

valores de τ_2 iguais a 5, 6, ..., obtemos séries cujas riscas de maior intensidade devem ser encontradas no infra-vermelho.

A razão pela qual o espectro considerado não se observa nos tubos de hélio ordinários, pode residir no facto de, em tais tubos, a ionização do hélio não ser tão completa como na estrela considerada ou nas experiências de Fowler, onde uma forte descarga atravessa uma mistura de hidrogénio e hélio. A condição para o aparecimento do espectro é, em consequência da teoria acima, que os átomos de hélio estejam presentes num estado em que tenham perdido ambos os electrões.

Devemos supor agora que a quantidade de energia necessária para remover o segundo electrão do átomo de hélio é muito maior do que a necessária na remoção do primeiro.

Por outro lado, é sabido, a partir de experiências com raios positivos, que o átomo de hidrogénio pode adquirir uma carga negativa; portanto, a presença de hidrogénio nas experiências de Fowler pode dar origem a que mais electrões sejam removidos de alguns átomos de hélio do que os que seriam se estivesse presente unicamente hélio.

(Introdução e tradução de F. BRAGANÇA GIL e J. SOUSA LOPES)

Símbolos, unidades e nomenclatura em Física

As recomendações expressas neste documento, compostas pela Comissão de Símbolos, Unidades e Nomenclatura da União Internacional de Física Pura e Aplicada, foram aprovadas em sucessivas Assembleias Gerais da União, realizadas em 1948, 1951, 1954, 1957 e 1960.

1. Grandezas físicas — Recomendações gerais

1. 1. O símbolo para uma grandeza física (francês: «grandeur physique»; inglês: «physical quantity» ou «physical magnitude»; alemão: «physikalische grösse») é equivalente ao produto do valor numérico (ou medida), número puro, por uma unidade, isto é,

grandezas físicas = valor numérico \times unidade

A unidade correspondente a uma grandeza física sem dimensões não tem, muitas vezes, nome ou símbolo, nem é explicitamente indicada.

Exemplos: $E = 200 \text{ erg}$ $n_{\text{qu.}} = 1,55$
 $F = 27 \text{ N}$ $v = 3 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$

1. 2. Símbolos para as grandezas físicas — Regras gerais

1. Os símbolos para as grandezas físicas devem ser letras (uma para cada símbolo) dos alfabetos latino ou grego com ou sem sinais especificadores: índice, expoente, plícas, etc.

Nota:

- a) Uma excepção a esta regra são os símbolos com duas letras, que são usados algumas vezes para representarem produtos sem dimensões de grandezas físicas. Se um tal símbolo, composto por duas letras, aparece como um factor num produto, recomenda-se a sua separação dos outros símbolos por um ponto, por um parêntesis ou por um espaço.
- b) As abreviaturas, isto é, formas condensadas de nomes ou expressões, tais como f. p. para função de partição, não devem ser usadas nas equações físicas. No texto, devem ser escritas no tipo romano.

2. Os símbolos para as grandezas físicas devem ser impressos em *italico*.

Nota:

No que respeita à impressão dos índices recomenda-se o critério seguinte: apenas os índices que são símbolos de grandezas físicas devem ser impressos em itálico. *Exemplos.*

| | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| Índices em romano redondo | Índices em romano itálico |
| C_g ($g = \text{gás}$) | p em C_p |
| g_n ($n = \text{normal}$) | n em $\sum_n a_n v_n$ |
| μ_r ($r = \text{relativo}$) | x em $\sum_x a_x b_x$ |
| E_k ($k = \text{cinética}$) | i, k em g_{ik} |
| χ_e ($e = \text{eléctrica}$) | x em p_x |

3. Símbolos para vectores e tensores:

Para evitar o uso de índices é muitas vezes recomendado indicar os vectores e os tensores de segunda ordem por letras dum tipo especial. Recomenda-se o seguinte:

- a) Os vectores devem ser impressos a tipo negro, de preferência tipo negro inclinado, por exemplo, A, a .
- b) Os tensores de segunda ordem devem ser impressos em tipo negro alongado, por exemplo, S, T .

Nota:

Quando isto não for possível, os vectores devem ser indicados por uma seta, e os tensores por uma dupla seta, em cima do símbolo respectivo.

1. 3. Operações matemáticas simples

1. A adição e a subtracção de duas grandezas físicas são indicadas por:

$$a + b \text{ e } a - b$$

2. A multiplicação de duas grandezas físicas pode ser indicada por uma das formas seguintes:

$$ab \quad a b \quad a \cdot b \quad a \cdot b \quad a \times b$$

Nota: Os vários produtos de vectores e tensores podem ser escritos das maneiras seguintes:

produto escalar (ou interno) dos vectores A e B : $A \cdot B \quad A \cdot B$

produto vectorial (ou externo) dos vectores A e B : $A \wedge B \quad A \times B$

produto diádico dos vectores A e B : AB

produto escalar dos tensores S e T : $(\sum_{i,k} S_{ik} T_{ki}) \quad S : T$

produto tensorial uma vez contraído dos tensores S e T : $(\sum_k S_{ik} T_{kl}) \quad S \cdot T \quad S \cdot T$

produto interno do tensor S pelo vector A : $(\sum_k S_{ik} A_k) \quad S \cdot A \quad S \cdot A$

3. A divisão de uma quantidade por outra quantidade pode ser indicada por uma das maneiras seguintes:

$$\frac{a}{b} \quad a/b \quad a b^{-1}$$

ou por qualquer outra maneira de escrever o produto de a por b^{-1} .

Estas normas podem estender-se aos casos em que uma das grandezas ou ambas são produtos, quocientes, somas ou diferenças de outras quantidades.

Se for necessário, os parêntesis têm de usar-se de acordo com as regras da matemática.

Se o traço inclinado se usa para separar o numerador do denominador, e se existe alguma dúvida sobre quando começa o numerador ou acaba o denominador, devem usar-se parêntesis.

