son igualmente apreciados por todos los observadores, cualquiera que sea su estado de movimiento.

Todo esto nos lleva a la conclusión de que el esquema físico no está construido solamente con lo que nos dan los sentidos, sino que se agregan los conceptos que, si bien elaborados por la mente, se refieren a las cosas. Las partículas elementales, cuando están ligadas formando los núcleos atómicos, no son datos de observación, son creaciones mentales y, sin embargo, san indispensables para crear el esquema físico.

JÚLIO PALACIOS
DIRECTOR DEL CENTRO
DE ESTUDIOS DE FÍSICA DE LISBOA

# 2. ENSINO MÉDIO DA FÍSICA

## *ÀCERCA DA UNIDADE MÉTRICA DE MASSA*

A presente secção do ensino médio tem duas finalidades essenciais: uma, apreciar o ensino da Física no curso liceal; outra, esclarecer os estudantes que muitas vezes se queixam da má compreensão de certas noções. Aqui nos encontramos ao seu dispor e, dentro desse espírito, vamos tratar dum assunto que nos parece de importância capital.

Durante o estudo da Física, há muitas ocasiões em que os alunos têm de referir-se à proporcionalidade directa entre os valores de duas grandezas como sejam: os valores dos caminhos percorridos por um corpo animado de movimento uniforme e os valores dos tempos gastos em percorre-los; os valores das forças com que duas massas magnéticas se solicitam mùtuamente e os valores dessas massas, etc.

Os alunos sabem repetir estas palavras, com maior ou menor correcção, sabem traduzir matemàticamente aquelas relacões, sabem dizer o que se entende por grandezas directamente proporcionais, mas, em geral, embora se julguem seguros do que dizem, nem sempre o estão. A verificação é fácil de fazer-se. Ponha-se a um aluno do 7.º ano esta questão infantil: 1 dúzia de laranjas custa 8 escudos; 2 dúzias, 16 escudos; 3 dúzias, 24 escudos e assim sucessivamente. Existe alguma relação entre o numéro de laranjas e o seu preço? O aluno responde: «São grandezas directamente proporcionais.» «Então, se chamar $D$ ao número de dúzias e $E$ ao número de escudos que elas custam, represente, matemàticamente, a relação entre o número de dúzias e o número de escudos. Isto é, entre $D$ e $E$».

A resolução deste problema simples é de extrema importância pois do seu conhecimento depende a compreensão de muitos factos da Física. Os estudantes liceais, para quem estou a escrever, não conhecem (com raríssimas excepções) nem a inocente resolução do caso nem o proveito que podem tirar dela.

Formemos o seguinte quadro onde figuram, em linhas horizontais, os números de dúzias ($D$) e os respectivos preços ($E$).

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $D$ — | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 ... | (dúzias) |
| $E$ — | 8 | 16 | 24 | 32 | 40... | (escudos) |

Feito isto pergunto: quanto custam 30 dúzias de laranjas? Olhando o quadro responder-se-á imediatamente: 240 escudos, pois se 3 custam 24, as 30 custarão 240. E agora pergunto: quanto custam 6,5 dúzias? A resposta não é imediata e o pensamento de quem a der, esquematizar-se-á nesta proporção: «Se 1 dúzia custa 8 escudos, 6,5 dúzias custarão $x$ escudos».

E se eu não estabelecer nenhum valor particular para o número de dúzias e perguntar apenas quanto custam $D$ dúzias? O raciocínio será como o anterior: «se 1 dúzia custa 8 escudos, $D$ dúzias custarão $E$ escudos». Isto é: 1 está para 8 como $D$ está para $E$. Ou: $1/8=D/E$ ou ainda $D=1/8E$.

A proporção feita só é legítima porque os valores das grandezas são directamente proporcionais entre si. A expressão $D=1/8E$ indica essa proporcionalidade.

Como se indica então que os valores de duas grandezas quaisquer, $D$ e $E$, são directamente proporcionais entre si? Escrevendo $D=KE$. E que representa a quantidade $K$, a que é uso chamar constante de proporcionalidade? Representa simplesmente o cociente constante entre quaisquer dois valores correspondentes de $D$ e de $E$. Por exemplo, no caso das laranjas, vale 1/8 ou 2/16 ou 3/24, etc.

