BOUNY (1945; 1946)]. As razões que apresenta para defender a sua tese podem, na quase totalidade, utilizar-se a favor da adopção dum vocábulo próprio, qualquer que êle seja. Verdadeiramente em pró do termo *massau* limita-se a insistir na sua consonância com a palavra massa(!) e a fazer o elogio histórico de JUNIUS MASSAU (1852-1909), professor de Mecânica Racional na Universidade de Gand.

Como é sabido, ao contrário do que sucede com os sistemas C. G. S. e M. K. S., até agora nenhuma unidade do sistema métrico industrial tem o nome dum cientista.

Por mais conveniente que seja a adopção duma palavra própria para denominar a U. m. m., será aceitável atribuir-lhe o nome dum ilustre desconhecido, que não forneceu nenhuma contribuição para o aprofundamento do conceito de massa?

Já que o *newton* é a U. M. K. S. de força e o *galileu* ou *gal* a U. C. G. S. de aceleração (cm/s^2), julgo haver muito quem pense que dar à U. m. m. a designação *einstein* seria a solução mais justa. O termo tem o defeito de começar pelo numeral alemão *ein*. Mas, será êste um grave defeito?

A parecença de massa com MASSAU afigura-se-me um argumento de fraco valor. Tanto mais que semelhante analogia se pode invocar, julgo que com bem maior justiça, a favor do nome de MACH.

Noutra ordem de ideias, poderá objectar-se que, sendo o sistema métrico industrial usado sobretudo pelos técnicos, se deverá dar à U. m. m. o nome dum engenheiro notável. Quem?

Será preferível, para evitar melindres, ir buscar uma palavra ao vocabulário latino ou grego? Porque não *pigra*⁽¹⁾?

Ou será ainda melhor deixar tudo como está?

P. DE VARENNES E MENDONÇA
PROF. CAT. DO I. S. A.

CITAÇÕES

APPELL, PAUL, 1941 *Traité de Mécanique Rationnelle*. Tome I. 6^e ed. Gauthie-Villars; Paris.

BÉGHIN, HENRI, 1935 — *Statique et Dynamique*. 2^e vol. 2^e ed. Librairie Armand Colin; Paris.

BOUNY, FRANÇOIS, 1945 — Pour l'attribution du nom de Massau à l'unité technique de masse. Extrait des *Publications de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Mons*, fasc. 91.

1946—Pour l'attribution du nom de Massau à l'unité technique de masse — Note complémentaire. Extrait des *Publications de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Mons*, fasc. 93.

BRUHAT, G., — 1940 *Mécanique*. Cours de Physique Générale. 2^o ed. Masson & Cie; Paris.

CISOTTI, UMBERTO, 1939 — *Meccanica Razionale*. 3^a ed. Libreria Editrice Politecnica; Milano.

DENIS-PAPIN, MAURICE et VALLOT, JACQUES, 1946 — *Métrologie Générale (Grandeurs et Unités)*. Aide-mémoire Dunod. Dunod; Paris.

FERREIRA, H. AMORIM, 1940 — *Grandezas e Unidades Físicas*. Livraria Sá da Costa; Lisboa.

⁽¹⁾ Do adjectivo latino *piger*, *pigra*, *pigrum*, que significa inerte, preguiçoso, indolente. Pígro, em português, é termo poético muito pouco usado.

1943 — *Mecânica*. Tomo I das Lições do Curso Geral de Física da Universidade de Lisboa. 4.^a ed. Livraria Sá da Costa; Lisboa.

LUCINI, MANUEL, 1942 — *Lecciones sobre Teoría de la Mecánica y sus aplicaciones*. Editorial Labor, S. A.; Barcelona, Madrid, Buenos Aires, Rio de Janeiro.

MACHADO, ÁLVARO R., 1940 — *Compêndio de Física para o 3.^o ciclo dos liceus com resumos das matérias do 4.^o, 5.^o e 6.^o anos*. Editora Educação Nacional; Pôrto.

MARCOLONGO, R. ROSSI, C. e TOLLE, M., 1925 — *Elementi di Calcolo Vettoriale, Omografico, Tensoriale e Meccanica Razionale dei Corpi Rigidi*. Ulrico Hoepli; Milano.

MAURER, EDWARD R. and ROARK, RAYMOND J., 1925 — *Technical Mechanics*. 5th ed. John Wiley & Sons, Inc.; New York. Chapman & Hall, Ltd; London.

NIELSEN, JAKOB, 1935 — *Vorlesungen über elementare Mechanik*. Übersetzt u. bearbeitet von Werner Fenchel. Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete, Bd. XLIV. Julius Springer; Berlin.

PALACIOS, JULIO, 1942 — *Introduccion a la Mecánica Física*. Imprenta y Talleres Gráficos del Ministerio del Aire; Madrid.

ROSSI, C., 1939 — *Meccanica dei Corpi Rigidi*. In, COLOMBO, G. — *Manuale dell'Ingegneria Civile e Industriale*. 66^a-70^a ed. Ulrico Hoepli; Milano.

RUSSELL, GEORGE E., 1945 — *Hydraulics*. 5th ed. Henry Holt and Co.; New York.

ZAMITH, F. e TEIXEIRA, J., 1944 — *Curso Elementar de Física de acôrdo com o programa do VII ano dos liceus*. 5.^a ed. Livraria Simões Lopes; Pôrto.

A «Gazeta de Física» tem assegurada valiosa colaboração estrangeira de renome internacional