Exemplos:

Expressões com uma barra horizontal Mesmas expressões com um traço inclinado

| | |
|---|--|
| $\frac{a}{bcd}$ | a/bcd |
| $\frac{2}{9} \text{ sen } kx, \frac{1}{2} RT$ | $(2/9) \text{ sen } kx, (1/2) RT$ ou $RT/2$ |
| $\frac{a}{b} - c$ | $a/b - c$ |
| $\frac{a}{b-c}$ | $a/(b-c)$ |
| $\frac{a-b}{c-d}$ | $(a-b)/(c-d)$ |
| $\frac{a}{c} - \frac{b}{d}$ | $a/c - b/d$ |

Nota: Recomenda-se que em expressões tais como:

$$\text{sen } \{2\pi(x - x_0)/\lambda\} \quad \exp \{r - r_0/\sigma\}$$

$$\exp \{-V(r)/kT\} \quad \sqrt{(\epsilon/c^2)}$$

o argumento seja sempre colocado entre parêntesis, excepto quando for um simples produto de duas grandezas; por exemplo, $\text{sen } kx$. Quando se usar a barra horizontal sobre o sinal de raiz quadrada, não são necessários parêntesis.

2. Unidades — Recomendações gerais

2.1 Símbolos para as unidades — Regras gerais.

1. Os símbolos das unidades de grandezas físicas devem ser impressos em tipo romano redondo.

2. Os símbolos das unidades não devem ser acompanhados por um ponto final, e devem permanecer inalterados no plural; por exemplo, 7 cm e não 7 cms.

3. Os símbolos das unidades devem ser impressos em tipo romano redondo (caixa baixa). Contudo, o símbolo para uma unidade, quando derivado dum nome próprio, deve começar por uma letra de tipo romano maiúsculo; por exemplo, m (metro), A (ampère), Wb (weber), Hz (hertz).

2.2 Prefixos — Regras gerais

1. Devem usar-se os seguintes prefixos para indicar as fracções ou múltiplos decimais duma unidade.

| | | | |
|-----------------------|-------|---------------------|---|
| deci (= 10^{-1}) | d | quilo (= 10^3) | k |
| centi (= 10^{-2}) | c | mega (= 10^6) | M |
| mili (= 10^{-3}) | m | giga (= 10^9) | G |
| micro (= 10^{-6}) | μ | tera (= 10^{12}) | T |
| nano (= 10^{-9}) | n | | |
| pico (= 10^{-12}) | p | | |
| fento (= 10^{-15}) | f | | |
| ato (= 10^{-18}) | a | | |

2. O uso de prefixos duplos deve evitar-se sempre que haja um prefixo (simples) conveniente.

Não: m μ s, mas: ns (nanosegundo)
 Não: kMW, mas: GW (gigawatt)
 Não: $\mu\mu$ F, mas: pF (picofarad)

3. Quando se coloca um prefixo antes do símbolo duma unidade, a combinação resultante deve ser considerada como um novo símbolo, que pode ser elevado ao quadrado ou ao cubo sem se usarem parêntesis.

Exemplos:

$$\text{cm}^2, \text{ mA}^2, \mu\text{s}^2$$

Nota: Nunca deve usar-se um prefixo à frente duma unidade elevada ao quadrado. Assim,

cm^2 significa sempre $(0,01\text{ m})^2$ e nunca $0,01\text{ m}^2$

2.3 Operações matemáticas

1. A multiplicação de duas unidades pode ser indicada por uma das maneiras seguintes:

$$\text{Nm} \quad \text{N m} \quad \text{N} \cdot \text{m} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

2. A divisão duma unidade por outra pode ser indicada por alguma das formas

$$\frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{m/s} \quad \text{m s}^{-1}$$

ou por qualquer outra maneira de escrever o produto de m por s^{-1} . Não deve usar-se mais do que um traço inclinado. *Exemplos:*

Não: cm/s/s, mas: $\text{cm/s}^2 = \text{cm s}^{-2}$

Não: 1 poise =
 = 1 g/s/cm, mas: 1 poise =
 = 1 g/s cm =
 = 1 g s $^{-1}$ cm $^{-1}$

Não: J/°K/mol, mas: J/°K mol =
 = J °K $^{-1}$ mol $^{-1}$

3. Algarismos e números

1. Os algarismos ou números devem ser impressos em tipo romano redondo.

2. O sinal *decimal* entre algarismos ou números deve ser uma vírgula (,) ou (mas apenas nos textos em inglês) um ponto.

3. O sinal de *multiplicação* entre algarismos ou números deve ser uma cruz (\times) ou (*excepto* nos textos em inglês) um ponto.

4. A *divisão* dum algarismo ou número pode ser indicada das seguintes maneiras:

$$\frac{136}{273,15} \quad 136/273,15$$

ou ainda escrevendo-a como o produto do numerador pelo inverso do denominador. Nestes casos o número que se inverteu deve ser colocado entre parêntesis.

Nota: Quando se usa o traço inclinado e possa haver qualquer dúvida sobre quando começa o numerador ou acaba o denominador, devem usar-se parêntesis, como no caso das grandezas (Cf. 2. 4).

5. Para facilitar a leitura de *números grandes*, os algarismos podem juntar-se em *grupos de três*, mas não deve usar-se *nenhuma* vírgula ou ponto, salvo para o sinal decimal.

Exemplos: 2 573, 421 736.

4. Símbolos para os elementos químicos, núclídeos e partículas

1. Os *símbolos para os elementos químicos* devem ser impressos em tipo romano redondo. Não se põe um ponto final a seguir ao símbolo.

Exemplos: Ca C H He

2. Os números associados que especificam um *nuclídeo* são:

número de massa $^{14}\text{N}_2$ átomos/molécula

Nota: O número atômico, se se quiser, pode ser colocado à esquerda, como índice. O lugar superior, à direita, deve ser usado, se se quiser, para indicar um estado de ionização (por exemplo, Ca^{2+} , P_4^3-) ou estado excitado (por exemplo, $^{110}\text{Ag}^m$, He^*).

3. Símbolos para partículas e quanta

| | | | |
|--------------------|----------|-------------|----------|
| neutrão | n | mesão π | π |
| protão | p | mesão μ | μ |
| deutério | d | eléctron | e |
| trítio | t | neutrino | ν |
| partícula α | α | foto | γ |

Recomenda-se o uso da seguinte notação:

Hiperões: letras gregas maiúsculas para indicar partículas específicas, por exemplo, Λ , Σ .