* * *

Apliquemos este raciocínio a um caso importante da Física. É sabido que uma força contínua e constante, tanto em valor numérico como em direcção, produz, por si só, movimento rectilíneo e uniformemente acelerado quando é aplicada a um corpo livre. Ao valor de cada força que assim se aplique corresponde um certo valor para a aceleração. Os valores das forças e os das respectivas acelerações (em relação ao mesmo corpo) variam, entre si, na razão directa. Força dupla, aceleração dupla; força tripla, aceleração tripla; e assim sucessivamente. A relação numérica entre os valores das duas grandezas, força ($F$) e aceleração ($j$) será, portanto, dado por $F=Kj$ em que $K$ terá por valor numérico o cociente entre quaisquer pares de valores correspondentes $F/j$, à semelhança do que se disse atrás.

Repare-se que o significado desta constante $K$ fica dependente da massa do corpo ao qual a força se aplicou, pois forças da mesma intensidade aplicadas a corpos de massas diferentes produzem neles acelerações de valores diferentes. Quanto maior for a massa, menor é o valor da aceleração provocada pela mesma força. Concluimos então que o cociente $F/j$ só tem valor constante quando as forças de valor $F$ forem aplicadas ao mesmo corpo ou a corpos que tenham a mesma massa, isto é, a corpos que se equilibrem quando colocados, um em cada prato, duma balança de braços iguais.

Imaginemos um corpo que passaremos a designar pela letra $C$. Apliquemos-lhe uma força, de características já definidas, que valha, por exemplo, 20 kg, e suponhamos que a aceleração adquirida valia 5 $m/s^2$. O valor numérico da constante $K$ seria, neste caso, 4, pois $20/5=4$. Se a força aplicada ao corpo $C$ valesse, por exemplo, 8,4 kg, a aceleração respectiva teria que valer 2,1 $m/s^2$ para que $8{,}4/2{,}1$ desse o valor constante 4. Ora este facto não se dá apenas com o corpo $C$ mas com todos os corpos que tenham a mesma massa do que $C$. Para todos eles a constante tem que valer 4. Se assim é, vou inverter o problema e imaginar que me fornecem um corpo $X$ cuja massa desconheço. Aplico-lhe uma força contínua e constante e divido o seu valor pelo da respectiva aceleração. Suponhamos que o cociente obtido me dava o número 4. Que conclusão tiraria daqui? Que a massa do corpo $X$ era igual à massa do corpo $C$. Como se vê, estamos em presença dum método que nos permite comparar as massas dos corpos sem ser preciso recorrer à balança, mas simplesmente a partir da noção de proporcionalidade directa.

Se ao corpo $C$, e a todos os corpos que tenham a mesma massa do que ele, corresponde o número 4, não será legítimo exprimir o valor dessa massa por intermédio do próprio número 4? Assim, um corpo de massa 4 seria aquele cuja massa fosse igual à massa do corpo $C$. Mas... 4 quê? 4 gramas? 4 quilogramas? Nem uma coisa nem outra. Dizer que a massa dum corpo vale 4 equivale a dizer que se escolhe para unidade de massa (chamemos-lhe provisoriamente $U$) uma massa 4 vezes menor que a massa do corpo $C$. Se, por outro lado, puser o corpo $C$ no prato duma balança de braços iguais, e puser, no outro prato, as massas vulgares, marcadas, que o equilibrem, fico sabendo o valor da massa do corpo $C$ expresso em gramas ou em quilogramas. Obtenho asssim a equivalência entre a tal unidade $U$ e o grama ou o quilograma, o que permitirá, de futuro, achar os valores das massas, em gramas ou em quilogramas, sem recorrer à balança.

Interessa-nos pois conhecer aquela equivalência. Vejamos como. Suponhamos que o corpo ao qual se vai aplicar a força é o bloco de platina iridiada que se denomina quilograma-padrão e suponhamos também que a força a que vamos sujeitá-lo é o seu próprio peso. Isto é, deixemos cair, em queda livre, aquele padrão e suponhamos que o fazemos num lugar em que a aceleração da gravidade vale 9,8 $m/s^2$. O cociente $F/j$ (peso do bloco no lugar considerado a dividir pela aceleração da gravidade nesse mesmo lugar) dará o valor da constante $K$ para o bloco-padrão. Será 1 quilograma-peso/9,8 $m/s^2$. O valor de $K$ é, pois, 1/9,8. Este número, atendendo a tudo quanto dissemos, representará o valor da massa do bloco expresso na tal unidade *U.* A sua massa será 1/9,8 unidades *U.* Mas, como se deu o nome de quilograma à massa daquele bloco, concluimos que: 1/9,8 unidades *U* equivalem a 1 kg, ou então, 1 unidade *U* equivale a 9,8 kg.

Eis a conclusão a que pretendíamos chegar: a partir da noção de constante de proporcionalidade, determinar os valores das massas dos corpos sem recorrer à balança. Exemplo: um corpo livre, sujeito exclusivamente à acção duma força de 37,5 quilogramas, adquire um movimento rectilíneo de aceleração constante igual a 15,0 $m/s^2$. Quanto vale a massa desse corpo? Diremos:

$37{,}5 = K15{,}0$ em que $K = 37{,}5/15{,}0 = 2{,}5$.

A massa do corpo valerá, portanto

$$2{,}5 \times 9{,}8 = 24{,}5 \text{ quilogramas.}$$

Resta acrescentar que a unidade a que, provisòriamente, chamámos *U,* se chama unidade métrica da massa e se representa por *U.m.m.*

RÓMULO DE CARVALHO
PROFESSOR DO LICEU CAMÕES

# 4. EXAMES DO ENSINO MÉDIO

## *PONTOS DE EXAMES DO CURSO COMPLEMENTAR DE CIÊNCIAS*

**Liceu de Passos Manuel** — Julho de 1947 — (1.ª chamada)

**45** — I) Uma máquina a vapor de efeito simples, sem expansão e desprovida de condensador, admite o vapor do cilindro à pressão de 21 atmosferas. A secção do êmbolo é 5 decímetros quadrados, e o cilindro tem o comprimento de 60 centímetros. Sabendo que o número de emboladas por minuto é 150, calcule a potência da máquina em cavalos-vapor e em kilowatts. *N. B. — Tome* para «atmosfera» o kilograma por centímetro quadrado. R: *Intensidade da força que actua sobre o êmbolo:* $f=ps=21\times500=10{,}5\times10^3$ kg. *Trabalho realizado pelo êmbolo em cada segundo:* $W = 10{,}5\times10^3\times0{,}60\times150:60 = 15{,}8\times10^3$ kgm/s *que é a potência da máquina. Em cavalos-vapor e em quilowatts será, respectivamente, igual a* 210 Cv e a 155 kW.

**46** — II) Faça uma exposição sobre o têma, a seguir indicado, devendo referir-se aos assuntos mencionados nas alíneas: *Transporte da energia eléctrica a distância por correntes alternas: a*) Esquema indicando os diferentes orgãos utilizados na transmissão dessa energia. *b*) Reversibilidade dos alternadores *c*) Transformadores estaticos *d*) Justificação da «condição de economia» no transporte da energia eléctrica, feita a partir do rendimento de transformação.

**Liceu de Passos Manuel** — Julho de 1947 — (2.ª chamada)

**47** — I) Calcular a quantidade de carvão que consome por hora uma máquina térmica com o rendimento industrial de 10% para fornecer a potência de 100 cavalos-vapor. O calor de combustão do carvão é de 6000 calorias-grama, por grama de combustível. Equivalente mecânico da caloria: 4,18 J/cal. R: *Potência total da máquina* $P_t = P_u : R = 100 : 0{,}1 = 1000$ Cv. *Trabalho realizado por hora:* $W = P_t \times t = 1000 \times 75 \times 9{,}8 \times 3600 = 265 \times 10^7$ J. *Quantidade de calor equivalente:* $Q = W : 4{,}18 = 265 \times 10^7 : 4{,}18 = 211 \times 10$ k cal. *Massa de carvão que é necessário consumir:* $m = 211 \times 10^8 : 6000 = 3{,}51$ ton.

**48** — II) Faça uma exposição sobre o têma a seguir indicado, devendo referir-se aos assuntos mencionados nas alíneas: *Correntes alternas: a*) Propriedades das correntes alternas. *b*) Intensidade eficaz. *c*) Diferença de potencial eficaz. *d*) Lei de Ohm no caso duma resistência apresentar self-indução.

**Liceu de Camões** — Julho de 1947 — (2.ª chamada)

**49** — I) De que altura deveria cair livremente um corpo de 5000 g de massa para que o trabalho realizado até ao fim da queda equivalesse à quantidade