Nucléões: tipo romano redondo (caixa baixa) n e p para indicar o neutrão e o protão respectivamente.

Mesões: letras gregas, tipo romano redondo (caixa baixa) para indicar partículas específicas, por exemplo, π , μ , τ .

Leptões: Partículas L; por exemplo, e, ν .

Recomenda-se que a carga das partículas seja indicada por um expoente +, - ou 0.

Exemplos:

$$\pi^+, \pi^-, \pi^0, p^+, p^-, e^+, e^-.$$

Se não se indicar a carga relativamente aos símbolos p e e , entende-se que eles se referem ao protão positivo e ao eléctron negativo, respectivamente.

O símbolo \sim sobre o símbolo dum partícula, tem sido usado para indicar a antipartícula correspondente (por exemplo, $\bar{\nu}$ para o antineutrino), e recomenda-se o seu emprego, no mesmo sentido, quando necessário noutros casos.

5. Estados quânticos

1. Um símbolo que indique o estado quântico dum *sistema* deve ser impresso no tipo romano redondo maiúsculo.

O índice direito indica o número quântico correspondente ao momento angular total, e o expoente esquerdo a multiplicidade.

Exemplo: $^2\text{P}_3$ ($J = \frac{3}{2}$; multiplicidade, 2).

2. Um símbolo que indique o estado quântico duma única *partícula* deve ser impresso em tipo romano redondo (caixa baixa). O índice direito pode ser usado para o número quântico do momento angular total da partícula no caso de acoplamento $j - j$.

Exemplo: $p_{\frac{3}{2}}$ — electrão

3. As letras que correspondem simbolicamente aos *números quânticos do momento angular* devem ser:

| | | |
|-------|-------|--------|
| 0 S,s | 4 G,g | 8 L,l |
| 1 P,p | 5 H,h | 9 M,m |
| 2 D,d | 6 I,i | 10 N,n |
| 3 F,f | 7 K,k | 11 O,o |

6. Nomenclatura

1. Utilização da palavra «específico».

Em língua inglesa a palavra «específico» associada a grandezas físicas deve limitar-se ao significado «dividido pela massa»*.

Exemplos:

| | |
|------------------------|-----------------------------|
| Specific volume | volume/massa |
| Specific energy | energia/massa |
| Specific heat capacity | capacidade calorífica/massa |

2. Notação para o carácter covariante do acoplamento

| | |
|-------------------------|-------------------------------|
| S acoplamento escalar | A acoplamento vectorial axial |
| V acoplamento vectorial | P acoplamento pseudo-escalar |
| T acoplamento tensorial | |

3. Notação abreviada para uma reacção nuclear

O significado duma expressão simbólica que indique uma reacção nuclear deve ser o seguinte:

* Notar que em língua portuguesa se usa, por exemplo, massa específica significando massa por unidade de volume (N. T.).

nuclídeo inicial $\left(\begin{array}{l} \text{partícula(s)} \\ \text{ou quanta} \\ \text{bombardeante(s)}, \end{array} \right.$ $\left. \begin{array}{l} \text{partícula(s)} \\ \text{ou quanta} \\ \text{projectado(s)} \end{array} \right)$ nuclídeo final

Exemplos:



4. Carácter das transições

Multipolaridade da transição:

| | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| unipolar eléctrica ou magnética | E0 ou M0 |
| dipolar | E1 ou M1 |
| quadripolar | E2 ou M2 |
| octopolar | E3 ou M3 |
| 2 ⁿ -polar | E _n ou M _n |

Mudança de paridade na transição:

transição *com* mudança: sim

transição *sem* mudança: não

5. *Nuclídeo:* Uma espécie de átomos, idênticos no que respeita aos números atómico e de massa, deve ser indicada pela palavra *nuclídeo*, e não pela palavra *isótopo*.

Nuclídeos diferentes que tenham o mesmo número atómico devem chamar-se *isótopos* ou *nuclídeos isotópicos*.

Nuclídeos diferentes que tenham o mesmo número de massa devem chamar-se *isóbaros* ou *nuclídeos isobáricos*.

6. Sinal do vector de polarização (Convenção de Basileia)

Nas interacções nucleares, toma-se a polarização positiva de partículas com $\text{spin } \frac{1}{2}$ na direcção do produto vectorial

$$k_i \times k_0$$

onde k_i e k_0 são, respectivamente, os vectores de onda circular das partículas bombardeante e projectada.

7. Símbolos recomendados para as grandezas físicas

Notas:

(1) Quando para uma grandeza se apresentam vários símbolos, sem indicação

especial, pode usar-se indiferentemente qual-quer deles.

(2) Geralmente não se presta atenção especial ao nome da grandeza.

7. 1. Espaço e tempo.

| | | |
|--|---|------|
| comprimento | l | |
| largura | b | |
| altura | h | |
| raio | r | |
| diâmetro: $d = 2r$ | d | |
| trajectória: $L = \int ds$ | L, s | |
| área | A, S | |
| volume | V, v | |
| ângulo (plano) | $\alpha, \beta, \gamma, \theta, \vartheta, \varphi$ | |
| ângulo sólido | ω, Ω | |
| comprimento de onda | λ | |
| número de onda: | | |
| $\sigma = 1/\lambda$ | $\sigma, \tilde{\nu}$ | (*) |
| número de onda angu- lar: $k = 2\pi/\lambda$ | k | (**) |
| tempo | t | |
| período | T | |
| frequência: $\nu = 1/T$ | ν, f | (*) |
| frequência angular, pulsção: $\omega = 2\pi\nu$ | ω | |
| velocidade $v = ds/dt$ | c, u, v | |
| velocidade angular: | | |
| $\omega = d\varphi/dt$ | ω | |
| aceleração: $a = dv/dt$ | a | |
| aceleração angular: | | |
| $\alpha = d\omega/dt$ | α | |
| aceleração da gravi- dade | g | |
| aceleração da gravi- dade padrão | g_n | |
| v/c | β | |

(*) $\tilde{\nu}$ usa-se exclusivamente em espectroscopia molecular.

(**) Em inglês: circular wave number.

Convém notar que em Teoria das Ondas se considera um vector k , de módulo $k = \frac{2\pi}{\lambda}$, designado por vector de onda (N. T.).

(*) Em física: ν .

7. 2. Mecânica

| | | |
|---|------------------|------|
| massa | m | |
| massa específica | | |
| $\rho = m/V$ | ρ | (*) |
| massa reduzida | μ | |
| momento: $p = mv$ | p, p | (**) |
| momento de inércia: | | |
| $I = \int r^2 dm$ | I, J | |
| força | F, F | |
| peso | $G, (W)$ | (*) |
| momento duma força | M, M | |
| pressão | p | |
| pressão ou tensão nor- mal | σ | (**) |
| tensão tangencial ou de corte | τ | (*) |
| constante de gravita- ção $F(r) = G m_1 m_2 / r^2$ | G | |
| módulo de elasticidade | | |
| módulo de Young: | | |
| $\sigma = E \Delta l / l$ | E | |
| módulo de corte: | | (**) |
| $\tau = G \text{tg } \gamma$ | G | |
| compressibilidade: | | |
| $k = -(1/V) dV/dp$ | k | |
| módulo de compres- sibilidade: $K = 1/k$ | K | (*) |
| viscosidade | η | |
| viscosidade cinemá- tica: $\nu = \eta/\rho$ | ν | |
| coeficiente de atrito | f | |
| tensão superficial | γ, σ | |
| energia | E, U | |

(*) No texto em inglês encontra-se a palavra «density». Convém, no entanto, notar que a definição $\rho = \frac{m}{V}$ se refere a massa específica (N. T.).

(**) Em inglês: «momentum». Trata-se da mo-mento linear cuja designação em português é quan-tidade de movimento. Alguns autores designam esta grandeza por impulsão, reservando o termo momento (linear) para o correspondente operador em Mecânica Quântica (N. T.).

(*) Símbolo preferido: G .

(**) Em inglês: normal stress.

(*) Em inglês: shear stress.

(***) Em inglês: shear modulus

(*) Em inglês: bulk modulus.

| | | | | |
|---|--|--|--------------------|------|
| energia potencial | V, E_p | temperatura termodinâmica | $T, (\Theta)$ | (*) |
| energia cinética | T, E_k | constante de Boltzmann | k | |
| trabalho | W, A | $1/kT$ em funções exponenciais | β | |
| potência | P | constante dos gases por mole | R | |
| rendimento | η | função de partição | Q, Z | |
| função de Hamilton, hamiltoniano | H | coeficiente de difusão | D | |
| função de Lagrange, lagrangiano | L | coeficiente de difusão térmica | D_T | |
| densidade | d | razão de difusão térmica | K_T | |
| 7.3. Física molecular | | | | |
| número de moléculas | N | factor de difusão térmica | α_T | |
| número de moléculas por unidade de volume $n = N/V$ | n | temperatura característica | Θ | |
| constante de Avogadro | L, N_A | temperatura de Debye: $\Theta_D = h \nu_D / k$ | Θ_D | |
| massa molecular | m | temperatura de Einstein: $\Theta_E = h \nu_E / k$ | Θ_E | |
| velocidade vectorial molecular com componentes | $\{ \mathbf{c}, (c_x, c_y, c_z) \}$ $\{ \mathbf{u}, (u_x, u_y, u_z) \}$ | temperatura rotacional: $\Theta_r = h^2 / 8 \pi^2 I k$ | Θ_r | |
| vector posição molecular com componentes | $r, (x, y, z)$ | temperatura vibracional: $\Theta_v = h \nu / k$ | Θ_v | |
| momento vectorial molecular com componentes | $\mathbf{p}, (p_x, p_y, p_z)$ | 7.4. Termodinâmica | | |
| velocidade média | $\mathbf{c}_0, \mathbf{u}_0, \bar{c}, \bar{u}$ | quantidade de calor | Q | |
| velocidade mais provável | \hat{c}, \hat{u} | trabalho | W, A | |
| livre percurso médio | l | temperatura | $t, (\mathcal{S})$ | (**) |
| energia de atracção molecular | ε | temperatura termodinâmica | $T, (\Theta)$ | (*) |
| energia de interacção entre as moléculas i e j | φ_{ij}, V_{ij} | entropia | S | |
| função de distribuição de velocidades: $n = \int f d c_x d c_y d c_z$ | $f(c)$ | energia interna | U | |
| função de Boltzmann | H | função de Helmholtz, energia livre: $F = U - TS$ | F | |
| coordenada generalizada | q | entalpia: $H = U + pV$ | H | |
| momento generalizado | p | função de Gibbs: $G = U + pV - TS$ | G | (*) |
| volume no espaço de fase γ | Ω | | | |

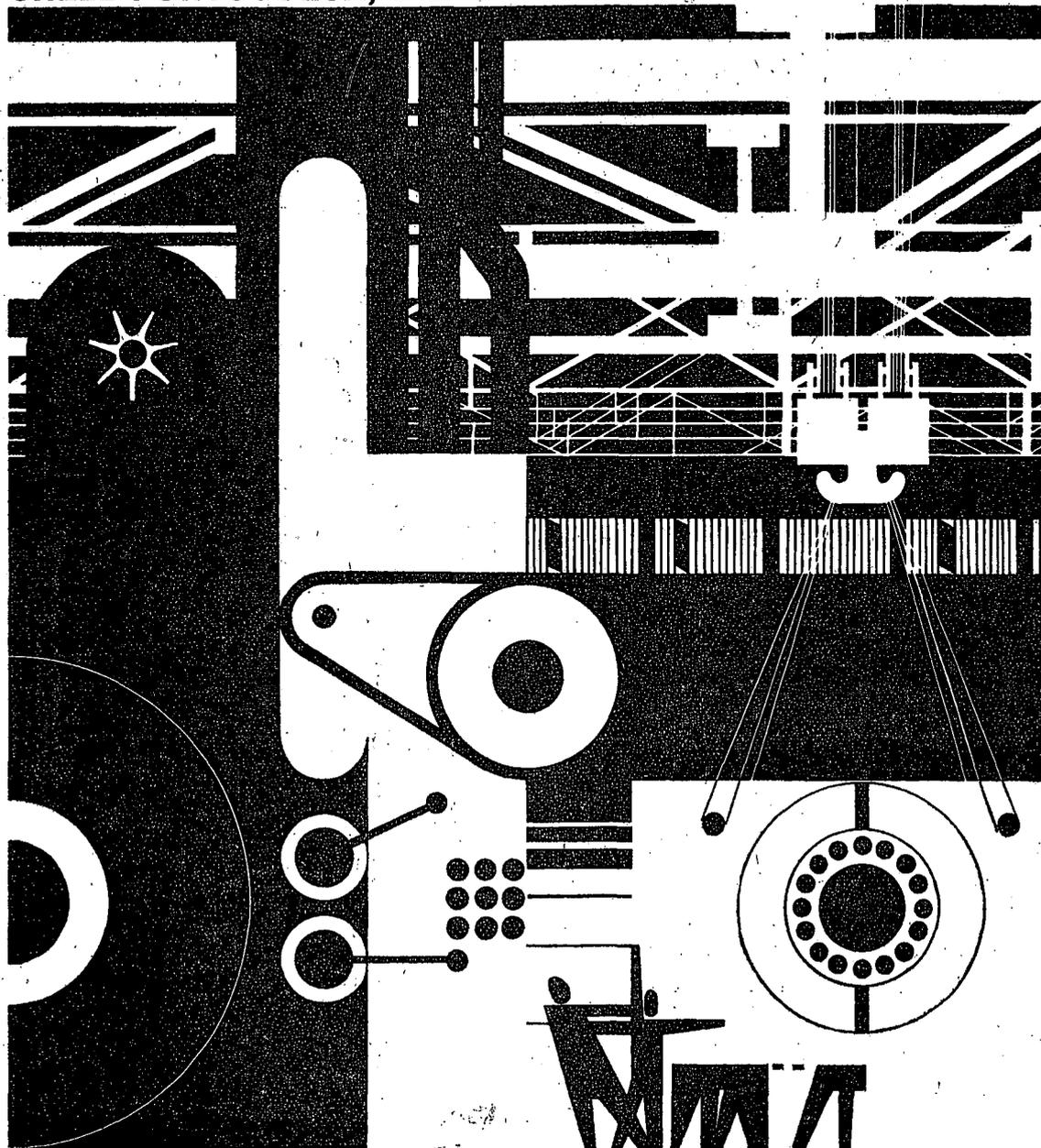
(*) Em inglês: number density of molecules.

(*) Símbolo preferido: T .
 (**) Símbolo preferido: t .
 (•) Símbolo preferido: T .
 (‡) Também designada por entalpia livre ou potencial termodinâmico. (N. T.).



A SHELL PORTUGUESA TEM, A DISPOSIÇÃO DAS GRANDES EMPRESAS, PESSOAL ESPECIALIZADO EM TODOS OS PROBLEMAS OU NECESSIDADES DA INDÚSTRIA, E OFERECE-LHES UMA GAMA, SEMPRE EM AUMENTO, DE PRODUTOS CUJA QUALIDADE É GARANTIDA POR UMA LONGA EXPERIÊNCIA E PELO TRABALHO CONTINUO DE LABORATÓRIOS E CENTROS DE PESQUISAS ESPALHADOS POR TODO O MUNDO.

SHELL PORTUGUESA, S.A.R.L.

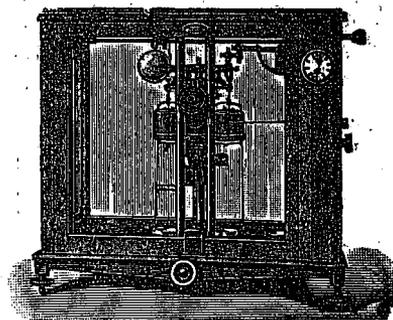


PIMENTEL & CASQUILHO, L.^{DA}

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

BALANÇAS DE PRECISÃO E ANALÍTICAS,
CAIXAS DE PESOS, LUPAS, TERMÔMETROS,
DENSÍMETROS, CONTA-SEGUNDOS

MATERIAL DE VIDRO,
PORCELANA E QUARTZO



RUA DO JARDIM DO REGEDOR, 24-2.º

LISBOA

TELEF.: 324314 • TELEG.: TECNA

TELEF. 77 66 82

Correia & Polónia, L.^{da}

- PAPELARIA
- TIPOGRAFIA
- ENCADERNAÇÃO
- E ARTIGOS DE ESCRITÓRIO

Rua Conde Sabugosa, 7-A (à Av. Roma)
LISBOA



GENTRO FORNECEDOR DE MÓVEIS

FABRICANTES

MÓVEIS E DECORAÇÕES

▲
Especializados em mobiliário
comercial

▲
Estudos e orçamentos em mobiliário
de qualquer estilo

Rua da Madalena, 112-1.º
Telef. 86 92 81 — LISBOA

luminância :

 $dI/dS \cos \vartheta$ L

emissão luminosa :

 $d\Phi/dS$ M

quantidade de energia radiante

 Q_0

fluxo de radiação

 Φ_0, P

intensidade de irradiação

 I_0

irradiância

 E_0

radiância

 L_0

emissão radiante

 M_0

factor de absorpção :

 Φ_a/Φ_0 α

factor de reflexão :

 Φ_r/Φ_0 ρ

factor de transmissão :

 Φ_{tr}/Φ_0 τ

coeficiente de absorpção

 a

coeficiente de extinção

 k

velocidade da luz no vácuo

 c

índice de refração :

 $n = c/c_n$ n

7.7. Acústica

velocidade do som

 c

velocidade das ondas longitudinais

 c_l

velocidade das ondas transversais

 c_t

velocidade de grupo

 c_g

fluxo de energia sonora

 P

factor de reflexão :

 P_r/P_0 ρ

factor de absorpção

acústica : $1 - \rho$ $\alpha_n, (\alpha)$

factor de transmissão :

 P_{tr}/P_0 τ

factor de dissipação :

 $\alpha_n - \tau$ δ

nível sonoro

 $L_N, (\Lambda)$

(*)

7.8. Física atômica e nuclear

número atômico, nú-

mero de prótons Z número de massa A

número de prótons :

 $P = Z$ P

número de neutrões :

 $N = A - Z$ N carga do positrão e massa do electrão m, m_0 massa do próton m_p massa do neutrão m_n massa do mesão m_π, m_μ massa nuclear M_N, M massa atômica M_a, M

massa atômica relati-

va : M_a/m_u A_r

constante de massa atô-

mica (unificada) :

 $m_u = M_a(^{12}C)/12$ m_u

momento magnético de

uma partícula μ

momento magnético do

próton μ_p

momento magnético do

neutrão μ_n

momento magnético do

electrão μ_0 magnetão de Bohr μ_B, β constante de Planck h

número quântico prin-

cipal n, n_i

número quântico do

momento angular or-

bital L, l_i

número quântico do

spin S, s_i

número quântico do

momento angular to-

tal J, j_i

número quântico mag-

nético M, m_i

número quântico do

spin nuclear I

(*)

(*) Em inglês: loudness level.

(*) A expressão «spin nuclear» refere-se aqui ao momento angular total do núcleo. (N. T.).

| | | | |
|---|------------------------------|---|--------------|
| número quântico hiperfino | F | raio do electrão: | |
| número quântico rotacional | J, K | $r_0 = e^2 / m c^2$ | r_0 |
| número quântico vibracional | v | coeficiente de absorção linear | μ, μ_1 |
| momento quadripolar | Q | coeficiente de absorção atómica | μ_a |
| constante de Rydberg | R_∞ | coeficiente de absorção mássica | μ_m |
| raio de Bohr: | | poder de paragem linear | S, S_1 (*) |
| $a_0 = h^2 / 4 \pi^2 m e^2$ | a_0 | poder de paragem atómico | S_a (**) |
| constante de estrutura fina: $\alpha = 2 \pi e^2 / h c$ | α | penetração linear | R, R_1 (•) |
| excesso de massa: | | coeficiente de recominação | A |
| $M_a - A m_u$ | Δ | | |
| fracção de síntese: | | | |
| $\Delta / A m_u$ | f | | |
| raio nuclear: | | | |
| $R = r_0 A^{1/3}$ | R | | |
| magnetão nuclear | μ_N | | |
| factor- g : por exemplo, | g | | |
| $g = \mu / I \mu_N$ | | | |
| razão giromagnética: | | | |
| $\gamma = 2 \pi \mu / I h =$ $= g(2 \pi \mu_N / h)$ | γ | | |
| frequência (angular) de Larmor | ω_L | | |
| largura de nível | Γ | | |
| vida média | τ | | |
| energia de reacção | Q | | |
| secção eficaz | σ | | |
| secção eficaz macroscópica: $\Sigma = n \sigma$ | Σ | | |
| parâmetro de choque | b | | |
| ângulo de difusão | $\vartheta, \theta, \varphi$ | | |
| coeficiente de conversão interna | α | | |
| energia de desintegração | Q | | |
| período (de semi-desintegração) | $T_{1/2}$ | | |
| constante de desintegração | λ | | |
| actividade | A | | |
| comprimento de onda de Compton: | | | |
| $\lambda = h / m c$ | λ_c | | |
| | | 7.9. Química-física | |
| | | quantidade de substância | ν, n |
| | | massa molar da substância B | M_B |
| | | concentração molar da substância B | c_B |
| | | fracção molar da substância B | x_B, X_B |
| | | fracção mássica da substância B | w_B |
| | | fracção volúmica da substância B | φ_B |
| | | razão molar de solução | r |
| | | molaridade de solução | m |
| | | potencial químico | μ |
| | | actividade absoluta da substância B (sem dimensões) | λ_B |
| | | actividade relativa | a_B |
| | | coeficiente de actividade | γ_B |
| | | pressão osmótica | Π |
| | | coeficiente osmótico | g, φ |
| | | número estequiométrico de moléculas B | ν_B |
| | | afinidade | A |

(*) Em inglês: linear stopping power.

(**) Em inglês: atomic stopping power.

(•) Em inglês: linear range.

(*) Em inglês: packing fraction.

| | |
|---|-------|
| quantidade de reacção | ξ |
| constante de equilíbrio | K |
| número de carga dum ião | z |
| constante de Faraday | F |
| força iónica | I |
| actividade da substância B (dimensões de n ; Cf. 7.3) | z_B |

8. Símbolos matemáticos recomendados

8.1. Símbolos gerais

| | |
|-------------------------|--|
| igual a | $=$ |
| diferente de | \neq |
| identicamente igual a | \equiv |
| corresponde a | \triangleq |
| aproximadamente igual a | \approx |
| proporcional a | \sim, \propto |
| tende para | \rightarrow |
| maior do que | $>$ |
| menor do que | $<$ |
| muito maior do que | \gg |
| muito menor do que | \ll |
| maior ou igual a | \geq, \geq, \geq |
| menor ou igual a | \leq, \leq, \leq |
| mais | $+$ |
| menos | $-$ |
| mais ou menos | \pm |
| a multiplicado por b | $ab, a \cdot b, a \cdot b, a \times b$ |
| a dividido por b | $a/b, \frac{a}{b}$ |
| a elevado a n | a^n |
| módulo de a | $ a $ |
| raiz quadrada de a | $\sqrt{a}, \sqrt{a}, a^{\frac{1}{2}}$ |
| valor médio de a | $\bar{a}, \langle a \rangle$ |
| p factorial | $p!$ |
| coeficiente binomial: | $\binom{n}{p}$ |
| $n! / p!(n-p)!$ | |
| infinito | ∞ |

(*) 8.2. As letras que sejam símbolos, e as expressões que representem operações matemáticas devem ser impressas em tipo romano redondo.

| | |
|------------------------------|--------------------------|
| exponencial de x | $\exp x; e^x$ |
| base dos logaritmos naturais | e |
| logaritmo de x na base a | $\log_a x$ |
| logaritmo natural de x | $\ln x$ |
| logaritmo decimal de x | $\lg x, \log x$ |
| logaritmo binário de x | $\text{lb } x, \log_2 x$ |
| somatório | Σ |
| produto | Π |
| diferença finita de x | Δx |
| variação de x | δx |
| diferencial total de x | dx |
| função de x | $f(x), f(x)$ |
| limite de f(x) | $\lim f(x)$ |

8.3. Funções trigonométricas

| | |
|-----------------|-------------------------|
| seno de x | $\sin x$ |
| coseno de x | $\cos x$ |
| tangente de x | $\tan x, \text{tg } x$ |
| cotangente de x | $\cot x, \text{ctg } x$ |
| secante de x | $\sec x$ |
| cosecante de x | $\text{cosec } x$ |

Notas:

a. Para as funções circulares inversas recomenda-se o uso das expressões simbólicas das funções circulares correspondentes, precedidas pelas letras: arc.

Exemplos: $\arcsin x, \arccos x, \arctan$ ou arctg , etc. Algumas vezes usa-se a notação $\sin^{-1} x, \tan^{-1} x$, etc.

b. Para as funções hiperbólicas recomenda-se o uso das expressões simbólicas das funções circulares correspondentes, seguidas da letra: h.

Exemplos: $\sinh x, \cosh x, \tanh x$ ou $\text{tgh } x$, etc.

(*) Em inglês: extent of reaction.

(*) Se houver ambiguidade, $\log_{10} x$.

(**) Delta grego maiúsculo; não um triângulo.

c. Para as *funções hiperbólicas inversas* recomenda-se o uso das expressões simbólicas das funções hiperbólicas correspondentes, precedidas pelas letras: ar.

Exemplos: arsinh x , arcosh x , etc.

8.4. *Quantidades complexas*

| | |
|--|---------------------|
| unidade imaginária | |
| $(i^2 = -1)$ | i, j |
| parte real de z | $\text{Re } z, z'$ |
| parte imaginária de z | $\text{Im } z, z''$ |
| módulo de z | $ z $ |
| argumento de z : | |
| $z = z \exp i\varphi$ | $\arg z, \varphi$ |
| complexo conjugado de z , conjugado de z | z^* |

Nota: Algumas vezes usa-se, para o complexo conjugado de z , a notação \bar{z} .

8.5. *Cálculo vectorial* (v. também 1. 2. 3.)

| | |
|----------------------|---|
| valor absoluto | $ \mathbf{A} , A$ |
| operador diferencial | |
| vectorial | $\partial / \partial r, \nabla$ |
| gradiente | $\text{grad } \varphi, \nabla \varphi$ |
| divergência | $\text{div } \mathbf{A}, \nabla \cdot \mathbf{A}$ |
| rotacional | $\text{curl } \mathbf{A}, \text{rot } \mathbf{A}, \nabla \times \mathbf{A}$ |
| laplaciano | $\Delta \varphi, \nabla^2 \varphi$ |
| d'alembertiano | $\square \varphi$ |

8.6. *Cálculo matricial*

| | | |
|------------------------------|-------------------------------|-------------|
| transposta da matriz A : | $\bar{A}_{ij} = A_{ji}$ | \bar{A} |
| matriz conjugada de A : | $(A^*)_{ij} = (A_{ij})^*$ | A^* |
| conjugado hermitico de A : | $(A^\dagger)_{ij} = A_{ji}^*$ | A^\dagger |

9. Símbolos internacionais para as unidades

9.1. *Sistemas de unidades*

1. Um sistema coerente de unidades é um sistema baseado num conjunto de «unidades fundamentais» tal que, a partir destas, se obtêm por multiplicação ou divisão, sem fac-

tores numéricos, todas as «unidades derivadas».

2. O sistema CGS ou sistema cm-g-s é um sistema coerente de unidades baseado em três unidades fundamentais, correspondente às três grandezas fundamentais, comprimento, massa e tempo, respectivamente:

| | |
|------------|----|
| centímetro | cm |
| grama | g |
| segundo | s |

No campo da *mecânica* as unidades deste sistema que se indicam a seguir têm nomes e símbolos especiais que foram aprovados pela Conferência Geral de Pesos e Medidas:

| | | |
|--------------|---------------------------------|-----------------|
| l, b, h | centímetro | cm |
| t | segundo | s |
| m | grama | g |
| f, ν | hertz (= s^{-1}) | Hz |
| F | dine (= $g \cdot cm / s^2$) | dyn |
| E, U, W, A | erg (= $g \cdot cm^2 / s^2$) | erg |
| p | microbar (= dyn / cm^2) | μbar |
| η | poise (= $dyn \cdot s / cm^2$) | P |

No campo da *electricidade e magnetismo* existem várias variantes do sistema CGS, em particular os sistemas *electrostático CGS* e *electromagnético CGS*. Algumas unidades desta segunda variante têm nomes e símbolos especiais:

| | | |
|--------|--|----|
| H | oersted (= $cm^{1/2} \cdot g^{1/2} \cdot s^{-1}$) | Oe |
| B | gauss (= $cm^{1/2} \cdot g^{1/2} \cdot s^{-1}$) | G |
| Φ | maxwell (= $cm \cdot g^{1/2} \cdot s^{-1}$) | Mx |

3. O sistema MKSA ou sistema m-kg-s-A é um sistema coerente de unidades para a *mecânica, electricidade e magnetismo*, baseado em quatro unidades fundamentais correspondentes às quatro grandezas fundamentais comprimento, massa, tempo e intensidade de corrente eléctrica:

| | |
|------------|----|
| metro | m |
| quilograma | kg |
| segundo | s |
| ampère | A |

Nota: O Comité Internacional de Electrotecnia deu, em 1958, o nome de *sistema Giorgi* ao sistema baseado nestas quatro unidades fundamentais. O sistema mecânico, baseado apenas nas primeiras três unidades, tem o nome de *sistema MKS*.

As seguintes unidades do sistema MKSA têm nomes e símbolos especiais, que foram aprovados pela Conferência Geral de Pesos e Medidas:

| | | |
|-----------|--------------------------------|----------|
| l, b, h | metro | m |
| t | segundo | s |
| m | quilograma | kg |
| ν, f | hertz ($= s^{-1}$) | Hz |
| F | newton ($= kg \cdot m/s^2$) | N |
| E | joule ($= kg \cdot m^2/s^2$) | J |
| P | watt ($= J/s$) | W |
| I | ampere | A |
| Q | coulomb ($= A \cdot s$) | C |
| V | volt ($= W/A$) | V |
| C | farad ($= C/V$) | F |
| R | ohm ($= V/A$) | Ω |
| L | henry ($= Vs/A$) | H |
| Φ | weber ($= V \cdot s$) | Wb |
| B | tesla ($= Wb/m^2$) | T |

4. No campo da *termodinâmica* introduz-se uma nova unidade fundamental, correspondente à grandeza fundamental:

Temperatura termodinâmica, sendo a unidade o grau Kelvin, com o símbolo: °K.

Quando se usa a *temperatura ordinária*, definida por $t = T - T_0$, onde $T_0 = 273,15$ °K, é costume exprimi-la em graus Celsius, com o símbolo: °C. Para *intervalo de temperatura* usa-se frequentemente a palavra grau, com o símbolo deg, em virtude de neste caso as indicações «Kelvin» ou «Celsius» — que indicam o zero da escala usada — serem desprovidas de interesse.

5. No campo da *fotometria* introduz-se uma outra unidade fundamental correspondente à grandeza fundamental *intensidade luminosa*; a unidade designa-se por *candela*, símbolo: cd.

Nomes especiais para unidades utilizadas neste campo são:

| | | |
|--------|--------------------|----|
| I | candela | cd |
| Φ | lumen | lm |
| E | lux ($= lm/m^2$) | lx |

6. *Sistema internacional de unidades.* A Conferência Geral de Pesos e Medidas recomendou, em 1960, o nome de *sistema internacional de unidades* para o sistema com as seis unidades fundamentais seguintes:

| | | | |
|------------|----|-------------|----|
| metro | m | ampere | A |
| quilograma | kg | grau kelvin | °K |
| segundo | s | candela | cd |

7. Nos campos da *química-física* e *física molecular*, além das grandezas fundamentais acima referidas, a *quantidade de substância* é também considerada uma grandeza fundamental. A unidade fundamental recomendada é o mole (símbolo: mol). O mole é definido como a quantidade de substância que contém um número de moléculas (ou iões, átomos, electrões, ou o que for o caso) igual ao número de átomos que existem em 12 gramas do nuclídeo ^{12}C .

9. 2. Unidades incoerentes

| | | |
|----------------------------|--------------------------------------|------|
| l | ångström | Å |
| σ | barn ($= 10^{-24} cm^2$) | b |
| V | litro | l |
| $t, \tau, T_{\frac{1}{2}}$ | minuto | min |
| $t, \tau, T_{\frac{1}{2}}$ | hora | h |
| $t, \tau, T_{\frac{1}{2}}$ | dia | d |
| $t, \tau, T_{\frac{1}{2}}$ | ano | a |
| p | atmosfera | atm |
| P | quilowatt-hora | kWh |
| Q | caloria | cal |
| Q | quilocaloria | kcal |
| E, Q | electrão-volt | eV |
| m | tonelada ($= 1000 kg$) | t |
| M_n, m | unidade de massa atómica (unificada) | u |
| p | bar ($= 10^6 dyn cm^{-2}$) | bar |

Nota: A unidade de massa atómica (unificada) é definida como $\frac{1}{12}$ da massa do átomo do nuclídeo ^{12}C .

Nota final do tradutor

A quase total ausência de literatura científica em português, no domínio da Física, dificultou a tradução de certos termos. Nestes casos pôs-se em nota infrapaginal o termo

correspondente no texto em inglês; pretendeu-se assim salientar que a tradução apresentada não é mais do que uma mera sugestão, a ser posteriormente confirmada ou rejeitada. O tradutor receberá com agrado qualquer crítica, e a *Gazeta de Física* publicará eventualmente as correcções pertinentes.

O tradutor expressa aqui o seu agradecimento a todos os que contribuíram, com as suas críticas e sugestões, para o melhoramento da tradução.

(Tradução de J. SOUSA LOPES)

Progressos recentes em Física Corpuscular

(Continuação do número anterior)

CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS CORPÚSCULOS

Os vários corpúsculos, elementares ou não, diferem uns dos outros por um certo número de características que constituem aquilo a que pode chamar-se o seu bilhete de identidade. Nalguns aspectos este é semelhante, noutros muito diferente, daquele que passaríamos a um «corpúsculo macroscópico»; considerámos interessante examinar a relação entre os dois. O nosso objectivo principal é, evidentemente, sublinhar as diferenças, algumas das quais de certo chocarão os leitores não familiares com os métodos especiais da Física Matemática. Se em nome do senso comum se apresentarem objecções, temos que responder: «não se põe a questão da teoria concordar com o senso comum, mas sim de concordar com os factos experimentais; na verdade, todas estas hipóteses concordam com os factos suficientemente bem para que a teoria vá muitas vezes avançada em relação à experiência».

Seja-nos permitido acrescentar que não é absolutamente certo que seja impossível

voltarmos algum dia a explicações mais simples, mais de acordo com o chamado senso comum. Por exemplo, recentemente Brylinsky⁽¹⁾ conseguiu formular uma possível estrutura interna do electrão, que se tinha geralmente concluído ser impossível. Contudo, um tal caminho parece mais tortuoso do que o seguido até aqui; muitos físicos, e de forma alguma os menos importantes, julgam que um tal regresso às chamadas ideias sãs do passado é inteiramente impossível.

Não se pretende neste artigo tomar parte no grande debate a favor ou contra o determinismo, com Einstein a conduzir a primeira escola, e Heisenberg a segunda, enquanto que Luís de Broglie representa a opinião intermédia. Pretende-se apenas apresentar, duma maneira tão simples e completa quanto possível, as ideias que hoje são geralmente aceites no que respeita ao corpúsculo.

⁽¹⁾ *Révue Générale de Electricité* 52249 (1943).

A estrutura interna aqui referida é a de um toro em rotação. Elimina as discrepâncias que existem nas teorias de Lorentz e Poincaré, mas nenhuma destas é importante para a mecânica ondulatória.